



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
MESTRADO EM FITOTECNIA

FERNANDO SARMENTO DE OLIVEIRA

**ECOFISIOLOGIA DA INTERAÇÃO ENTRE FEIJÃO-CAUPI E PLANTAS
DANINHAS SOB DÉFICIT HÍDRICO**

MOSSORÓ

2017

FERNANDO SARMENTO DE OLIVEIRA

**ECOFISIOLOGIA DA INTERAÇÃO ENTRE FEIJÃO-CAUPI E PLANTAS
DANINHAS SOB DÉFICIT HÍDRICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Nutrição e Irrigação

Orientador: Prof. Dr. Jeferson Luiz Dallabona Dombroski

Co-orientador: Prof. Dr. Daniel Valadão Silva

MOSSORÓ

2017

©Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

O 48e Oliveira, Fernando Sarmiento de .
Ecofisiologia da interação entre feijão-caupi e
plantas daninhas sob déficit hídrico / Fernando
Sarmiento de Oliveira. - 2017.
116 f. : il.

Orientador: Jeferson Luiz Dallabona Dombroski.
Coorientador: Daniel Valadão Silva.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2017.

1. Vigna unguiculata. 2. Commelina
benghalensis. 3. Waltheria indica. 4. Estresse
hídrico. 5. Interferência. I. Dombroski, Jeferson
Luiz Dallabona , orient. II. Silva, Daniel
Valadão, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

FERNANDO SARMENTO DE OLIVEIRA

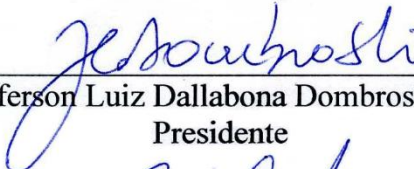
**ECOFISIOLOGIA DA INTERAÇÃO ENTRE FEIJÃO-CAUPI E PLANTAS
DANINHAS SOB DÉFICIT HÍDRICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

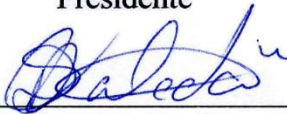
Linha de Pesquisa: Nutrição e Irrigação

Defendida em: 24/02/ 2017

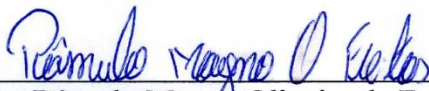
BANCA EXAMINADORA



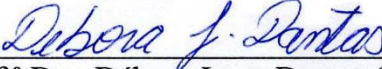
Prof. Dr. Jeferson Luiz Dallabona Dombroski (UFERSA)
Presidente



Prof. Dr. Daniel Valadão Silva (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. Dr. Rômulo Magno Oliveira de Freitas (IFBA)
Membro Examinador



Prof.ª Dra. Débora Jesus Dantas (UFERSA)
Membro Examinador

À minha família, em especial aos meus pais,
Francisco João e Maria Euza, e ao meu irmão
Flávio Sarmento, pelo amor e apoio
incondicional em minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela dádiva da vida e sabedoria na escolha dos caminhos percorridos;

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), por meio do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado;

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudo;

Ao professor e orientador, Jeferson Luiz Dallabona Dombroski, pela ética, orientação, conselhos, ensinamentos, paciência e profissionalismo no transcorrer das atividades de pesquisa;

Ao professor e coorientador, Daniel Valadão Silva, pela amizade, orientação, convívio, ensinamentos e ajuda na condução dos experimentos;

Aos professores do PPGFITO/UFERSA, pelos ensinamentos ao longo do curso;

À secretaria do PPGFITO/UFERSA, na pessoa de Acácia Camila;

Aos membros da banca, pela compreensão, colaboração e sugestões no trabalho;

Aos meus pais, Francisco João e Maria Euza, e ao meu irmão, Flávio Sarmento, pelo apoio em todos os momentos da minha vida. Sem eles, não teria alcançado mais esta vitória;

À minha namorada, Vanessa, pelo amor, carinho, amizade e incentivo;

Aos meus colegas da turma de Mestrado, pelo convívio e experiências no decorrer do curso;

Ao meu amigo Diego Rangel, pela amizade e ajuda indispensável durante a condução dessa pesquisa;

À Claudia, Alana, Juliana e Héliida, pela amizade, momentos de alegria e grande ajuda sempre dispensada;

Aos colegas do Grupo GEFIT, pelo convívio, trabalhos realizados e experiências;

Aos amigos da República “House of Science”, Galdino, Ricardo, Hamurábi, Enielson e Almir, pela amizade e convívio harmonioso durante o curso de Mestrado;

Aos integrantes do Grupo de Ecofisiologia Vegetal, Rivanildo, Gidalto e Sales, pelo convívio e ajuda nas análises do experimento;

A todos os que contribuíram, de forma direta e indireta, para a realização deste trabalho, mas que devido a um lapso de memória não foram mencionados.

Muito obrigado!

“Vá para onde você queira ir. Seja o que você quer ser, porque você possui apenas uma vida e nela só temos uma chance de fazer aquilo que queremos. Tenha felicidade bastante para fazê-la doce. Dificuldades para fazê-la forte. Tristeza para fazê-la humana. E esperança suficiente para fazê-la feliz”.

Clarice Lispector

RESUMO

O cultivo de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) no Brasil tem sido frequentemente realizado em condições de sequeiro, o que aumenta a possibilidade de ocorrência de veranicos durante o ciclo da cultura. Os efeitos negativos do déficit hídrico podem ser intensificados por infestações de plantas daninhas e resultar em menor desenvolvimento da cultura. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de déficit hídrico temporário no solo e da competição no crescimento e partição de massa seca, acúmulo e eficiência de macronutrientes, e nas características fisiológicas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. cv BRS Guariba) e das plantas daninhas trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) e malva-branca (*Waltheria indica* L.). Para tanto, foi realizado experimento em casa de vegetação do Departamento de Ciências Vegetais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. A unidade experimental correspondeu a um vaso plástico com capacidade volumétrica de 10 dm⁻³. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 5x2, com o primeiro fator correspondente aos tipos de interação entre as espécies (feijão-caupi + trapoeraba; feijão + malva-branca; feijão-caupi, trapoeraba e malva-branca em monocultivo), e o segundo dos regimes hídricos (Irrigado e Déficit hídrico). O déficit hídrico foi simulado quando as plantas de feijão-caupi estavam com o segundo trifólio definitivo (estádio V4), sendo mantida por onze dias, até a taxa fotossintética da cultura, às 09h00min da manhã, alcançar valores próximos de zero, momento em que foi retomada a irrigação. A partir da data da suspensão da irrigação, as plantas foram submetidas às seguintes avaliações: potencial hídrico ao pré-amanhecer e ao meio-dia; condutância estomática; transpiração e a taxa fotossintética líquida; até que as taxas de assimilação de CO₂ das plantas submetidas ao déficit hídrico fossem semelhantes às das irrigadas. Ao final do experimento, foram avaliados: o número de folhas por planta; a área foliar; a massa seca de folhas, caules, raízes, e total; a partição de massa seca; o acúmulo e partição de macronutrientes. O déficit hídrico reduziu o potencial hídrico e as trocas gasosas das espécies, cultivadas isoladamente ou em interação. O feijão-caupi e *C. benghalensis* toleraram o déficit hídrico no solo por meio do rígido controle da abertura estomática, sendo espécies mais conservadoras. A competição entre plantas antecipou os efeitos negativos do déficit hídrico no solo. *Waltheria indica* apresentou maior capacidade de competição por água, tendo atrasado a recuperação do feijão-caupi. O déficit hídrico no solo reduziu o conteúdo dos nutrientes na seguinte ordem decrescente: feijão-caupi - Ca (caule), K (raiz), Mg (folha) e N (raiz); *C. benghalensis* - N, P e K (caule); e *W. indica* - K, N, P, Ca e Mg (folha). O déficit hídrico reduziu a eficiência de utilização de N e P do feijão-caupi, e de Mg da *C. benghalensis*. A competição proporcionou efeito variável sobre o acúmulo e eficiência de utilização de macronutrientes de feijão-caupi e das plantas daninhas *C. benghalensis* e *W. indica*. O feijão-caupi sofreu maior interferência com a planta daninha *W. indica* quando cultivado em solo não irrigado. *C. benghalensis* apresentou elevado potencial para ciclagem de macronutrientes nos dois regimes hídricos. O déficit hídrico reduziu o crescimento das plantas de feijão-caupi, *C. benghalensis* e *W. indica*. A competição entre plantas aumentou os efeitos do déficit hídrico temporário no solo. A folha de *W. indica* foi o órgão mais afetado pelo déficit hídrico. A *W. indica* tem maior capacidade de competição por água com o feijão-caupi do que a *C. benghalensis*.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*. *Commelina benghalensis*. *Waltheria indica*. Estresse hídrico. Interferência.

ABSTRACT

The cultivation of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) in Brazil has been frequently carried out without irrigation, with frequent occurrence of dry periods during the crop cycle. The negative effects of water deficit on plant production can be intensified by weed infestations and result in lower crop performance. Therefore, the objective of the work was to evaluate the effects of temporary water deficits on the soil and of competition in the growth and dry matter partition, macronutrient accumulation and efficiency, and physiological characteristics of cowpea (*Vigna unguiculata* L. cv BRS Guariba) and two weeds *Commelina benghalensis* L. and *Waltheria indica* L. For that, an experiment was carried out in a greenhouse of the Department of Plant Sciences of the Federal University Rural Semi-Arid. The experimental unit corresponded to a plastic vessel with a volumetric capacity of 10 dm³. The experimental design for the randomized blocks, with four replications. The treatments were arranged in a 5x2 factorial, with the first factor corresponding to the types of interaction between the species (*V. unguiculata* + *C. benghalensis*; *V. unguiculata* + *W. indica*; *V. unguiculata*, *C. benghalensis* and *W. indica* in monoculture), and the second, of water regimes (Irrigated and Water deficit). The water deficit was simulated when the cowpea plants were with the second definite trefoil (stage V4), being maintained for eleven days, until the photosynthetic rate of the culture, at 9:00 am, reached values close to zero, when irrigation was resumed. From the date of the suspension of irrigation, the plants were submitted to the following evaluations: water potential at pre-dawn and at noon; stomatal conductance; transpiration; and net photosynthetic rate; until the CO₂ assimilation rates of the plants submitted to the water deficit were similar to those of the irrigated ones. At the end of the experiment, we evaluated: the number of leaves per plant; the leaf area; the dry mass of leaves, stems, roots, and total; the dry mass partitioning; and macronutrient accumulation and partition. The water deficit reduced the water potential and the gas exchange of the plant species, cultivated alone or in interaction. Cowpea and *C. benghalensis* tolerated the water deficit in the soil through the strict control of the stomatal opening, being categorized as more water conservative species. Competition among plants anticipated the negative effects of soil water deficit. *Waltheria indica* presented greater competition capacity for water, having delayed the recovery of cowpea. The soil water deficit reduced nutrient content in the following decreasing order: cowpea - Ca (stem), K (root), Mg (leaf) and N (root); *C. benghalensis* - N, P and K (stem); and *W. indica* - K, N, P, Ca and Mg (leaf). The water deficit reduced the N and P utilization efficiency of cowpea, and of Mg of *C. benghalensis*. The competition provided variable effect on the accumulation and efficiency of macronutrients utilization of cowpea and weeds *C. benghalensis* and *W. indica*. The cowpea suffered greater interference with the *W. indica* weed when cultivated on soil not irrigated. *C. benghalensis* presented high potential for macronutrient cycling in the two water regimes. The water deficit reduced the growth of cowpea plants, *C. benghalensis* and *W. indica*. The competition between plants increased the effects of temporary water deficit in the soil. The *W. indica* leaf was the organ most affected by the water deficit. *W. indica* has greater capacity competition for water with *V. unguiculata* than *C. benghalensis*.

Keywords: *Vigna unguiculata*. *Commelina benghalensis*. *Waltheria indica*. Water stress. Interference.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 4

- Figura 1. Superior-esquerdo: feijão-caupi em monocultivo; superior-centro: feijão-caupi + *Commelina benghalensis*; superior-direito: feijão-caupi + *Waltheria indica*; no tratamento Irrigado e Déficit hídrico. Inferior-esquerdo: feijão-caupi em monocultivo e em interação com *Commelina benghalensis* e *Waltheria indica* no tratamento Irrigado. Inferior-direito: feijão-caupi em monocultivo e em interação com *Commelina benghalensis* e *Waltheria indica* sob restrição hídrica. Mossoró/RN, 2017..... 107
- Figura 2. Superior-esquerdo: *Commelina benghalensis* em monocultivo; superior-direito: *Commelina benghalensis* + feijão-caupi; no tratamento Irrigado e Déficit hídrico. Inferior-esquerdo: *Commelina benghalensis* em monocultivo e em interação com o feijão-caupi no tratamento Irrigado. Inferior-direito: *Commelina benghalensis* em monocultivo e em interação com o feijão-caupi sob restrição hídrica. Mossoró/RN, 2017..... 109
- Figura 3. Superior-esquerdo: *Waltheria indica* em monocultivo; superior-direito: *Waltheria indica* + feijão-caupi; no tratamento Irrigado e Déficit hídrico. Inferior-esquerdo: *Waltheria indica* em monocultivo e em interação com o feijão-caupi no tratamento Irrigado. Inferior-direito: *Waltheria indica* em monocultivo e em interação com o feijão-caupi sob restrição hídrica. Mossoró/RN, 2017..... 110

LISTA DE GRÁFICOS

CAPÍTULO 2

- Gráfico 1. Potencial hídrico foliar (Ψ_w) ao pré-amanhecer de feijão-caupi (A), *Commelina benghalensis* (B) e *Waltheria indica* (C), cultivados sem interação, submetidos ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017..... 48
- Gráfico 2. Potencial hídrico foliar (Ψ_w) ao meio-dia de feijão-caupi (A) *Commelina benghalensis* (B) e *Waltheria indica* (C), cultivados sem interação, submetidos ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017..... 50
- Gráfico 3. Condutância estomática (g_s) de feijão-caupi em (A) *Commelina benghalensis* (B) e *Waltheria indica* (C), cultivados sem interação, submetidos ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017..... 52
- Gráfico 4. Transpiração (E) de feijão-caupi (A) *Commelina benghalensis* (B) e *Waltheria indica* (C), cultivados sem interação, submetidos ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017..... 54
- Gráfico 5. Taxa fotossintética líquida (A) de feijão-caupi (A) *Commelina benghalensis* (B) e *Waltheria indica* (C), cultivados sem interação, submetidos ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017..... 56
- Gráfico 6. Potencial hídrico foliar (Ψ_w) ao pré-amanhecer de feijão-caupi em monocultivo (A) e em interação com *Commelina benghalensis* (B) e *Waltheria indica* (C), submetido ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As

	barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.....	57
Gráfico 7.	Potencial hídrico foliar (Ψ_w) ao pré-amanhecer de <i>Commelina benghalensis</i> (A; B) e <i>Waltheria indica</i> (C; D) em monocultivo (A; C) e em interação (B; D) com feijão-caupi, submetidas ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.....	58
Gráfico 8.	Potencial hídrico foliar (Ψ_w) ao meio-dia de feijão-caupi em monocultivo (A) e em interação com <i>Commelina benghalensis</i> (B) e <i>Waltheria indica</i> (C), submetido ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.....	59
Gráfico 9.	Potencial hídrico foliar (Ψ_w) ao meio-dia de <i>Commelina benghalensis</i> (A; B) e <i>Waltheria indica</i> (C; D), em monocultivo (A; C) e em interação com feijão-caupi (B; D), submetidas ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.....	60
Gráfico 10.	Condutância estomática (g_s) de feijão-caupi em monocultivo (A) e em interação com <i>Commelina benghalensis</i> (B) e <i>Waltheria indica</i> (C), submetido ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.....	62
Gráfico 11.	Transpiração (E) de feijão-caupi em monocultivo (A) e em interação com <i>Commelina benghalensis</i> (B) e <i>Waltheria indica</i> (C), submetido ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.....	63
Gráfico 12.	Taxa fotossintética líquida (A) de feijão-caupi em monocultivo (A) e em interação com <i>Commelina benghalensis</i> (B) e <i>Waltheria indica</i> (C), submetido ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o	

	momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.....	64
Gráfico 13.	Condutância estomática (<i>gs</i>), transpiração (<i>E</i>) e taxa fotossintética líquida (<i>A</i>) de <i>Commelina benghalensis</i> em monocultivo (A; C; E) e em interação (B; D; F) com feijão-caupi, submetida ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.....	65
Gráfico 14.	Condutância estomática (<i>gs</i>), transpiração (<i>E</i>) e taxa fotossintética líquida (<i>A</i>) de <i>Waltheria indica</i> em monocultivo (A; C; E) e em interação (B; D; F) com feijão-caupi, submetida ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.....	67

CAPÍTULO 4

Gráfico 1.	Partição de matéria seca de feijão-caupi (A), <i>Commelina benghalensi</i> (B) e <i>Waltheria indica</i> (C), em situação de competição, submetidos ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). Médias seguidas pela mesma letra, em cada variável (órgão da planta), não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade; *=Plantas cultivadas sem interação. Mossoró/RN, 2017.....	112
------------	--	-----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 3

Tabela 1.	Acúmulo de macronutrientes nos componentes vegetativos de feijão-caupi, <i>Commelina benghalensis</i> e <i>Waltheria indica</i> , cultivados sem interação, submetidos ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irrigado). Mossoró/RN, 2017..	81
Tabela 2.	Eficiência de utilização de macronutrientes de feijão-caupi, <i>Commelina benghalensis</i> e <i>Waltheria indica</i> , cultivados sem interação, submetidos ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irrigado). Mossoró/RN, 2017.....	82
Tabela 3.	Acúmulo de macronutrientes nos componentes vegetativos de feijão-caupi em interação com <i>Commelina benghalensis</i> e <i>Waltheria indica</i> , submetido ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irrigado). Mossoró/RN, 2017.....	89
Tabela 4.	Eficiência de utilização de macronutrientes de feijão-caupi em interação com <i>Commelina benghalensis</i> e <i>Waltheria indica</i> , submetido ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irrigado). Mossoró/RN, 2017.....	90
Tabela 5.	Acúmulo de macronutrientes nos componentes vegetativos de <i>Commelina benghalensis</i> em interação com feijão-caupi, submetida ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irrigado). Mossoró/RN, 2017.....	91
Tabela 6.	Eficiência de utilização de macronutrientes de <i>Commelina benghalensis</i> em interação com feijão-caupi, submetida ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irrigado). Mossoró/RN, 2017.....	92
Tabela 7.	Acúmulo de macronutrientes nos componentes vegetativos de <i>Waltheria indica</i> em interação com feijão-caupi, submetida ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irrigado). Mossoró/RN, 2017.....	93
Tabela 8.	Eficiência de utilização de macronutrientes de <i>Waltheria indica</i> em interação com feijão-caupi, submetida ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irrigado). Mossoró/RN, 2017.....	94

CAPÍTULO 4

Tabela 1.	Número de folhas por planta (NF), área foliar (AF), massa seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR) e total (MST) de feijão-caupi em	
-----------	---	--

	interação com <i>Commelina benghalensis</i> e <i>Waltheria indica</i> , submetido ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). Mossoró/RN, 2017.....	107
Tabela 2.	Número de folhas por planta (NF), área foliar (AF), massa seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR) e total (MST) de <i>Commelina benghalensis</i> em interação com feijão-caupi, submetida ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). Mossoró/RN, 2017.....	108
Tabela 3.	Número de folhas por planta (NF), área foliar (AF), massa seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR) e total (MST) de <i>Waltheria indica</i> em interação com feijão-caupi, submetida ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). Mossoró/RN, 2017.....	110

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO	18
1. INTRODUÇÃO GERAL	18
2. REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES ESTUDADAS	20
2.1.1 Feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> L. Walp.)	20
2.1.2 Malva-branca (<i>Waltheria indica</i> L.)	22
2.1.3 Trapoeraba (<i>Commelina benghalensis</i> L.)	23
2.2 INTERAÇÃO ENTRE FEIJÃO-CAUPI E PLANTAS DANINHAS	24
2.3 ESTRESSE HÍDRICO	26
2.4 ALTERAÇÕES ECOFISIOLÓGICAS NAS PLANTAS AO ESTRESSE HÍDRICO	28
REFERÊNCIAS	31
CAPÍTULO 2 - RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE FEIJÃO-CAUPI E PLANTAS DANINHAS EM SITUAÇÃO DE COMPETIÇÃO E DÉFICIT HÍDRICO TEMPORÁRIO NO SOLO	41
RESUMO	41
ABSTRACT	42
1. INTRODUÇÃO	43
2. MATERIAL E MÉTODOS	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
3.1 CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DAS PLANTAS IRRIGADAS E EM DÉFICIT HÍDRICO, SEM INTERAÇÃO	47
3.1.1 Potencial hídrico ao pré-amanhecer	47
3.1.2 Potencial hídrico ao meio-dia	49
3.1.3 Condutância estomática	50
3.1.4 Transpiração	52
3.1.5 Fotossíntese	54
3.2 CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DAS PLANTAS IRRIGADAS E EM DÉFICIT HÍDRICO, COM INTERAÇÃO	56
3.2.1 Potencial hídrico ao pré-amanhecer	56
3.2.2 Potencial hídrico ao meio-dia	58
3.2.3 Trocas gasosas	61
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	68

REFERÊNCIAS.....	69
CAPÍTULO 3 - EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE FEIJÃO-CAUPI E PLANTAS DANINHAS EM SITUAÇÃO DE COMPETIÇÃO E DÉFICIT HÍDRICO TEMPORÁRIO NO SOLO	73
RESUMO	73
ABSTRACT	74
1. INTRODUÇÃO.....	75
2. MATERIAL E MÉTODOS	77
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	79
3.1 ABSORÇÃO E PARTICIONAMENTO DE NUTRIENTES DAS PLANTAS DO TRATAMENTO IRRIGADO, SEM INTERAÇÃO.....	79
3.2 ABSORÇÃO E PARTICIONAMENTO DE NUTRIENTES DAS PLANTAS COM DÉFICIT HÍDRICO, SEM INTERAÇÃO	83
3.3 ABSORÇÃO E PARTICIONAMENTO DE NUTRIENTES DAS PLANTAS IRRIGADAS, COM INTERAÇÃO	85
3.4 ABSORÇÃO E PARTICIONAMENTO DE NUTRIENTES DAS PLANTAS COM DÉFICIT HÍDRICO, COM INTERAÇÃO.....	86
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	95
REFERÊNCIAS.....	96
CAPÍTULO 4 - COMPETIÇÃO ENTRE FEIJÃO-CAUPI E PLANTAS DANINHAS POR ÁGUA: EFEITO NO CRESCIMENTO DAS PLANTAS.....	100
RESUMO	100
ABSTRACT	101
1. INTRODUÇÃO.....	102
2. MATERIAL E MÉTODOS	104
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	106
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	113
REFERÊNCIAS.....	114

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO

1. INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é cultivado em regiões tropicais e subtropicais do mundo, onde constitui umas das principais fontes de proteína vegetal, além de ser componente importante dos sistemas de produção. Nestas regiões, a maior parte da produção anual da cultura vem de cultivos de sequeiro (plantio durante época das chuvas), que, devido à falta e à irregularidade na distribuição das chuvas, faz com que a cultura passe longos períodos de seca, conhecidos como veranico (FREIRE FILHO et al., 2011; FREITAS et al., 2014; DUTRA et al., 2015; FERNANDES et al., 2015).

Períodos de déficit hídrico no solo são os principais fatores limitantes à obtenção de elevadas produtividades do feijão-caupi (BEZERRA et al., 2003; FERNANDES et al., 2015; SOUSA et al., 2015). Isto ocorre em virtude de a deficiência hídrica afetar negativamente vários processos ecofisiológicos na planta, como a turgescência dos tecidos, a absorção e distribuição de nutrientes, as trocas gasosas (condutância estomática, transpiração e fotossíntese), a área foliar e a produção da matéria seca total (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A redução da capacidade produtiva do feijão-caupi também pode ocorrer graças à ocorrência e manejo inadequado de plantas daninhas. Existe um consenso entre os pesquisadores de que a cultura do feijão-caupi é considerada pouco competitiva pelos recursos de crescimento, como água, luz e nutrientes (LIMA FILHO, 2000; OLIVEIRA et al., 2010; CORRÊA et al., 2015). Estima-se que quando presentes feijão-caupi e plantas daninhas, sendo esta última manejada de forma inadequada, na mesma área, o feijão-caupi pode ter seu rendimento de grãos reduzido em até 90% (FREITAS et al., 2009).

Quando a competição ocorre em situações de baixa disponibilidade de água no solo, geralmente as plantas daninhas levam vantagem sobre as cultivadas, devido à sua maior capacidade de competição por água e a adaptação às condições ambientais adversas. As plantas daninhas reduzem a disponibilidade de água no solo para a cultura e, com isso, antecipam e/ou intensificam os efeitos negativos do déficit hídrico nas plantas (FLOSS, 2008; CRAINE; DYBZINSKI, 2013). A intensidade destes efeitos depende das espécies envolvidas e de seus diferentes mecanismos de adaptação às condições de restrição hídrica.

O entendimento do comportamento de espécies em situação de competição e dos mecanismos de adaptação das plantas à deficiência hídrica no solo pode, portanto, fornecer elementos importantes para auxiliar no planejamento ou aprimoramento de práticas de manejo

agrícola que melhorem a produtividade da cultura nestas condições. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de déficit hídrico temporário no solo e da competição no crescimento e partição de massa seca, acúmulo e eficiência de macronutrientes, e nas características fisiológicas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) e das plantas daninhas trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) e malva-branca (*Waltheria indica* L.).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caracterização das espécies estudadas

2.1.1 Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.).

O feijão-caupi, também conhecido como feijão-macassar, feijão-macassa, feijão-fradinho, feijão-de-corda, os quais dependem da região onde a cultura está estabelecida (FREIRE FILHO et al., 2011), tem como possível centro de origem o continente africano, mais precisamente a Nigéria, onde têm sido registrados os maiores níveis de diversidade da espécie (NG, 1995). É uma dicotiledônea, da ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolineae, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* L. Walp (SMARTT, 1990; PADULOSI; NG, 1997; ONOFRE, 2008).

O feijão-caupi é cultivado em regiões da África, Ásia, América, Europa e Oceania, ocupando no mundo uma área média aproximada de 12,5 milhões de ha, com uma produção estimada de 5,6 milhões de toneladas. Os principais países produtores de feijão-caupi são Nigéria, Niger, Burkina Faso e Brasil (FAO, 2015). Este último apresentou, no ano de 2015, em área de 1.078.040 ha, uma produção de cerca de 452 mil toneladas. No *ranking* nacional, a região Nordeste é a maior produtora, com 54% da produção nacional (cerca de 245 mil toneladas), produzidas em uma área de 886.158 ha (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2016). Importa ressaltar que no ano de 2011 o Brasil produziu cerca de 783 mil toneladas em área de 1,7 milhões de ha, o que se deveu às boas condições pluviométricas, principalmente no Nordeste do País. Nesta região, destacam-se as áreas semiáridas, onde o cultivo de sequeiro (na estação chuvosa) é responsável por cerca de 70% da produção média anual, sendo o restante (30%) advindo de áreas com cultivo irrigado (FREITAS, 2012). No estado do Rio Grande do Norte, a cultura alcança em quase sua totalidade as áreas produtoras de feijão (feijão-comum + feijão-caupi), com produção estimada de 4.169 toneladas. Apesar do alto potencial produtivo, a produtividade média do caupi, no Brasil, ainda é baixa (419 kg ha⁻¹), muito em virtude do baixo nível tecnológico empregado e, principalmente, do manejo inadequado dos fatores bióticos e abióticos que afetam o desenvolvimento da cultura (FREIRE FILHO et al., 2011; BASTOS, 2016; EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2016).

O cultivo do feijão-caupi tem sido realizado principalmente para a produção de grãos, sejam secos ou verdes, sendo este primeiro o mais predominante. Além disso, também se

registra sua utilização como forragem verde, feno, ensilagem, assim como adubo verde e cobertura do solo (ANDRADE JÚNIOR et al., 2003; FREIRE FILHO et al., 2011).

Os grãos do feijão-caupi apresentam valor nutricional mais rico do que os do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*). Em média, o caupi possui: 23 a 25% de proteína; 62% de carboidratos; apresenta todos os aminoácidos essenciais; além de vitaminas e minerais. Possui também grande quantidade de fibras dietéticas, baixa quantidade de gordura (2% em média de óleo) e não contém colesterol (ANDRADE JÚNIOR et al., 2003; GRANGEIRO et al., 2005; FREIRE FILHO et al., 2011).

O feijão-caupi é uma das fontes alimentares estratégicas e importantes para regiões tropicais e subtropicais do mundo, pois, além da sua importância socioeconômica na geração de empregos e renda, apresenta ampla diversidade genética, alto potencial produtivo, além de ser uma espécie adaptada às diferentes condições de solo e clima, a exemplo da ocorrência de secas periódicas, conhecidas por veranicos, que causam diversos prejuízos para os produtores, notadamente nos cultivos de sequeiro em regiões semiáridas, onde o déficit hídrico é a principal restrição para a produção agrícola (FREIRE FILHO et al., 2011; HAYATU; MUHAMMAD; HABIBU, 2014; FREITAS et al., 2014).

O caupi é uma planta autógama (com taxa média de cruzamento natural, igual ou inferior a 1%), herbácea anual, propagada exclusivamente por sementes. A cultura apresenta dois tipos de hábitos de crescimento principais: o determinado e o indeterminado. No primeiro, o caule produz um número limitado de nós e para de crescer quando emite uma inflorescência. No último tipo, as gemas apicais não se diferenciam em inflorescências e a planta continua a produzir novos ramos secundários e flores por um período mais longo. As plantas com este último hábito são as mais frequentemente cultivadas no Brasil (FREIRE FILHO et al., 2005).

Campos et al. (2000) propuseram a seguinte escala para o desenvolvimento vegetativo do feijão-caupi: V0 – Semeadura; V1 – Os cotilédones encontram-se emergidos na superfície do solo; V2 – As folhas unifolioladas encontram-se completamente abertas, suas duas margens estão completamente separadas; V3 – A primeira folha trifoliolada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos; V4 – A segunda folha trifoliolada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos; V5 – A terceira folha trifoliolada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos; V6 – Os primórdios do ramo secundário surgem nas axilas das folhas unifolioladas, podendo também ser observados nas axilas das primeiras folhas trifolioladas; 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. Por meio desta escala, é possível relacionar a necessidade de determinada prática agrônômica, bem como de fatores externos adversos, com um estágio específico da planta.

A semeadura do feijão-caupi é direta no campo, sendo sua germinação do tipo epígea. Apresenta sistema radicular do tipo pivotante, alcançando até 0,80 m de profundidade, característica que a torna uma espécie com capacidade de manter-se por longos períodos sem irrigação. As raízes apresentam capacidade para formar nódulos e estabelecer simbiose com diversas espécies de bactérias do grupo rizóbio, o que permite fixar o nitrogênio atmosférico (MAFRA, 1979; MELO; ZILLI, 2009).

2.1.2 Malva-branca (*Waltheria indica* L.)

A malva-branca (*Waltheria indica* L.) é uma planta presente em muitas regiões do mundo (ORTIZ-DÍAZ et al., 2014; REN et al., 2014). Conhecida também como malva-sedosa, falsa guanxuma, guanxuma branca, malva branca de santarém (ASSUNÇÃO et al., 2006; MOREIRA; BRAGANÇA, 2011), pertence ao gênero *Waltheria*, com 60 espécies, família Malvaceae, ordem Malvales Juss, espécie *Waltheria indica* L. (ZONGO et al., 2013).

É uma espécie perene, invasora, difundida em regiões tropicais e subtropicais do mundo. Ocorre em áreas perturbadas, pastos antigos, campos agrícolas, savanas inundadas, margens de rios, beira de florestas ou encostas, solos empobrecidos e afloramentos rochosos (SAUNDERS, 2007). A espécie tende a ocorrer agregadamente e podem produzir grande quantidade de flores durante todo o ano (MACEDO; MARTINS, 1998).

É uma planta arbustiva que pode atingir cerca de 2 m de altura. O caule é ramificado desde a base e revestido por um indumento de pelos lanuginosos. As raízes possuem uma única haste, que emerge do solo. As folhas são alternadas helicoidais, densamente a esparsamente pubescentes. A floração inicia-se em cerca de seis meses de idade, permanecendo até o final do ciclo da planta (MOREIRA; BRAGANÇA, 2011; SAUNDERS, 2011). Sua reprodução é feita exclusivamente por sementes. A espécie produz flores durante todo o ano, sendo esta fonte de néctar para abelhas e vespas, o que pode ser útil para polinização em áreas perturbadas ou agroecossistemas (JOÃO; MARTINS, 1999).

A *W. indica* é uma planta daninha, competidora agressiva em diferentes ambientes, uma vez que necessita de poucos recursos para se desenvolver. Um exemplo disto é a tolerância desta espécie ao déficit hídrico (LIMA et al., 2016). É encontrada competindo com diversas culturas, a exemplo do algodão (*Gossypium hirsutum* L.), feijão-comum (*Phaseolus*

vulgaris L.), mamoneira (*Ricinus communis* L.) e para o feijão-caupi não é diferente (LACABUENDIA; BRANDÃO; GAVILANES, 1989; CARDOSO et al., 2010; SIZENANDO FILHO et al., 2013). Além disto, é hospedeira alternativa de pragas e doenças (ASSUNÇÃO et al., 2006; SALES JUNIOR et al., 2012).

2.1.3 Trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.)

Conhecida popularmente como rabo de cachorro, andacá, marianinha, marianinha-branca e maria-mole, a trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.), originária do Sudeste Asiático, é uma planta herbácea e perene, com 30-70 cm de altura, pertencente à família Commelinaceae, ordem Commelinales, gênero *Commelina*, espécie *Commelina benghalensis* L. (JUDD et al., 2002; RONCHI et al. 2007; LORENZI, 2008).

A trapoeraba possui folhas anfiestomáticas, subpecioladas. O caule é do tipo rizomatoso, aéreo ereto a decumbente, muito ramificado e com esparsa pilosidade. O sistema radicular é fasciculado, com rizomas branqueacentos, nos quais se formam flores cleistogâmicas que produzem sementes por partenocarpia. A propagação se dá por meio de fragmentação do rizoma, do caule aéreo e/ou por sementes (BARRETO, 1997; MOREIRA; BRAGANÇA, 2011).

A espécie é encontrada causando elevadas perdas econômicas em todo o mundo (SANTOS et al., 2002; APHIS, 2008). É tolerante aos herbicidas mais usados, principalmente o glyphosate (CARVALHO et al., 2008), apresenta capacidade adaptativa a diferentes condições adversas, como déficit hídrico no solo (LIMA et al., 2016). Além disso, sob alta disponibilidade de recursos, apresenta maior capacidade de crescimento vegetativo e reprodução, o que a torna uma das piores plantas daninhas do mundo (BURNS, 2004; MORIUCHI, 2006; LEMOS et al., 2012).

No Brasil, é uma das plantas daninhas mais estudadas, responsável por causar danos econômicos em diferentes culturas de diversas regiões do país. Na literatura nacional, existem muitos trabalhos publicados relatando a interferência da *C. benghalensis* em culturas de importância econômica (CURY et al., 2011; CURY et al., 2012; LEMOS et al., 2012; CURY et al., 2013; FERREIRA et al., 2014). Alguns autores (FONTES et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2010) destacam que, em algumas culturas, como do feijão-caupi, esta interferência da espécie pode comprometer quase a totalidade da produtividade da cultura, gerando prejuízos socioeconômicos irreparáveis.

2.2 Interação entre feijão-caupi e plantas daninhas

Nos agroecossistemas, as plantas vivem em ambientes onde são estabelecidas as mais diversas interações. Quando estas interações ocorrem entre duas ou mais plantas, onde estas buscam recursos usados para o seu crescimento e desenvolvimento, sendo estes limitados no meio comum, a competição sucederá, isto é, uma planta mais eficiente na extração desses recursos limitará o crescimento de outra menos capaz (RADOSEVICH et al., 1997).

A competição pode ocorrer com plantas da mesma espécie ou com plantas de outra espécie. Neste contexto, as plantas daninhas destacam-se por sua capacidade de invadir áreas agrícolas. Um dos aspectos importantes dessa invasão é a alta capacidade que as espécies de plantas daninhas podem ter para obter os recursos como luz, nutrientes, espaço e, principalmente, água. Assim, existem plantas daninhas adaptadas para as mais diversas condições edafoclimáticas, com diferentes mecanismos de adaptação aos rigores de cada clima, e que podem se mostrar excelentes competidoras por alguns desses recursos ambientais, além de causar perdas econômicas em ambientes naturais e agrícolas (PITELLI, 1987; ZANINE; SANTOS, 2004; LIMA et al., 2016).

Em geral, é no período vegetativo que se estabelecem as relações definitivas da competição entre plantas cultivadas e não cultivadas (LAMEGO et al., 2005). Para o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.), o período crítico de competição das plantas daninhas, ou seja, o período durante o qual as perdas econômicas são maiores ocorre quando a segunda folha trifoliolada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos (estado vegetativo V4), aproximadamente entre 20-40 dias após a emergência (MATOS et al., 1991; FONTES et al., 2010).

A intensidade da competição entre as comunidades infestantes e as culturas agrícolas depende da interação de fatores ligados à comunidade infestante, cultura, época e extensão do período de convivência, podendo ser influenciada pelas condições climáticas, edáficas e de tratamentos culturais, a exemplo do manejo hídrico (PITELLI, 1987).

Parcela significativa da competição entre plantas ocorre abaixo da superfície do solo, onde as respostas à competição por água e nutrientes ainda não são completamente elucidadas e onde as raízes exercem papel fundamental no processo competitivo (RIZZARDI et al., 2001).

Para o manejo adequado das plantas daninhas, é necessário conhecer o comportamento de cada espécie em interação com a cultura em condições de déficit e umidade adequada no

solo, pois uma espécie que não causa danos em situação de elevada umidade, pode ser altamente prejudicial em condições de baixa umidade (VARGAS et al., 2006).

O efeito da interação entre plantas daninhas e cultura em condições de déficit hídrico é avaliado em ensaios realizados em ambientes protegidos, a fim de obter maior precisão experimental e segurança nos resultados obtidos (ALMEIDA et al., 2014). Para tanto, normalmente nestes ensaios os autores (DOMINGOS et al., 2005; CURY et al., 2011; CURY et al., 2012; VITORINO et al., 2012; MANABE et al., 2014) avaliaram apenas as respostas da cultura, sendo estas relacionadas com: crescimento, acúmulo e partição de matéria seca e nutrientes, potencial hídrico, fotossíntese, condutância estomática, transpiração e bioquímica, ao passo que poucos autores (PROCÓPIO et al., 2004; CERQUEIRA et al., 2013) estudaram a resposta da interação entre a planta daninha e a cultivada. Tais informações são importantes para proporcionar maiores vantagens competitivas às culturas diante das plantas daninhas (PROCÓPIO et al., 2004).

Em geral, quando plantas são submetidas à competição, as características de crescimento e desenvolvimento normalmente são alteradas, o que resulta em diferenças no aproveitamento dos recursos do ambiente, principalmente no uso da água, que influencia de modo direto a disponibilidade de CO₂ no mesófilo e a temperatura da folha e, conseqüentemente, a eficiência fotossintética da planta (CONCENÇO et al., 2007).

Terceiro et al. (2016), avaliando os aspectos fisiológicos do feijão-caupi sob competição de *Cyperus rotundus*, observaram redução na concentração intercelular de CO₂ e da fotossíntese líquida, resultado que os autores atribuíram a redução da área foliar e crescimento da cultura devido à maior capacidade de competição da planta daninha pelos recursos de crescimento.

Em estudo de casa de vegetação, avaliando a competição entre três cultivares de feijão-comum (IPR Colibri, IPR Eldorado e Pérola) e seis espécies de plantas daninhas (*Euphorbia heterophylla*, *Bidens pilosa*, *Cenchrus echinatus*, *Amaranthus spinosus*, *Commelina benghalensis* e *Brachiaria plantaginea*) no crescimento inicial e na alocação de matéria seca pelas plantas, os autores observaram que os cultivares de feijão apresentaram menor acúmulo de matéria seca quando estavam em competição com as espécies de plantas daninhas. A espécie *C. benghalensis*, em convivência com cultivares de feijão, acumulou maiores quantidades de matéria seca nas folhas. A raiz dos cultivares de feijão foi o principal órgão afetado negativamente pela competição. *A. spinosus* e *B. plantaginea* apresentam maior capacidade competitiva com a cultura do feijão (CURY et al., 2011).

Em outro trabalho, estudando as mesmas cultivares de feijão-comum e plantas daninhas sobre o acúmulo de N, P e K, os autores constataram que os cultivares de feijão avaliados, quando em competição com *E. heterophylla* e *C. benghalensis*, apresentaram reduzido conteúdo de N, P e K; o cultivar IPR Colibri tolera menos a competição com plantas daninhas; *A. spinosus* e *B. plantaginea* são as espécies com maior capacidade competitiva. Tais resultados, segundo os autores, evidenciam a baixa capacidade de competição por nutrientes que a cultura do feijão apresenta (CURY et al., 2013).

Em trabalho realizado nas condições de Mossoró-RN, estudando os períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.), foi registrada a ocorrência de 19 espécies de plantas daninhas, sendo a trapoeraba (*Commelina benghalensis*) uma das mais frequentes. O período crítico de prevenção à interferência ocorre de 11 a 35 dias após a emergência da cultura, sendo verificado ao final que a interferência das plantas daninhas reduziu o estande final, o número de vagens por planta e o rendimento de grãos do feijão-caupi em até 90% (FREITAS et al., 2009).

Dados semelhantes foram reportados em trabalho avaliando o período de convivência de plantas daninhas com cultivares de feijão-caupi no Estado do Amazonas. A convivência das plantas daninhas com o cv. BR IPEAN V69, BR8 Caldeirão e EV x 91-2E-2, a partir do quinto, sexto e sétimo dias após a semeadura, respectivamente, promoveu redução no estande final, no número de vagens por planta e no peso de mil grãos, resultando em redução de até 90% na produtividade. Os autores atribuíram tais resultados à restrição dos fatores do ambiente causados pelas plantas daninhas às plantas dos cultivares de feijão-caupi em algum momento da desdiferenciação da gema vegetativa para a gema reprodutiva (OLIVEIRA et al., 2010).

2.3 Estresse hídrico

“Estresse” pode ser definido, em geral, como mudanças e/ou respostas em todos os níveis funcionais do organismo, devido a um fator externo desfavorável (LARCHER, 2000).

A água é vital para o crescimento e desenvolvimento das plantas (SHAO et al., 2008). De todos os recursos de que as plantas necessitam para realizar seus processos vitais, a água é o mais abundante e, ainda, frequentemente o mais limitante (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O déficit hídrico se deve, em essência, à ocorrência de períodos intermitentes a contínuos com baixa disponibilidade hídrica. Tal condição pode ser encontrada em habitats naturais ou agrícolas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Os efeitos do déficit hídrico são iniciados

quando a evapotranspiração supera a taxa de absorção da água do solo pela cultura, estando associados à redução progressiva da disponibilidade de água no solo (SILVEIRA; STONE, 2001).

No semiárido nordestino, a deficiência hídrica é o fator mais limitante à obtenção de elevadas produtividades, de forma regular, ao longo dos anos. As culturas de subsistência, a exemplo do caupi, são normalmente estabelecidas em baixios (várzeas), com semeadura sob regime de sequeiro (início das primeiras chuvas), onde muitas vezes a água disponível não atende à necessidade da cultura, provocando um déficit hídrico que, normalmente, é acompanhado pela redução da produtividade (ANTONINO et al., 2000; NASCIMENTO; PEDROSA; TAVARES SOBRINHO, 2004). Além disso, a situação de déficit hídrico acentua-se na presença de plantas daninhas na área de cultivo, dada a eficiente capacidade de algumas plantas daninhas para a extração deste recurso do solo.

O caupi é considerado como moderadamente tolerante à deficiência hídrica (BOYER, 1978). Para a cultura, alguns autores (COBUCCI; DI STEFANO; KLUTHCOUSKI, 1999; BEZERRA et al., 2003; LIMA et al., 2006) comentam que o período crítico de exigência de água situa-se nas fases: vegetativa - fase fenológica V4 (aproximadamente 20-40 dias após a emergência) e reprodutiva - enchimento dos grãos. A ocorrência de déficit hídrico em qualquer uma destas fases acarreta em perdas de rendimento da cultura (STONE; MOREIRA, 2001).

A resposta das plantas aos efeitos causados pela deficiência hídrica envolve vários processos fisiológicos de natureza complexa, não existindo um mecanismo universal de tolerância ao déficit hídrico (NOGUEIRA et al., 2005). Além disso, a deficiência hídrica provoca alterações na ecofisiologia vegetal, sendo seus efeitos reversíveis ou irreversíveis, dependendo da superposição de outros estresses (temperatura, luz), do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (SANTOS; CARLESSO, 1998; CHAVES et al., 2002).

É possível dividir as estratégias das plantas para conviver com períodos de restrição hídrica em dois grupos contrastantes: uma estratégia mais conservadora, em que há alta economia de água e baixa capacidade de crescimento em massa; e uma estratégia mais investidora, com competição agressiva pela água e crescimento mesmo em condições limitantes para outras espécies. A capacidade de extração de água dessas espécies investidoras pode ser muito alta, e essas plantas podem extrair rapidamente enorme quantidade de água do solo, limitando a disponibilidade de água para as outras plantas.

As plantas daninhas apresentam diversas estratégias de funcionamento em função da disponibilidade hídrica, sendo algumas mais sensíveis à deficiência hídrica e, portanto, menos competitivas por água, e outras mais tolerantes, o que pode lhes conferir maior capacidade de competição com a cultura (LIMA et al., 2016).

Sendo assim, para obter informações mais precisas da interação e competição pelo recurso hídrico é necessário entender as características ecofisiológicas de ambas as plantas.

2.4 Alterações ecofisiológicas nas plantas ao estresse hídrico

A maneira como a planta responde ao efeito do déficit hídrico no solo é bastante complexa, pois afeta praticamente todos os aspectos de crescimento, incluindo modificações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas (BEZERRA et al., 2003).

O crescimento dos indivíduos está relacionado ao estado hídrico dos tecidos, haja vista que o acúmulo de matéria seca depende de um investimento com água e nutrientes (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A redução da turgescência celular (pressão de turgor) é a primeira e mais sensível alteração fisiológica quando as plantas estão sob condição de déficit hídrico (NOGUEIRA et al., 2005). A pressão de turgor precisa ser positiva para que ocorra o processo de alongamento e expansão celular, responsável pelo crescimento da planta (LARCHER, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2013).

O potencial hídrico foliar é outro fator importante que reflete o estado fisiológico dos vegetais quanto ao uso da água, também influenciado pela restrição hídrica (TROVÃO et al., 2007). Em geral, quando a planta perde água a uma taxa superior à sua capacidade de absorção e transporte, o potencial hídrico da folha diminui, levando ao fechamento dos estômatos e à redução da fotossíntese (COSTA et al., 2007).

Vários fatores podem influenciar o potencial hídrico foliar, como as condições experimentais, o estágio de crescimento da planta e o método empregado para análise do potencial hídrico (GONÇALVES; SILVA; GUIMARÃES, 2009). Em geral, análise do potencial hídrico antes do amanhecer e ao meio-dia são os métodos mais empregados para o estudo do balanço hídrico das plantas, bem como da quantidade de água disponível no solo (LARCHER, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2013; DOMBROSKI et al., 2014).

Os estômatos são “máquinas” moduladoras da perda de água pela transpiração, respondendo ao déficit hídrico com o fechamento do poro estomático quando o potencial hídrico foliar atinge níveis críticos (LARCHER, 2000). Plantas submetidas a déficit hídrico

apresentam redução da transpiração e, conseqüentemente, redução da capacidade de dissipação de calor, o que provoca aumento da temperatura da folha (LONGUI, 2007).

A temperatura é um fator importante que pode influenciar o efeito do estresse hídrico sobre a fotossíntese. A fixação e a redução do CO₂ ocorrem lentamente em baixas temperaturas, aumentando rapidamente quando a temperatura aumenta até um valor ótimo. Em temperaturas elevadas, os processos de transporte de elétrons ligados a membranas tornam-se instáveis, limitando o suprimento do poder redutor e levando a um acentuado declínio da fotossíntese (LARCHER, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2013).

A capacidade fotossintética altera-se em situações de escassez hídrica. A restrição hídrica aumenta a resistência difusiva ao vapor de água pelo fechamento dos estômatos, reduzindo a condutância estomática e conseqüentemente o suprimento de CO₂ para a fotossíntese (NOGUEIRA et al., 1998; TAIZ; ZEIGER, 2013). Na medida em que este estresse se torna severo, no entanto, a desidratação de células do mesófilo inibe a fotossíntese, o metabolismo fotossintético é prejudicado e a eficiência do uso da água decresce, afetando, assim, o crescimento e desenvolvimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O déficit hídrico afeta também significativamente o movimento e a disponibilidade dos nutrientes para as plantas. Nesta condição, o transporte dos nutrientes no solo fica prejudicado, assim como a translocação do nutriente na planta, já que ambos dependem do gradiente de potencial hídrico (força motriz para o movimento da água), podendo, em alguns casos, a diminuição dos nutrientes afetar o crescimento das plantas, antes mesmo de ocorrer o estresse hídrico (PATTERSON, 1995; ZANINE; SANTOS, 2004).

Dentre os índices fisiológicos usados para diagnóstico dos efeitos do estresse hídrico no crescimento da planta, destacam-se a produção de matéria seca e a área foliar, quantificados em função do tempo, pois além de fornecerem informações sobre a assimilação de fotoassimilados durante certo período de tempo, estes são usados para determinar outros indicadores de crescimento, como a taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo, a taxa assimilatória líquida, a razão de área foliar e a razão de massa foliar (LARCHER, 2000; BENINCASA, 2003). Além destas, características como fotossíntese, condutância estomática, potencial hídrico foliar, bem como bioquímicas são avaliadas para tentar elucidar os efeitos do estresse hídrico na planta (COSTA et al., 2008; NASCIMENTO et al., 2011; SINGH; REDDY, 2011; VITORINO et al., 2012; FERNANDES et al., 2015).

Em estudo no qual foi avaliado o crescimento de feijão-caupi cv BRS Guariba sob o efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional, nas condições de Mossoró-

RN, os autores verificaram que o déficit hídrico afetou negativamente o crescimento da cultura, independentemente do sistema de plantio (FREITAS et al., 2014).

Mendes et al. (2007) concluíram, ao avaliar o *status* hídrico das plantas quando submetidas à deficiência hídrica nas fases vegetativa e reprodutiva, que o feijão-caupi sofre reduções significativas no potencial hídrico foliar, condutância estomática e transpiração foliar, com consequente aumento na temperatura da folha. Resultados semelhantes foram encontrados por Nascimento et al. (2011), avaliando o efeito do déficit hídrico sobre as características fisiológicas e produtivas do feijão-caupi, os autores verificaram que o déficit hídrico resultou em aumento na temperatura da folha e em redução do potencial hídrico foliar, da condutância estomática e da produtividade de grãos.

O comportamento ecofisiológico de quatro espécies de plantas daninhas [malva-branca (*Waltheria indica* L.), crotalária (*Crotalaria retusa* L.), trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) e mussambê (*Cleome affinis* DC.)] submetidas a estresse hídrico e à reidratação foi avaliado em casa de vegetação, nas condições de Mossoró-RN. Ao final do estudo, os autores constataram que a trapoeraba e mussambê podem ser consideradas espécies conservadoras, mantendo o potencial hídrico alto e com baixa transpiração. Por sua vez, crotalária e malva-branca são medianamente investidoras, capazes de reduzir o potencial hídrico e com valores de abertura estomática mais altos, podendo se tornar importantes competidoras por água justamente quando essa começa a ficar escassa (LIMA, 2015).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. O. et al. Influência do tamanho do vaso e época de avaliação sobre o crescimento do picão preto em competição com milho e soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 5, p. 1428-1437, 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18089/14988>>. Acesso em: 10 ago. 2016.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. **Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2003, 110p. (Embrapa Meio-Norte. Sistemas de Produção, 2).
- ANTONINO, A. C. D. et al. Balanço hídrico em solo com cultivos de subsistência no semi-árido do nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 29-34, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v4n1/v4n1a06.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2016.
- APHIS. 2008. **Animal Plant Health Inspection Service**. United States Department of Agriculture. <<http://www.aphis.usda.gov>>. Acesso em: 10 fev. 2016.
- ASSUNÇÃO, I. P. et al. Diversidade genética de Begomovirus que infestam plantas invasoras na região Nordeste. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 239-244, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v24n2/30446.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2016.
- BARRETO, R. C. **Levantamento das espécies de Commelinaceae R. Br. nativas do Brasil**. 1997. 470p. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade de São Paulo, São Paulo 1997. Disponível em: <<http://www.bdpi.usp.br/single.php?id=000933455>>. Acesso em: 12 fev. 2016.
- BASTOS, E. A. **A cultura do feijão-caupi no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2016, 71p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos Online). Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/310774101_A_cultura_do_feijao-caupi_no_Brasil>. Acesso em: 11 dez. 2016.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003.
- BEZERRA, F. M. L. et al. Feijão-caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 34, p. 5-10, 2003. Disponível em: <www.ccarevista.ufc.br/site/down.php?arq=02rca34-1.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2016.
- BOYER, J. S. Water deficits and photosynthesis. In: KOZLOWSKI, T. T. (org.). **Water deficits and plant growth**. New York: Academic Press, 1978. p. 154-191.
- BURNS, J. H. A comparison of invasive and noninvasive dayflowers (Comelinaceae) across experimental nutrient and water gradients. **Diversity and Distributions**, Stellenbosch, v. 10, p. 387-397, 2004. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Jean_Burns/publication/229422887_A_comparison_of_invasive_and_non-

invasive_dayflowers_Commelinaceae_across_experimental_nutrient_and_water_gradients/links/09e415009796b3d7a2000000.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2016.

CAMPOS, F. L. et al. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 5, n. 2, p. 110-116, 2000. Disponível em: <agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR2001003133>. Acesso em: 16 fev. 2016.

CARDOSO, G. D. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas em algodoeiro de fibra colorida 'BRS Safira'. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 456, 2010. Disponível em: <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/630>>. Acesso em: 16 fev. 2016.

CARVALHO, S. J. P. et al. Glifosato aplicado com diferentes concentrações de ureia ou sulfato de amônio para dessecação de plantas daninhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 11, p. 1501-1508, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v43n11/08.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

CERQUEIRA, F. B. et al. Competition between drought-tolerant upland rice cultivars and weeds under water stress condition. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 291-302, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v31n2/06.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

CHAVES, M. M. et al. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. **Annals of Botany**, United Kingdom, v. 89, p. 907-916, 2002. Disponível em: <aob.oxfordjournals.org/content/89/7/907.full.pdf+html>. Acesso em: 20 fev. 2016.

COBUCCI, T.; DI STEFANO, J. G.; KLUTHCOUSKI, J. **Manejo de plantas daninhas na cultura do feijoeiro em plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa-CNPAP, 1999. 56 p. (Circular Técnica, 35). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/208254/manejo-de-plantas-daninhas-na-cultura-do-feijoeiro-em-plantio-direto>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

CONCENÇÃO, G. et al. Uso da água em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) em condição de competição. **Planta daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 449-455, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v25n3/03.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2016.

CORREIA, M. J. P. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do feijão caupi. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v. 13, n. 2, p. 50-56, 2015. Disponível em: <<http://periodicos.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/1183>>. Acesso em: 21 fev. 2016.

COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 2, p. 229-234, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v37n2/v37n2a08.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2016.

COSTA, R. C. L. et al. Biochemical and physiological responses in two *Vigna unguiculata* (L.) Walp. cultivars under water stress. **Journal of Agronomy**, v. 7, n. 1, p. 98-101, 2008. Disponível em: <<http://scialert.net/qredirect.php?doi=ja.2008.98.101&linkid=pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

CRAINE, J. M.; DYBZINSKI, R. Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. **Functional Ecology**, London, v.27, p.833–840, 2013. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2435.12081/epdf>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

CURY, J. P. et al. Acúmulo e partição de nutrientes de cultivares de milho em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 287-296, jan. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v30n2/v30n2a07.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2016.

CURY, J. P. et al. Eficiência nutricional de cultivares de feijão em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 79-88, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v31n1/09.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2016.

CURY, J. P. et al. Produção e partição de matéria seca de cultivares de feijão em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 149-158, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v29n1/a17v29n1.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2016.

DOMBROSKI, J. L. D. et al. Ecophysiology of water stressed *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex. DC) Mattos) Seedlings. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 155-163, 11 nov. 2014. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr101/cap14.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2016.

DOMINGOS, V. D. et al. Alocação de biomassa e nutrientes em *Myriophyllum aquaticum* sob diferentes níveis de macronutrientes. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 193-201, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v23n2/24945.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2016.

DUTRA, A. F. et al. Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, Recife, v. 10, n. 2, p.189-197, 2015. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v10i2a3912&path%5B%5D=1779>. Acesso em: 23 fev. 2016.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados conjunturais da produção de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Brasil (1985 a 2015): área, produção e rendimento**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2016. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

FAO. FAOSTAT. **Production, Crops Cow peas, dry**. 2015. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

FERNANDES, F. B. P. et al. Efeito de manejos do solo no déficit hídrico, trocas gasosas e rendimento do feijão-de-corda no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 506-515, 2015. Disponível em: <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/3639/1149>>. Acesso em: 23 fev. 2016.

FERREIRA, E. A. et al. Crescimento do pinhão-mansão em competição com plantas daninhas em dois tipos de solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, Recife, v. 9, n. 2, p. 210-214, 2014. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v9i2a3888&path%5B%5D=1596>. Acesso em: 23 fev. 2016.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. 4. ed. Passo Fundo-RS: UPF, 2008.

FONTES, J. R. A.; GONÇALVES, J. R. P.; MORAIS, R. R. Tolerância do feijão-caupi ao herbicida oxadizon. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 1, p. 110-115, 2010. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/6241>>. Acesso em: 23 fev. 2016.

FREIRE FILHO, F. R. et al. BRS Marataoã: nova cultivar de feijão-caupi com grão tipo sempre-verde. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 52, n. 303, p. 771-777, 2005. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3087/976>>. Acesso em: 22 fev. 2016.

FREIRE FILHO, F. R. et al. **Feijão-caupi**: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011.

FREITAS, F. C. L. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 241-247, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v27n2/05.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2016.

FREITAS, R. M. O. **Crescimento e produção de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional**. 2012. 83f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2012. Disponível em: <bdtd.ufersa.edu.br/bitstream/tede/61/1/RomuloMOF DISSERT.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2016.

FREITAS, R. M. O. et al. Crescimento de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 393-401, 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/17982/13754>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, C. E. M.; GUIMARÃES, D. G. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 8-14, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v44n1/02.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2016.

GRANGEIRO, T. B. et al. Composição bioquímica da semente. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (org.). **Feijão-caupi**: avanços tecnológicos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 338-365.

HAYATU, M.; MUHAMMAD, S. Y.; HABIBU, U. A. Effect of water stress on the leaf relative water content and yield of some cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) Genotype. **International Journal of Scientific & Technology Research**, v. 3, n. 7, p. 1-5, 2014. Disponível em: <<http://www.ijstr.org/final-print/july2014/Effect-Of-Water-Stress-On-The>>.

Leaf-Relative-Water-Content-And-Yield-Of-Some-Cowpea-vigna-Unguiculata-l-Walp-Genotype-.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2016.

JOÃO, F. M.; MARTINS, P. R. A estrutura da guilda de abelhas e vespas visitantes florais de *Waltheria americana* L. (Sterculiaceae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 28, p. 617-633, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aseb/v28n4/v28n4a05.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2016.

JUDD, W. S. et al. **Plant systematics: a phylogenetic approach**. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2002.

LACA-BUENDIA, J. P.; BRANDÃO, M.; GAVILANES, M. L. Plantas invasoras da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no estado de Minas Gerais. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 3, p. 225-236, 1989. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abb/v3n2s1/v3n2s1a19.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

LAMEGO, F. P. et al. Tolerância à interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por cultivares de soja - I. Resposta de variáveis de crescimento. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 405-414, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v23n3/a03v23n3.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, SP: RIMa, 2000.

LEMO, J. P. et al. Morfofisiologia de plantas de milho em competição com picão-preto e trapoeraba submetidas a roçada. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 487-496, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v30n3/04.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2016.

LIMA FILHO, J. M. P. Physiological responses of maize and cowpea to intercropping. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 915-921, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v35n5/4712.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

LIMA, J. R. S. et al. Estimativa da evapotranspiração do feijão-caupi utilizando o modelo de Penman-Monteith. **Irriga**, Botucatu, v. 11, p. 477-491, 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228439287_ESTIMATIVA_DA_EVAPOTRANSPIRACAO_DO_FEIJAO_CAUPI_UTILIZANDO_O_MODELO_DE_PENMAN-MONTEITH>. Acesso em: 23 fev. 2016.

LIMA, M. F. P. **Ecofisiologia de plantas daninhas submetidas a estresse hídrico e à reidratação**. 2015. 83f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015. Disponível em: <bdtd.ufersa.edu.br/handle/tede/92>. Acesso em: 23 fev. 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. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v34n4/0100-8358-pd-34-04-00701.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2016.

LONGUI, B. M. **Fotossíntese e relações hídricas de espécies de *Eucalyptus* sp. submetidas a diferentes regimes hídricos**. 2007. 34f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -

Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2007. Disponível em: <bdtd.unoeste.br:8080/jspui/handle/tede/617>. Acesso em: 26 fev. 2016.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 2008.

MACEDO, J. F.; MARTINS, R. P. Potencial da Erva Daninha *Waltheria americana* (Sterculiaceae) no Manejo Integrado de Pragas e Polinizadores: Visitas de Abelhas e Vespas. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 27, p. 29-40, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aseb/v27n1/v27n1a04.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2016.

MAFRA, R. C. **Contribuição ao estudo do “feijão massacar”**: fisiologia, ecologia e tecnologia de produção. In: CURSO DE TREINAMENTO PARA PESQUISADORES DE FEIJÃO-CAUPI, 1, 1979, Goiânia. Assuntos abordados. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF/IITA, 1979. p. 01-39.

MANABE, P. M. S. et al. Características fisiológicas de feijoeiro em competição com plantas daninhas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1721-1728, 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/22147/15609>>. Acesso em: 25 fev. 2016.

MATOS, V. P. et al. Período crítico de competição entre plantas daninhas e a cultura do caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 5, p. 737-743, 1991. Disponível em: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/3398/731>>. Acesso em: 25 fev. 2016.

MELO, S. R.; ZILLI, J. E. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 9, p. 1177-1183, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v44n9/v44n9a16.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

MENDES, R. M. S. et al. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 1, p. 95-103, 2007. Disponível em: <<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/158/152>>. Acesso em: 26 fev. 2016.

MOREIRA, H. J. C.; BRAGANÇA, H. B. N. **Manual de identificação de plantas infestantes**: Hortifrúti. Campinas: 2011.

MORIUCHI, J. B. **Comparison of invasive and noninvasive Commelinaceae in a phylogentic context**. PhD thesis, Florida State University, USA, 2006. 180 p. Disponível em: <<http://diginole.lib.fsu.edu/islandora/object/fsu:180484/datastream/PDF/view>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

NASCIMENTO, J. T.; PEDROSA, M. B.; TAVARES SOBRINHO, J. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes. **Horticultura Brasileira**, Vitoria da Conquista, v. 22, n. 2, p. 174-177, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v22n2/21010.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2016.

NASCIMENTO, S. P. et al. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p.

853-860, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n8/13.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2016.

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, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B.; SILVA, E. C. Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas de caatinga. In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. (org.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. 1 ed. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 2005. p. 22-31.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; BARBOSA, D. C. A.; MORAES, J. A. P. V. Trocas gasosas e relações hídricas em plantas jovens envasadas de três espécies da caatinga, submetidas a deficiência de água. **Phyton**, Buenos Aires, v. 62, n. 1/2, p. 37-46. 1998. Disponível em: <https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Trocas+gasosas+e+rela%C3%A7%C3%B5es+h%C3%ADdricas+em+plantas+jovens+envasadas+de+tr%C3%AAs+esp%C3%A9cies+d+a+caatinga,+submetidas+a+defici%C3%AÂncia+de+%C3%A1gua&author=Nogueira+R.+J.+M.+C.&author=Barbosa+D.+C.+A.&author=Moraes+J.+A.+P.+V.&publication_year=1998&journal=Phyton&volume=62&issue=1/2&pages=37-46>. Acesso em: 26 fev. 2016.

OLIVEIRA, O. M. S. et al. Período de convivência das plantas daninhas com cultivares de feijão-caupi em várzea no Amazonas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 523-530, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v28n3/09.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

ONOFRE, A. V. C. **Diversidade genética e avaliação de genótipos de feijão-caupi contrastantes para resistência aos estresses bióticos e abióticos com marcadores SSR, DAF e ISSR**. Dissertação de Mestrado, UFPE, Recife, 2008. Disponível em: <<http://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/1369>>. Acesso em: 23 fev. 2016.

ORTIZ-DÍAZ, J. J. et al. Flora fanerogâmica de dos enclaves de sabana de la península de Yucatán, México. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, Coyoacán, v. 85, n. 3, p. 665-676, 2014. Disponível em: <<http://www.revista.ib.unam.mx/index.php/bio/article/view/38/37>>. Acesso em: 23 fev. 2016.

PADULOSI, S.; NG, N. Q. Origin taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: SINGH, B .B.; MOHAN, R.; DASHIELL, K. E; JACKAI, L. E. N. (org.). **Advances in Cowpea Research**. Tsukuba; IITA JIRCAS, 1997. p. 1-12.

PATTERSON, D. T. Effects of environmental stress on weed/ crop interactions. **Weed Science**, Champaign, v. 43, p. 483-490, 1995. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/4045584?seq=1#page_scan_tab_contents>. Acesso em: 25 fev. 2016.

PITELLI, R. A. Competição e controle de plantas daninhas em áreas agrícolas. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, v. 4, n. 12, p. 25-35, 1987. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr12/cap01.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2016.

PROCÓPIO, S. O. et al. Características fisiológicas das culturas de soja e feijão e de três espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 211-216, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v22n2/21221.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology**. 2 ed. New York: Wiley, 1997.

REN, H. et al. Patterns of Alien Plant Invasion across Coastal Bay Areas in Southern China. **Journal of Coastal Research**, v. 295, p. 448-455, 2014. Disponível em: <<http://www.jcronline.org/doi/pdf/10.2112/JCOASTRES-D-13-00096.1>>. Acesso em: 23 fev. 2016.

RIZZARDI, M. A. et al. Competição por recursos do solo entre ervas daninhas e culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 707-714, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v31n4/a26v31n4.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

RONCHI, C. P. et al. Crescimento e concentração de nutrientes no sistema radicular do cafeeiro sob competição de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 679-687, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v25n4/a04v25n4>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

SALES JUNIOR, R. et al. Ervas daninhas como hospedeiras alternativas de patógenos causadores do colapso do meloeiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 195-198, 2012. Disponível em: <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1192/668>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

SANTOS, I. C. et al. Caracteres anatômicos de duas espécies de trapoeraba e eficiência do glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, p. 1-8, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v20n1/01.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v2n3/287.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2016.

SAUNDERS, J. G. Resurrection of the Maui endemic *Waltheria pyrolifolia* (Sterculiaceae, Hermannieae). **Darwiniana**, Buenos Aires, v. 49, n.1, p.76-85, 2011. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/23230236?seq=1#page_scan_tab_contents>. Acesso em: 26 fev. 2016.

SAUNDERS, J. G. Sterculiaceae of Paraguay. II. Waltheria. **Bonplandia**, v. 16, p. 143–180, 2007. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/41941292?seq=1#page_scan_tab_contents>. Acesso em: 26 fev. 2016.

SHAO, H. et al. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, Amsterdam, v. 331, n. 1-3, p. 215-225, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631069108000048>>. Acesso em: 26 fev. 2016.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. **Irrigação do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2001. 230p. Disponível em: <<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=pc&id=208452&biblioteca=vazio&b>>

usca=autoria:%22STONE,%20L.%20F.%20(Ed.).%22&qFacets=autoria:%22STONE,%20L.%20F.%20(Ed.).%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 26 fev. 2016.

SINGH, S. K.; REDDY, K. J. Regulation of photosynthesis, fluorescence, stomatal conductance and water-use efficiency of cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) under drought. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, Lausanne, v. 105, n. 1, p. 40-50, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1011134411001588>>. Acesso em: 26 fev. 2016.

SIZENANDO FILHO, F. A. et al. Seletividade de diferentes herbicidas ao feijão-caupi. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, Viçosa, v. 3, n. 2, p. 84-90, 2013. Disponível em: <<http://www.rbas.com.br/index.php/rbas/article/view/222/218>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

SMARTT, J. **Grain legumes: evolution and genetic resources**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

SOUSA, C. C. M. et al. Crescimento e respostas enzimáticas do feijoeiro caupi sob estresse hídrico e nematoide de galhas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 2, p. 113-118, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v19n2/1415-4366-rbeaa-19-02-0113.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2016.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 473-481, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v36n3/4790.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2016.

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

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**, Pombal, v. 11, n. 1, p. 14-22, 2016. Disponível em: <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/4069>>. Acesso em: 12 dez. 2016.

TROVÃO, D. M. B. et al. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 307-311, 2007. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n3/a10v11n3.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2016.

VARGAS, L.; PEIXOTO, C. M.; ROMAN, E. S. **Manejo de plantas daninhas na cultura do milho**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 20 p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 61). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do61.htm>. Acesso em: 22 fev. 2016.

VITORINO, H. S. et al. Efeito do déficit hídrico na eficiência de herbicidas e nas características bioquímicas de picão-preto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 692-698, 2012. Disponível em:

<<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13313>>. Acesso em: 26 fev. 2016.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. D. Competição entre espécies de plantas - uma revisão. **Revista da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 103-122, 2004. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/viewFile/2184/1700>>. Acesso em: 26 fev. 2016.

ZONGO, F. et al. Botany, traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Waltheria indica* L. (syn. *Waltheria americana*): A review. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 148, n. 1, p. 14-26, 2013. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23608240>>. Acesso em: 22 fev. 2016.

CAPÍTULO 2 - RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE FEIJÃO-CAUPI E PLANTAS DANINHAS EM SITUAÇÃO DE COMPETIÇÃO E DÉFICIT HÍDRICO TEMPORÁRIO NO SOLO

RESUMO

O conhecimento das estratégias fisiológicas de investimento ou de conservação de água das plantas em interação são essenciais para o desenvolvimento em ambientes agrícolas com ocorrência de períodos de veranicos. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos do déficit hídrico temporário no solo e da competição nas características fisiológicas do feijão-caupi e das plantas daninhas *Commelina benghalensis* e *Waltheria indica*. Para tanto, foi realizado experimento em casa de vegetação do Departamento de Ciências Vegetais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. A unidade experimental correspondeu a um vaso plástico com capacidade volumétrica de 10 dm³. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 5x2, com o primeiro fator correspondente aos tipos de interação entre as espécies (feijão + malva-branca; feijão + trapoeraba; feijão-caupi; trapoeraba e malva-branca em monocultivo), e o segundo dos regimes hídricos (Irigado e Déficit hídrico). O déficit hídrico foi simulado quando as plantas de feijão-caupi estavam com o segundo trifólio definitivo (estádio V4), sendo mantido por onze dias, até a taxa de assimilação de CO₂ da cultura, às 09h00min da manhã, alcançar valores próximos de zero, momento em que foi retomada a irrigação. A partir da data da suspensão da irrigação, as plantas foram avaliadas diariamente até que as taxas de assimilação de CO₂ das plantas submetidas ao déficit hídrico fossem semelhantes às das irrigadas. As características avaliadas foram: potencial hídrico ao pré-amanhecer e ao meio-dia, condutância estomática, transpiração e a taxa fotossintética líquida. O déficit hídrico reduziu o potencial hídrico e as trocas gasosas das espécies, cultivadas isoladamente ou em interação. O feijão-caupi e *C. benghalensis* toleraram o déficit hídrico no solo por meio do rígido controle da abertura estomática, sendo espécies mais conservadoras. A competição entre plantas antecipou os efeitos negativos do déficit hídrico no solo. *Waltheria indica* apresentou maior capacidade de competição por água, tendo atrasado a recuperação do feijão-caupi.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*. *Commelina benghalensis*. *Waltheria indica*. Fotossíntese. Interferência.

PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF COWPEA AND WEEDS IN COMPETITION SITUATION AND TEMPORARY WATER DEFICIT IN THE SOIL

ABSTRACT

The knowledge of the physiological strategies of investment or conservation of water of plants in interaction are essential for the development in agricultural environments with occurrences of dry periods. Therefore, the objective of the work was to evaluate the effects of temporary water deficit on soil and competition on the physiological characteristics of cowpea and the weeds *Commelina benghalensis* and *Waltheria indica*. For that, an experiment was carried out in a greenhouse of the Department of Plant Sciences of the Universidade Federal Rural do Semi-Arido. The experimental unit corresponded to a plastic vessel with a volumetric capacity of 10 dm³. The experimental design was of randomized blocks, with four replications. The treatments were arranged in a 5x2 factorial, with the first factor corresponding to the types of interaction between the species (*V. unguiculata* + *W. indica*; *V. unguiculata* + *C. benghalensis*; *V. unguiculata*, *C. benghalensis* and *W. indica* in monoculture), and the second, of water regimes (irrigated and water deficit). The water deficit was simulated when the cowpea plants were with the second definitive trefoil (stage V4), being maintained for eleven days, until the CO₂ assimilation rate of the the culture, at 9:00 am, reached values close to zero, when irrigation was resumed. From the date of the suspension of the irrigation, the plants were evaluated daily until the CO₂ assimilation rates of the plants submitted to the water deficit were similar to those of the irrigated ones. The characteristics evaluated were: water potential at pre-dawn and at noon, stomatal conductance, transpiration and the net photosynthetic rate. The water deficit reduced the water potential and the gas exchange of the species, cultivated alone or in interaction. Cowpea and *C. benghalensis* tolerated the water deficit in the soil through strict control of the stomatal opening, being species more conservative. Competition among plants anticipated the negative effects of soil water deficit. *Waltheria indica* presented greater competition capacity for water, having delayed the recovery of cowpea.

Keywords: *Vigna unguiculata*. *Commelina benghalensis*. *Waltheria indica*. Photosynthesis. Interference.

1. INTRODUÇÃO

A deficiência hídrica é uma das maiores limitações à expansão das culturas agrícolas no mundo. Esta situação tende a ser cada vez mais comum no futuro próximo em regiões nas quais, no passado, tal problema era insignificante, devido às mudanças reconhecidas no clima global (PIAO et al., 2010; ZHANG; CAI, 2013; DODD et al., 2015). Nas regiões semiáridas, as mudanças climáticas podem aumentar a frequência e a intensidade dos períodos sem precipitação pluviométrica (veranicos) e, conseqüentemente, dos problemas ocasionados pela restrição hídrica, afetando a segurança alimentar e o desenvolvimento econômico da região e levando possivelmente a um maior deslocamento da população para as grandes cidades ou para as áreas nas quais se possa desenvolver a agricultura irrigada (SILVA et al., 2010; MARENGO et al., 2015).

O cultivo do feijão-caupi na região Nordeste do Brasil é realizado normalmente sob regime de sequeiro, em que ocorrem veranicos e altas temperaturas. Esses fatores ocorrem em frequências e intensidades variáveis durante o ciclo da cultura, afetando praticamente todas as características relacionadas à fisiologia das plantas (FERNANDES et al., 2015; SOUSA et al., 2015; FREITAS et al., 2017).

A competição entre as espécies cultivadas e as daninhas é outro importante fator que interfere nos processos fisiológicos vegetais (MANABE et al., 2014; FERREIRA et al., 2015). Isto ocorre porque as plantas daninhas requerem os mesmos recursos de crescimento que as culturas. Quando essa competição se estabelece em condições com baixo nível de algum recurso no solo, como a água, as plantas daninhas, ao consumir água, reduzem a disponibilidade de água no solo para a cultura, antecipando e/ou intensificando os efeitos negativos do déficit hídrico nas plantas (estresse hídrico), devido à elevada habilidade de competição pelos recursos e maior capacidade de adaptação às restrições ambientais de algumas espécies (FLOSS, 2008; CRAINE; DYBZINSKI, 2013).

Algumas das respostas fisiológicas dos vegetais à deficiência hídrica incluem: redução da turgescência dos tecidos; fechamento estomático, diminuição da transpiração e da concentração de CO₂ intercelular e inibição da atividade fotossintética (SOUZA et al., 2004).

O conhecimento, por meio de variáveis fisiológicas, de como as plantas respondem aos efeitos da competição por água quando este recurso é limitado no solo é fundamental para a compreensão dos mecanismos de adaptações fisiológicas das plantas e otimização da eficiência de utilização dos recursos na agricultura.

Diante disto, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos do déficit hídrico temporário no solo e da competição sobre as características fisiológicas de feijão-caupi e das plantas daninhas *Commelina benghalensis* e *Waltheria indica*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no município de Mossoró-RN. A unidade experimental correspondeu a um vaso plástico com capacidade volumétrica de 10 dm^3 , contendo amostra de Planossolo Háplico Eutrófico (EMBRAPA, 2013), coletada na camada de 0-20 cm, com as seguintes características: pH (água)= 6,5; matéria orgânica= $1,0 \text{ dag kg}^{-1}$; P, K e Na= 7,2, 64,4 e $3,2 \text{ mg dm}^{-3}$; Ca, Mg, Al, H+Al, e CTC efetiva= 2,5, 1,8, 0,0, 0,0 e $4,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; areia, silte e argila= 0,82, 0,12, e $0,05 \text{ kg kg}^{-1}$, respectivamente, com textura areia franca. O solo foi adubado conforme as recomendações do IPA (2008), com a aplicação no plantio de $23,66 \text{ mg dm}^{-3}$ de P_2O_5 . A adubação de cobertura foi feita com 14,98 e 10 mg dm^{-3} de N e K_2O , respectivamente.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 5×2 , com o primeiro fator constituído dos tipos de interação entre as espécies avaliadas (feijão-caupi + malva-branca; feijão-caupi + trapoeraba; trapoeraba, malva-branca e feijão-caupi sem competição), e o segundo, dos regimes hídricos (com e sem déficit hídrico temporário do solo).

O cultivar de feijão-caupi utilizado foi o BRS Guariba, de hábito de crescimento indeterminado, porte Semiereto e ciclo de 65-70 dias (GONÇALVES et al., 2009). As sementes de malva-branca (*Waltheria indica* L.) e trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) foram coletadas em área de cultivo de feijão-caupi e submetidas a procedimentos para superação da dormência (desponte na extremidade oposta ao hilo). Antes da montagem do experimento, foi realizado teste preliminar para verificar o tempo de germinação e emergência de cada espécie no solo visando à emergência simultânea no ensaio de competição.

Aos cinco dias após a emergência das plantas, foi realizado um desbaste, deixando-se a mesma densidade de plantas daninhas e cultura (uma planta por vaso). Nos tratamentos com competição, as sementes de feijão-caupi foram alocadas no centro do vaso e as plantas daninhas entre o centro e a periferia do recipiente.

A irrigação foi realizada diariamente, com o intuito de deixar o solo com nível de água acima de 70-80% da capacidade de campo. Os volumes de água aplicados foram obtidos a partir da diferença entre o peso do vaso na sua capacidade de campo determinada anteriormente e o peso do vaso no dia da irrigação, sendo feita diariamente, seguindo metodologia descrita por Sousa et al. (2015).

Quando as plantas de feijão-caupi estavam com o segundo trifólio definitivo – estágio V4 (40 dias após emergência), foi iniciada a imposição dos regimes hídricos (Irrigado e

Déficit hídrico). As plantas do tratamento Irrigado continuaram a receber irrigação diária conforme descrito, e as plantas do tratamento Deficit hídrico tiveram sua irrigação totalmente suspensa, de forma que o estresse foi resultante do gradativo esgotamento da água do solo, sendo mantido até a taxa de assimilação de CO₂ (*A*) das plantas de caupi, às 09h00min da manhã, alcançasse valores próximos de zero, o que ocorreu após 11 dias da suspensão da irrigação, momento em que foi retomada a irrigação. A partir da data da suspensão da irrigação, as plantas foram avaliadas diariamente até que as taxas de assimilação de CO₂ das plantas submetidas ao déficit hídrico fossem semelhantes às das irrigadas.

O potencial hídrico (Ψ_w ; MPa) das plantas foi determinado no pré-amanhecer (pre-dawn) e ao meio-dia, com auxílio de bomba de pressão (bomba de Schollander). A determinação consistiu na coleta de amostras de folhas totalmente expandidas e expostas à radiação solar, sem danos mecânicos e injúrias, no terço médio das plantas.

A taxa fotossintética líquida (*A*; $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}$), condutância estomática (*g_s*; $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e transpiração (*E*; $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) foram avaliadas com auxílio de um analisador de gases por infravermelho (IRGA, modelo portátil LI-6400, LI-COR Biosciences), sendo as leituras realizadas entre as 08h00min e 10h00min da manhã. Os teores de CO₂ foram fixados em 400 $\mu\text{moles m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e a intensidade luminosa em 1500 $\mu\text{moles de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Foram avaliadas folhas jovens, recém-expandidas, não danificadas e bem iluminadas (quando a intensidade luminosa foi superior a 1000 $\mu\text{moles de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Para interpretação dos resultados, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) para cada época de avaliação. Nos casos de significância, as médias entre os regimes hídricos foram comparadas pelo teste t, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o *software* SISVAR.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características fisiológicas das plantas Irrigadas e em Déficit Hídrico, sem Interação

3.1.1 Potencial hídrico ao pré-amanhecer

O potencial hídrico foliar (Ψ_w) das espécies, livre de interferência, cultivadas em solo com diferentes regimes hídricos, pode ser verificado no Gráfico 1. Observaram-se, para as plantas irrigadas de feijão-caupi, valores de Ψ_w ao pré-amanhecer (pre-dawn) próximos de -0,3 MPa (Gráfico 1A). Valores de Ψ_w semelhantes aos encontrados foram reportados para a mesma cultura sob condição irrigada (SILVA et al., 2010; FREITAS et al., 2017). De maneira geral, esse valor pode ser considerado correspondente ao potencial hídrico no solo, antes do amanhecer o Ψ_w da planta tende a se igualar ao potencial hídrico do solo (LARCHER, 2006; COSTA; MARENCO, 2007; MOURA et al., 2016).

Avaliando o efeito do déficit hídrico, para as plantas de feijão-caupi (Gráfico 1A), observou-se diferença estatística apenas no terceiro dia da suspensão da irrigação, atingindo valores de -0,5 MPa. Após esse dia, as plantas apresentaram valores de Ψ_w semelhantes ao tratamento Irrigado, indicando que a cultura apresenta estratégia conservadora no uso da água, a fim de se manter hidratada durante o período de déficit hídrico temporário no solo. Resultados semelhantes foram descritos por Silva et al. (2010), ao avaliar a deficiência hídrica (25% da água perdida por evapotranspiração) na cultura do caupi, na fase vegetativa, verificaram valores de Ψ_w no pre-dawn de -0,66 MPa.

Em relação à espécie *C. benghalensis* (Gráfico 1B), em média, foram encontrados valores de Ψ_w no pre-dawn de -0,22 MPa nas plantas do tratamento Irrigado. Quanto ao efeito do regime hídrico, a imposição do déficit hídrico provocou as maiores reduções até o décimo primeiro dia, sendo registrados -0,39 MPa, o que representa redução de 77, 3%, em comparação à média das plantas irrigadas. Após a retomada da irrigação, as plantas recuperaram o Ψ_w em um dia, não sendo verificada diferença com os valores das plantas irrigadas. Devido ao fato de essa planta ser típica de ambientes úmidos (SANTOS et al., 2016), a espécie não apresenta características investidoras, no sentido de reduzir seu potencial hídrico quando submetida ao déficit hídrico. Nesta condição, a planta tende a fechar os estômatos para reduzir a perda de água por transpiração.

Quanto a *W. indica* (Gráfico 1C), observaram-se no pre-dawn valores médios de Ψ_w próximos de -0,5 MPa. Quando submetidas a déficit hídrico, a partir do terceiro até o décimo

primeiro dia, houve redução do Ψ_w , registrando valores de -1,2 MPa, o que representa redução de 140% em comparação à média das plantas irrigadas. Após a retomada da irrigação, as plantas restabeleceram os valores do pre-dawn em um dia, não diferindo dos resultados das plantas irrigadas. Tal resultado sugere que a espécie tem a capacidade de realizar ajustamento osmótico, acumulando solutos nos tecidos, com o intuito de reduzir seu potencial hídrico a nível inferior ao do solo e, assim, continuar absorvendo água (STANTON; MICKELBART, 2014).

Estas mesmas plantas daninhas foram estudadas em experimento nas condições de Mossoró-RN por Lima (2015), objetivando avaliar o potencial de competição de quatro espécies de plantas daninhas por água, por meio do conhecimento da ecofisiologia das plantas daninhas submetidas ao déficit hídrico e a reidratação. O autor registrou, após a suspensão da irrigação, redução no Ψ_w pre-dawn de -0,65 para -1,04 MPa em *C. benghalensis*, e -0,34 para -1,29 MPa em *W. indica*; além disso, observou rápida recuperação dos valores de Ψ_w , em um e dois dias, respectivamente.

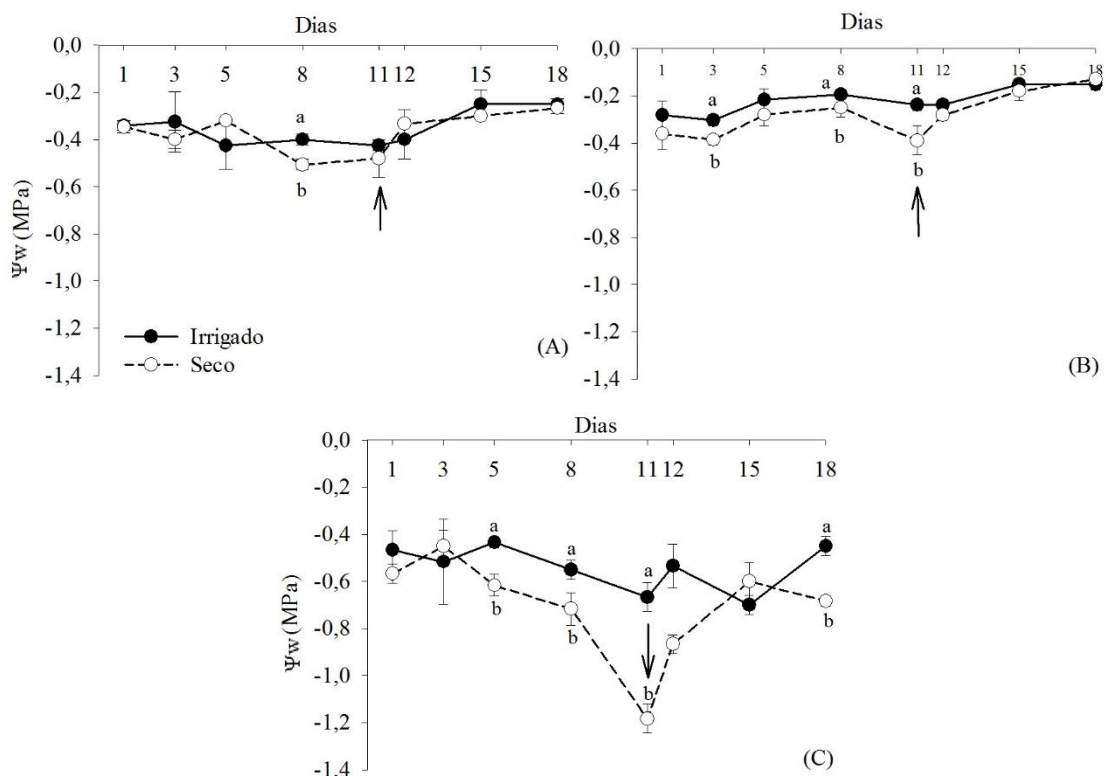


Gráfico 1. Potencial hídrico foliar (Ψ_w) ao pré-amanhecer de feijão-caupi (A), *Commelina benghalensis* (B) e *Waltheria indica* (C), cultivados sem interação, submetidos ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.

3.1.2 Potencial hídrico ao meio-dia

As plantas de feijão-caupi do tratamento Irrigado apresentaram valores médios de Ψ_w ao meio-dia de -0,8 MPa (Gráfico 2A). Com a suspensão da irrigação, observou-se redução dos valores de Ψ_w ao meio-dia, com valores máximos de -1,28 MPa. Esses valores foram mais negativos do que os do Ψ_w no pre-dawn, e estão condizentes com os resultados encontrados para a mesma cultura por outros pesquisadores (SILVA et al., 2010; FREITAS et al., 2017), os quais concordam que os horários com maiores irradiâncias, próximos ao meio-dia, acentua os efeitos do déficit hídrico no solo, levando ao aumento da transpiração e a redução o potencial hídrico na planta.

Após a retomada da irrigação, as plantas de feijão-caupi recuperaram os valores do Ψ_w em um dia, não diferindo do tratamento Irrigado (Gráfico 2A). Os altos valores de Ψ_w encontrados indicam que o feijão-caupi é uma cultura que apresenta estratégia conservadora de tolerância à seca (FREITAS et al., 2017). Isto é possível graças ao comportamento isohídrico da cultura, que consegue manter o potencial hídrico foliar elevado, mesmo sob déficit hídrico severo no solo (JONES, 2007). De acordo com Boyer (1978), os valores aproximados de potencial hídrico letal para as plantas de feijão-caupi é de -2,5 MPa, o que as classifica como tolerante ao déficit hídrico no solo.

Para *C. benghalensis* (Gráfico 2B), em média, foram verificados valores de Ψ_w de -0,83 MPa nas plantas irrigadas. Em relação ao efeito do regime hídrico, a imposição do déficit hídrico reduziu os valores de Ψ_w no décimo primeiro dia, sendo registrado -1,0 MPa, o que representa redução de 20,5%, em comparação à média do tratamento Irrigado. Após o retorno da irrigação, as plantas recuperaram os valores do Ψ_w em um dia, não diferindo das plantas irrigadas.

Em relação à espécie *W. indica* (Gráfico 2C), observaram-se valores médios de Ψ_w próximos de -1,0 MPa nas plantas irrigadas. Analisando o efeito do regime hídrico, a partir do segundo dia, as plantas apresentaram redução até o décimo primeiro dia da suspensão da irrigação, momento em que foram registrados os menores valores, cerca de -1,8 MPa, redução de 80%, se comparada à média das plantas irrigadas. Após a retomada da irrigação, as plantas restabeleceram os valores de Ψ_w em dois dias, não diferindo dos dados nas plantas irrigadas.

Os resultados encontrados indicam que, diferentemente do feijão-caupi e *C. benghalensis*, que mantêm altos valores de Ψ_w , economizando água e energia (cessam sua atividade metabólica) para tolerar o déficit hídrico por mais tempo e se recuperar mais rapidamente após a retomada da irrigação (plantas conservadoras), *W. indica* é uma espécie

com características mais investidoras, capaz de reduzir seu Ψ_w a níveis inferiores ao do solo e manter alto consumo de água por maior período de tempo, o que a torna competitiva importante por este recurso, principalmente quando esse se encontra em condições limitadas no solo. Estas informações estão de acordo com estudo realizado por Lima (2015), ao avaliar a capacidade de competição por água destas mesmas plantas daninhas em condição de déficit hídrico temporário no solo.

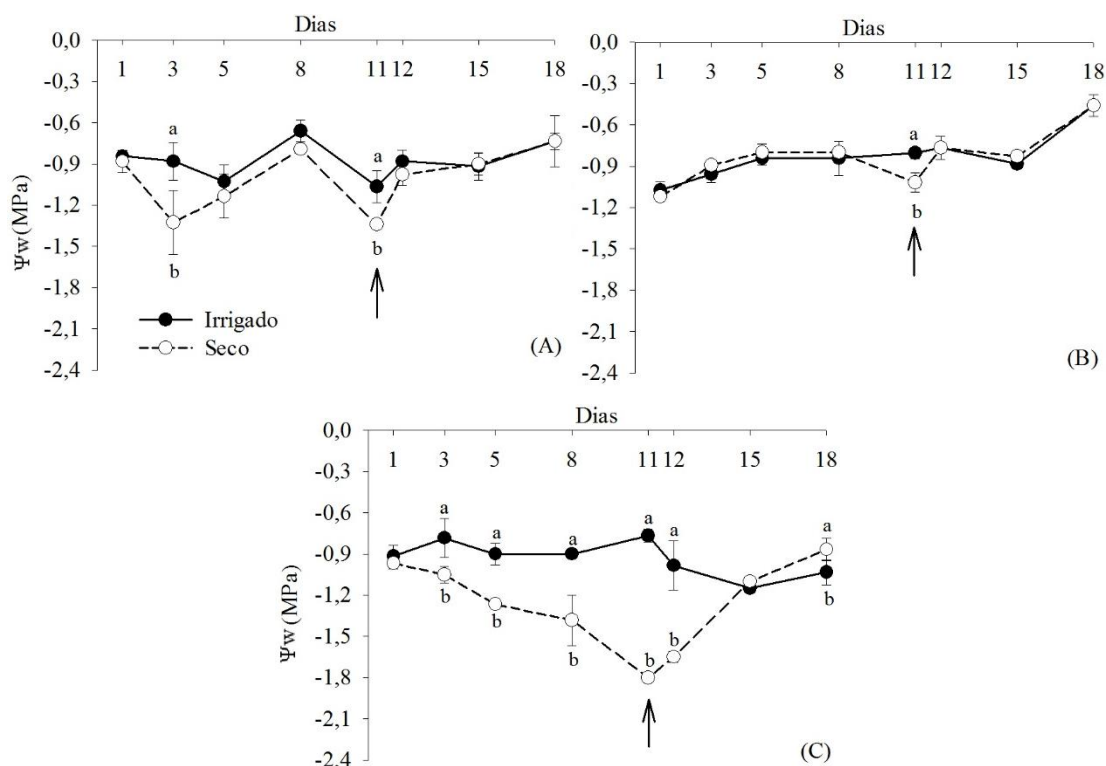


Gráfico 2. Potencial hídrico foliar (Ψ_w) ao meio-dia de feijão-caupi (A) *Commelina benghalensis* (B) e *Waltheria indica* (C), cultivados sem interação, submetidos ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irrigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.

3.1.3 Condutância estomática

Os resultados da condutância estomática (g_s) nas espécies irrigadas e em déficit hídrico são mostrados no Gráfico 3. Nas plantas irrigadas de feijão-caupi (Gráfico 3A), observou-se valores médios de g_s próximos de $0,2 \text{ molH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Quando essas plantas foram submetidas ao déficit hídrico, houve redução, a partir do segundo dia até o décimo primeiro dia, atingindo valores de $0,00075 \text{ molH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, o que equivale à redução de 99%. As plantas apresentaram recuperação da g_s três dias após a retomada da irrigação. Após esse período, houve aumento dos valores da g_s nas plantas de feijão-caupi em comparação ao

tratamento Irrigado, o que pode ser explicado possivelmente pela retomada da atividade fotossintética, após um período de repouso fisiológico nas plantas que foram submetidas a déficit hídrico e a reidratação. De acordo com Lima et al. (2016), a perda da condutância estomática pode estar relacionada ao aumento do déficit de pressão de vapor da folha, à diminuição do potencial hídrico foliar e ao efeito da irradiância.

A redução nos valores de condutância estomática também foram observados por Silva et al. (2010), que constatarem valores de condutância estomática próximos a zero ao longo de todo o dia nas plantas de feijão-caupi irrigadas com 25% da água evapotranspirada. Paiva et al. (2005) também observaram redução na condutância estomática em plantas de *Phaseolus vulgaris*, submetidas ao menor regime hídrico no solo. Nascimento et al. (2011) registraram valores médios de condutância estomática de $0,06 \text{ molH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ em vinte genótipos de feijão-caupi irrigados com 25% da capacidade de campo.

Quanto à espécie *C. benghalensis* (Gráfico 3B), as plantas irrigadas apresentaram valores médios de gs de $0,13 \text{ molH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Após submetidas ao déficit hídrico, a partir do segundo dia, foi verificada redução da gs , a qual se manteve até o décimo primeiro dia, sendo registrado valor de $0,0014 \text{ molH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (redução de 98,9%). Após a retomada da irrigação, as plantas precisaram de dois dias para que os valores da gs se igualassem aos das plantas irrigadas. Após isso, observou-se tendência de redução dos valores de gs nas plantas reidratadas, indicando que a espécie apresentou possivelmente um mecanismo de memória ao déficit (*stress imprint*), mantendo a condutância baixa, com o intuito de recuperar o potencial hídrico mais rapidamente (BRUCE et al., 2007).

Em relação a *W. indica* (Gráfico 3C), para as plantas irrigadas, verificaram-se valores médios de $0,37 \text{ molH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para gs . Quanto ao efeito do regime hídrico, a imposição do déficit hídrico reduziu a gs a partir do segundo dia até o décimo primeiro dia, com valores de $0,03 \text{ molH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, o que representa diminuição de 92%. A recuperação da gs dessas plantas ocorreram aos quatro dias após a retomada da irrigação.

Em condições de déficit hídrico no solo, os estômatos se fecham para reduzir a perda de água por transpiração. A redução da condutância estomática induz a menor transpiração e, por consequência, menor perda de água, resultando em maior tolerância das plantas ao déficit hídrico (DUTRA et al., 2015). Esse mecanismo apresenta-se como importante estratégia de defesa, principalmente em regiões semiáridas, onde ocorrem longos períodos sem chuvas (veranicos) associados a temperaturas elevadas, o que torna a cultura do caupi uma das preferidas para cultivo nessas regiões (FREITAS et al., 2017).

Comparando os resultados encontrados com os achados na literatura, Lima (2015) verificou valores de 0,0084 e 0,0334 molH₂O m⁻² s⁻¹ para *C. benghalensis* e *W. indica*, respectivamente, sob condições de déficit hídrico severo no solo. O autor constatou, nesta mesma ordem, recuperação dos valores de *gs* das espécies em dois e quatro dias após a retomada da irrigação.

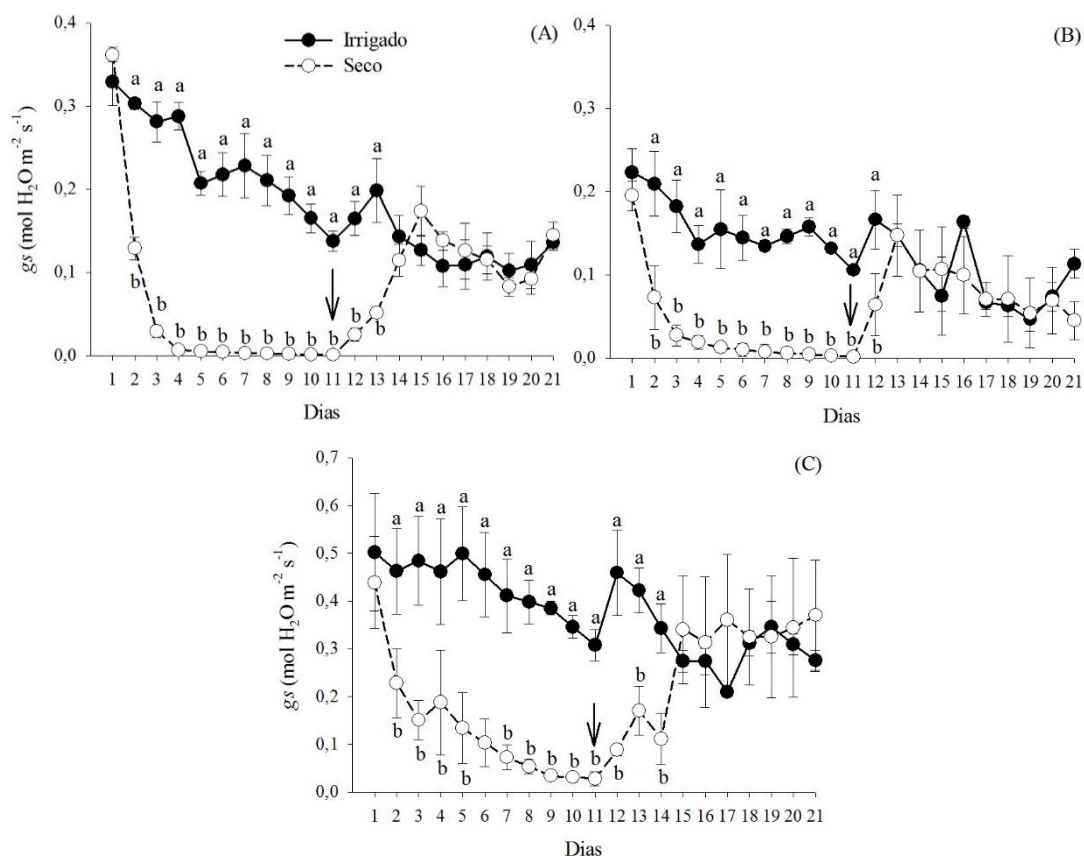


Gráfico 3. Condutância estomática (*gs*) de feijão-caupi em (A) *Commelina benghalensis* (B) e *Waltheria indica* (C), cultivados sem interação, submetidos ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.

3.1.4 Transpiração

O comportamento dos resultados da transpiração (*E*) no feijão-caupi e nas plantas daninhas foram semelhantes aos da *gs*, conforme pode ser visto no Gráfico 4. Para as plantas de feijão-caupi do tratamento Irigado, observaram-se, em média, valores de *E* de 4,94 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ (Gráfico 4A). A suspensão da irrigação reduziu a *E* das plantas de feijão-caupi a partir do segundo dia e manteve-se até o décimo primeiro dia, onde foram registrados os

valores de $0,037 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, redução de 99%. Depois de reidratadas, as plantas recuperaram os valores de E em dois dias.

Resultados semelhantes foram descritos, para a mesma cultura, por Silva et al. (2010). Os autores verificaram nas plantas irrigadas com 25% da água perdida por evapotranspiração reduções nos valores de E inferiores a $1,03 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Fernandes et al. (2015) também verificaram reduções na E do feijão-caupi submetido à condição de dez dias de veranico. Dutra et al. (2015), por outro lado, encontraram valores de E superiores aos mencionados para o feijão-caupi, em plantas irrigadas com lâminas de 40% da evapotranspiração.

Analisando o efeito sobre a espécie *C. benghalensis* (Gráfico 4B), verificou-se que as plantas irrigadas apresentaram valores médios de E de $4,1 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Quando submetidas ao déficit hídrico, a partir do segundo dia, houve redução da E , sendo os menores valores encontrados no décimo primeiro dia, que teve $0,07 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, o que representa redução de 98%. Após a retomada da irrigação, as plantas recuperaram os valores de E em um dia, atingindo valores semelhantes aos das plantas do tratamento Irrigado.

A E nas plantas de *W. indica* é representada no Gráfico 4C. Nas plantas irrigadas, registraram-se valores médios de $7,0 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Após a suspensão da irrigação, as plantas apresentaram redução da E a partir do segundo dia. Essa redução se manteve até o décimo primeiro dia, com valores de $1,2 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, o que representa decréscimo de 82%. A recuperação dos valores de E nas plantas ocorreu aos dois dias após a retomada da irrigação, com valores semelhantes aos das plantas do tratamento Irrigado.

Tais resultados indicam que o feijão-caupi e *C. benghalensis* toleraram o déficit hídrico no solo devido, principalmente ao eficiente controle da abertura estomática (Gráfico 3), que permitiu minimizar a transpiração e manter altos valores de potencial hídrico nos seus tecidos (Gráfico 2). Isto ocorreu possivelmente em resposta à sinalização desencadeada pelo ácido abscísico (HONG-BO; LI-YE; MING-AN, 2008). Ao passo que *W. indica* optou por manter a atividade transpiratória, gerando um gradiente de potencial hídrico mais negativo que o do solo (ver Gráfico 1), que favoreceu a manutenção da absorção de água pelas plantas (LARCHER, 2006).

Lima (2015), estudando as mesmas plantas daninhas, verificou redução da E a partir do terceiro dia da imposição do déficit hídrico em *C. benghalensis* e *W. indica*, atingindo os menores valores de $0,151$ e $0,588 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente.

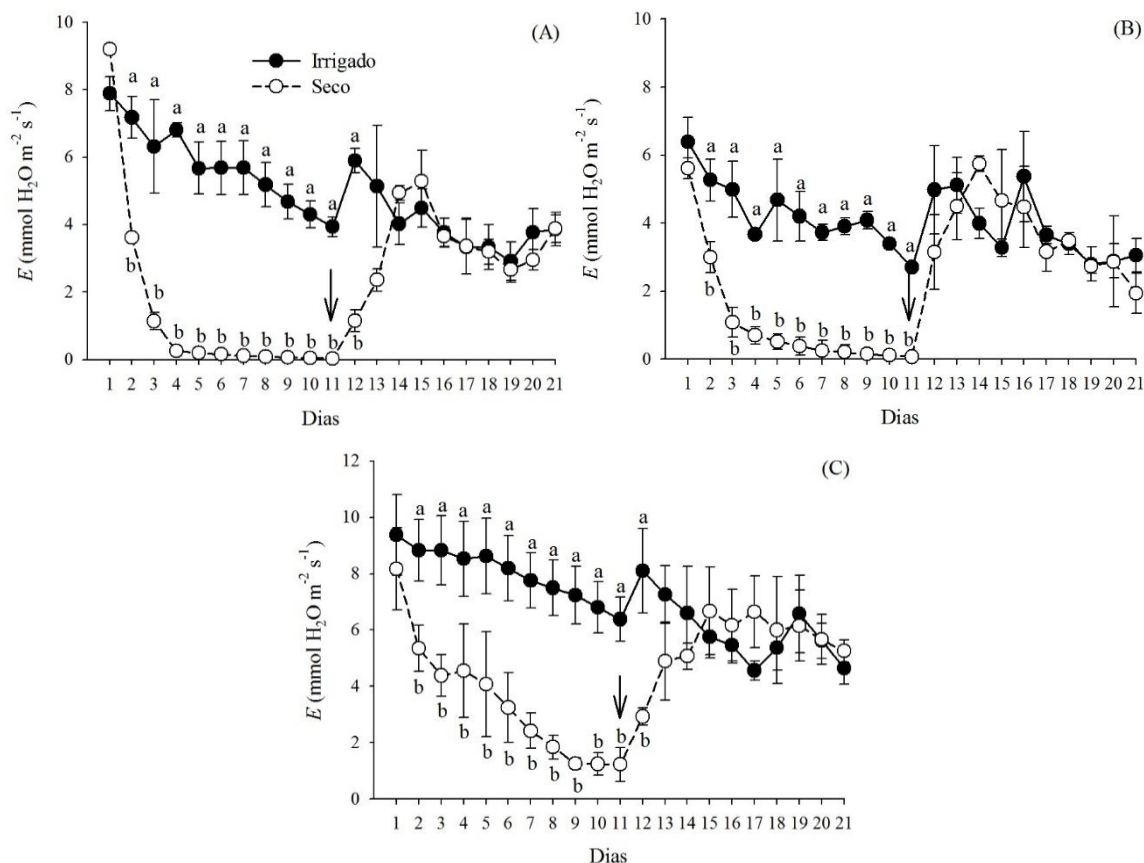


Gráfico 4. Transpiração (E) de feijão-caupi (A) *Commelina benghalensis* (B) e *Waltheria indica* (C), cultivados sem interação, submetidos ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.

3.1.5 Fotossíntese

A atividade fotossintética do feijão-caupi e das plantas daninhas teve comportamento semelhante à observada para g_s e E . Esse resultado denota que a redução da taxa fotossintética líquida (A) parece estar relacionada a fatores estomáticos. Apesar da disponibilidade de água no solo, as espécies que não foram impostas ao déficit hídrico apresentaram redução na A, fato semelhante ao observado, para o caupi, por outros pesquisadores (DUTRA et al., 2015; FREITAS et al., 2017), os quais consideram que após o fim da maturidade fisiológica, que é a fase onde ocorre a maior produção de fotoassimilados, a capacidade fotossintética da cultura é reduzida. Observaram-se, para as plantas irrigadas do feijão-caupi, valores médios da A de $11,4 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Gráfico 5A), resultado semelhante ao reportado por Silva et al. (2010), que observaram, às 08h00min, valores próximos de $13,0 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Quanto às plantas que estavam na condição de déficit hídrico, verificaram-se reduções da A a partir do segundo dia da suspensão da irrigação,

atingindo menores valores aos nove dias, com $0,04 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, o que representa paralisação da fotossíntese. Com a retomada da irrigação, as plantas recuperaram a *A* em três dias, não apresentando diferença dos valores das plantas irrigadas.

Reduções na taxa fotossintética líquida de plantas de feijão-caupi em resposta ao déficit hídrico no solo também foram observadas por outros pesquisadores (SILVA et al., 2010; DUTRA et al., 2015; FERNANDES et al., 2015; FREITAS et al., 2017).

Em relação a *A* da espécie *C. benghalensis* (Gráfico 5B), as plantas irrigadas apresentaram valores médios de $9,6 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Após a imposição do déficit hídrico, verificaram-se, aos nove dias, os menores valores ($0,27 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), redução de 98%, em comparação à médias das plantas irrigadas. Com a retomada da irrigação, as plantas recuperaram os valores da *A* em um dia, não diferindo dos obtidos pelas plantas irrigadas.

Quanto a *W. indica* (Gráfico 5C), para as plantas irrigadas, foram verificados valores médios de *A* de $16,4 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Com a suspensão da irrigação, a partir do primeiro dia, ocorreu redução da *A* até o décimo primeiro dia, com valores de $1,2 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, o que representa decréscimo de 82%. A recuperação da *A* nas plantas ocorreu aos quatro dias após a retomada da irrigação, momento em que os valores não diferiram das plantas irrigadas.

No estudo realizado por Lima (2015) foram encontradas reduções de 78% no quinto dia da suspensão da irrigação em *C. benghalensis*, e de 77% no sexto dia após a suspensão da irrigação em *W. indica*.

Na condição de déficit hídrico, as plantas tendem a fechar os estômatos, a fim de diminuir a perda de água e manter o *status* hídrico, ao mesmo tempo que limita a disponibilidade de CO_2 na cavidade subestomática das folhas, o que acarreta em diminuição da fotossíntese (GONÇALVES et al., 2009; SILVA et al., 2010; BERTOLLI; SOUZA; SOUZA, 2015). A redução da fotossíntese pode ter ocorrido, ainda, devido à redução no transporte de elétrons e diminuição na síntese de ATP e NADPH em resposta ao estresse hídrico (FLEXAS et al., 2006).

As respostas observadas na taxa fotossintética líquida indicam que o feijão-caupi e *C. benghalensis* apresentam controle estomático sensível à baixa disponibilidade de água no solo, ao passo que a espécie *W. indica* é mais tolerante, conseguindo manter a atividade fotossintética por maior período de tempo.

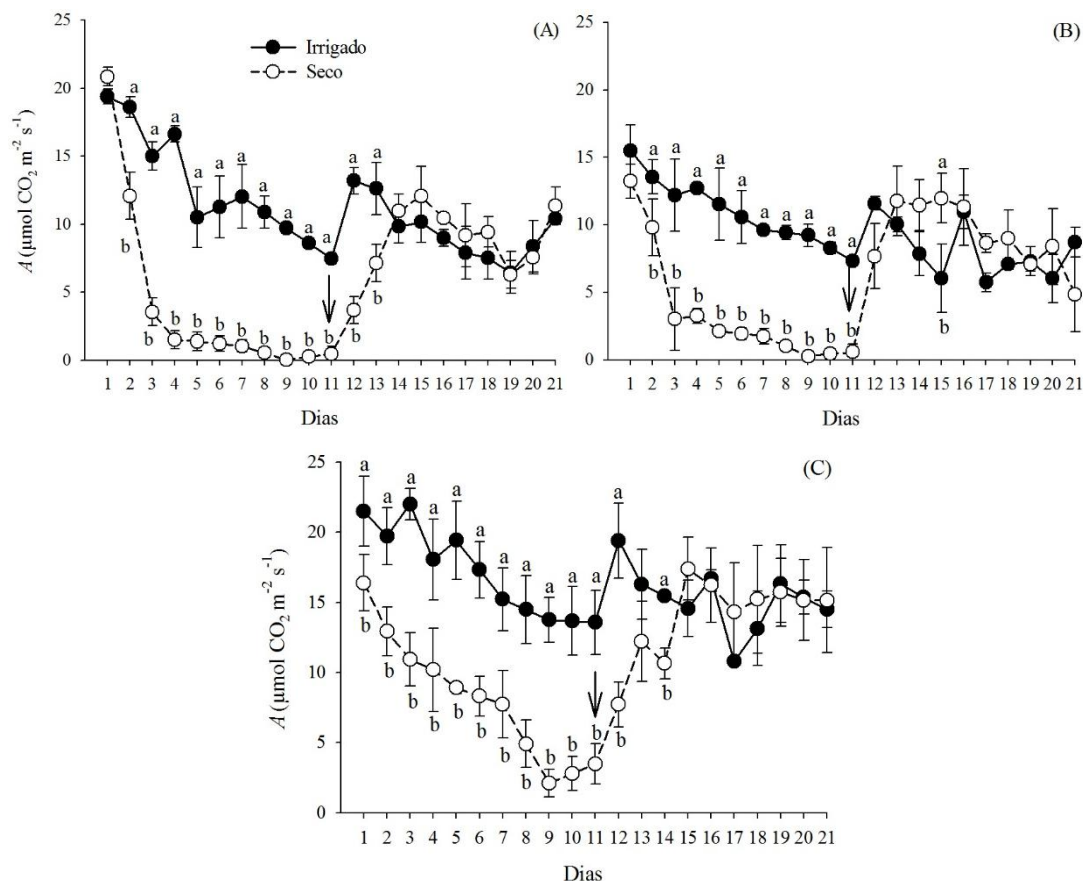


Gráfico 5. Taxa fotossintética líquida (A) de feijão-caupi (A) *Commelina benghalensis* (B) e *Waltheria indica* (C), cultivados sem interação, submetidos ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.

3.2 Características fisiológicas das plantas Irrigadas e em Déficit Hídrico, com Interação

3.2.1 Potencial hídrico ao pré-amanhecer

Paras as plantas de feijão-caupi no tratamento Irrigado, registrou-se pequena variação no Ψ_w no pre-dawn quando em interação com as plantas daninhas *C. benghalensis* (Gráfico 6B) e *W. indica* (Gráfico 6C), sendo os valores médios semelhantes às plantas sem interação (Gráfico 6A), com -0,3 MPa. Quando submetidas ao déficit hídrico, o feijão-caupi em interação com *W. indica* (Gráfico 6C) apresentou redução do Ψ_w no pre-dawn, atingindo -0,6 MPa. Depois da retomada da irrigação, as plantas recuperaram os valores de Ψ_w em quatro dias, quando não foram verificadas diferenças com o tratamento Irrigado. Provavelmente a interação com *W. indica* fez com que o solo secasse mais rápido, intensificando os efeitos do déficit hídrico e, com isso, levando à recuperação mais lenta das plantas quando reidratadas. Não foi observado efeito do déficit hídrico no Ψ_w das plantas que estavam em interação com

C. benghalensis, o que demonstra que essa planta daninha não apresenta grande capacidade de competição por água com a cultura, mesmo quando esse recurso está em condições de baixa disponibilidade no solo.

Resultados semelhantes foram descritos por Aspiazú et al. (2010), ao avaliar características fisiológicas de plantas de mandioca sob competição com plantas daninhas. Os autores observaram que *C. benghalensis* não é boa competidora por água, pois aparentemente não foi a causadora primária do esgotamento da água no solo.

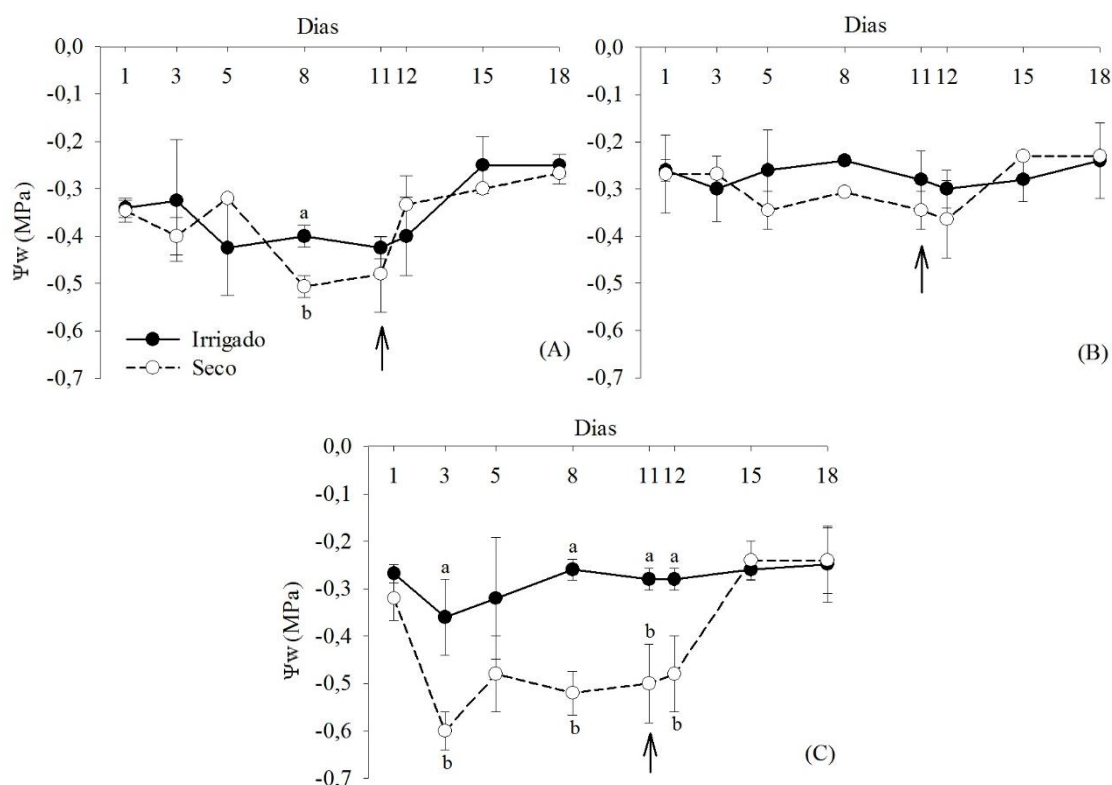


Gráfico 6. Potencial hídrico foliar (Ψ_w) ao pré-amanhecer de feijão-caupi em monocultivo (A) e em interação com *Commelina benghalensis* (B) e *Waltheria indica* (C), submetido ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.

Avaliando o efeito da interação nas plantas daninhas, para *C. benghalensis* (Gráfico 7B), constataram-se, nas plantas do tratamento Irigado, valores médios de -0,24 MPa. Em relação ao efeito do regime hídrico, não foi verificado efeito da suspensão da irrigação sobre o Ψ_w das plantas, com valores variando de -0,14 MPa a -0,38 MPa. Quanto a *W. indica* (Gráfico 7D), sob interação da cultura, as plantas do tratamento Irigado apresentaram valores médios de Ψ_w próximos de -0,5 MPa. Com a suspensão da irrigação, essas plantas

apresentaram redução do Ψ_w , a partir do segundo dia, alcançando os menores valores ao oitavo dia, com -1,2 MPa, redução de 140%, em relação à média do tratamento Irrigado. Após a retomada da irrigação, as plantas restabeleceram os valores do Ψ_w em um dia, não diferindo dos resultados das plantas irrigadas. Este comportamento foi semelhante ao encontrado nas plantas livre de interferência (Gráfico 7 A e B), o que demonstra que o convívio com a cultura não intensificou os efeitos do déficit hídrico e, conseqüentemente, dos seus problemas ocasionados para as plantas daninhas.

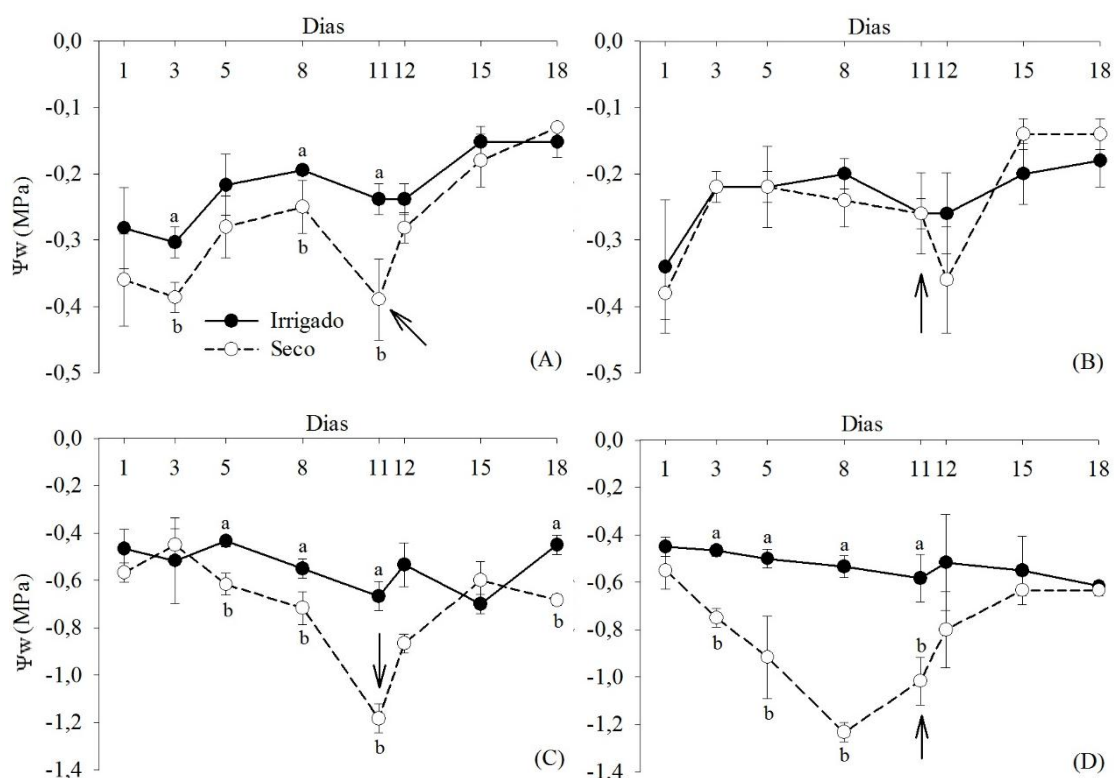


Gráfico 7. Potencial hídrico foliar (Ψ_w) ao pré-amanhecer de *Commelina benghalensis* (A; B) e *Waltheria indica* (C; D) em monocultivo (A; C) e em interação (B; D) com feijão-caupi, submetidas ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.

3.2.2 Potencial hídrico ao meio-dia

No que se refere ao efeito no feijão-caupi, nas plantas irrigadas, a interação com as plantas daninhas resultou em pequena oscilação nos valores de Ψ_w ao meio-dia. Os valores variaram de -0,57 MPa a -1,19 MPa quando em interação com *C. benghalensis* (Gráfico 8B), e de -0,63 MPa a -1,13 sob interação de *W. indica* (Gráfico 8C). A suspensão da irrigação reduziu os valores de Ψ_w nas plantas de feijão-caupi em todas as situações de competição,

sendo observado os valores máximos de -1,28 MPa (no terceiro dia) para as plantas em interação com *C. benghalensis*, e de -1,30 MPa (no décimo primeiro dia) na situação de competição com *W. indica*. Estes valores são semelhantes ao encontrado para as plantas sem interação (Gráfico 8A). No oitavo dia da suspensão da irrigação, foi verificada ligeira recuperação dos valores de Ψ_w em todas as situações de competição, em relação à avaliação anterior. Uma explicação para esse comportamento pode estar relacionada a alterações no crescimento, como a redução da área foliar causada pela queda de folhas, como forma de minimizar a perda de água, resultado observado no presente estudo. Após a retomada da irrigação, as plantas recuperaram os valores do Ψ_w em um dia, não diferindo do tratamento Irrigado.

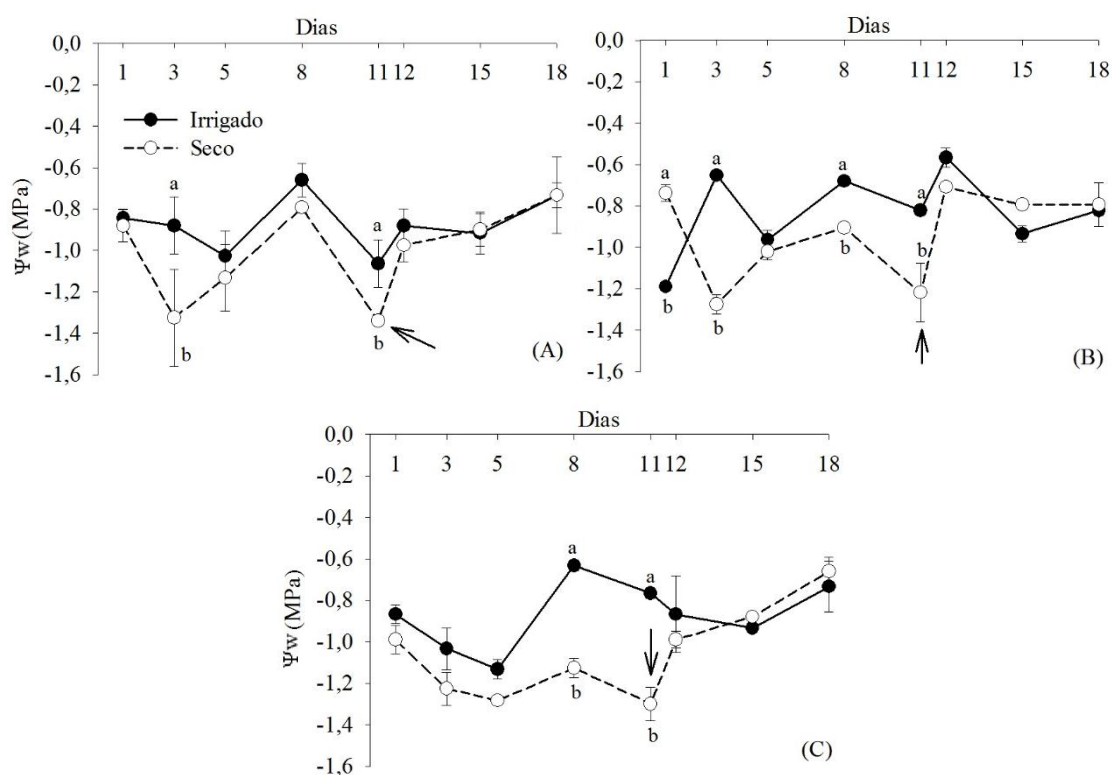


Gráfico 8. Potencial hídrico foliar (Ψ_w) ao meio-dia de feijão-caupi em monocultivo (A) e em interação com *Commelina benghalensis* (B) e *Waltheria indica* (C), submetido ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.

Em relação ao Ψ_w das plantas daninhas, para *C. benghalensis* (Gráfico 9B), a interferência do feijão-caupi resultou, nas plantas irrigadas, em variação nos valores de -0,47 a -0,97 MPa. Quanto ao efeito do regime hídrico, a imposição do déficit hídrico não teve efeito sobre o Ψ_w dessas plantas. Em relação a *W. indica* (Gráfico 9D), as plantas irrigadas

que cresceram convivendo com o feijão-caupi apresentaram, semelhantemente às plantas cultivadas sem interação (Gráfico 9C), valores médios de -1,0 MPa. Quando submetidas ao déficit hídrico, a partir do segundo dia, as plantas apresentaram redução até o décimo primeiro dia da suspensão da irrigação, momento em que foram registrados os menores valores, com -2,1 MPa, o que equivale a redução de 110% em comparação à média das plantas irrigadas. Este valor foi mais negativo que o encontrado para as plantas sem interação (Gráfico 9C), indicando que a espécie apresenta alta capacidade de extração deste recurso, mesmo sob situação de competição.

Na medida em que o solo seca, torna-se mais difícil para as plantas absorverem água, devido ao aumento da força de retenção e diminuição da disponibilidade de água no solo (SANTOS; CARLESSO, 1998). Em geral, plantas que conseguem reduzir os seus potenciais hídricos foliares abaixo de -2,0 MPa são consideradas relativamente tolerantes à seca, sendo capazes de manter a atividade fotossintética por um maior período de tempo (TAIZ; ZEIGER, 2013).

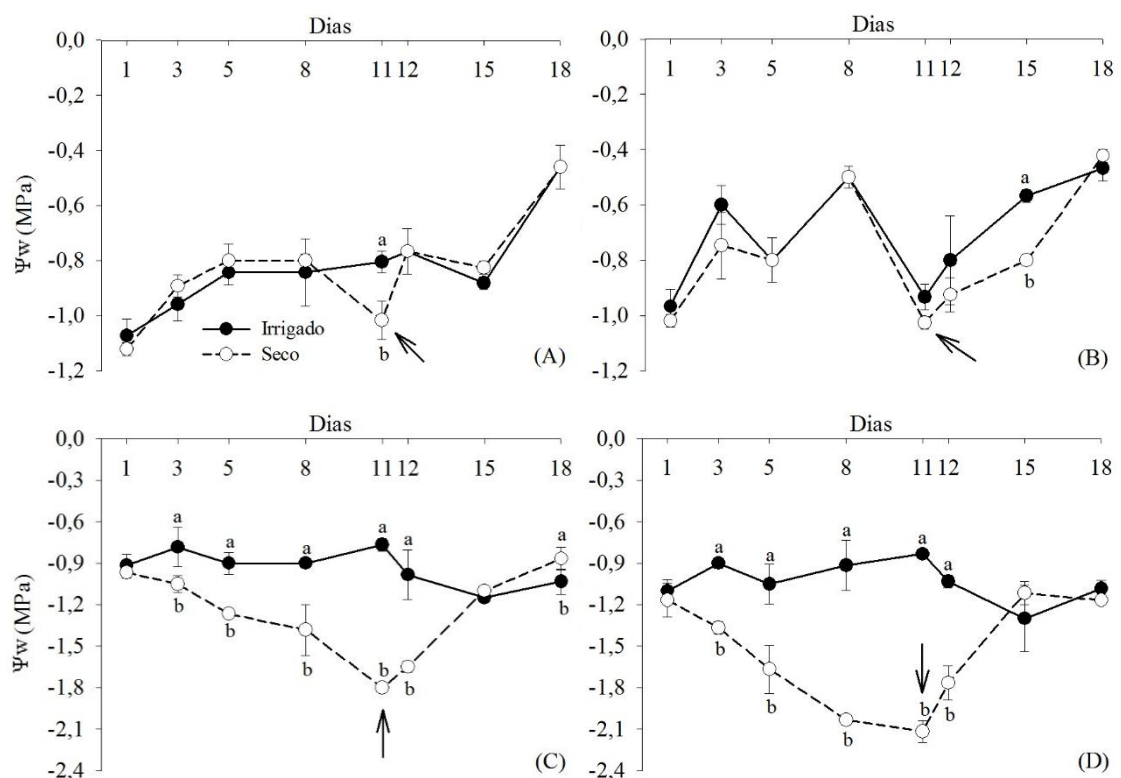


Gráfico 9. Potencial hídrico foliar (Ψ_w) ao meio-dia de *Commelina benghalensis* (A; B) e *Waltheria indica* (C; D), em monocultivo (A; C) e em interação com feijão-caupi (B; D), submetidas ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.

3.2.3 Trocas gasosas

Nos Gráficos 10, 11 e 12, são mostrados os resultados de trocas gasosas (condutância estomática, transpiração e fotossíntese) de feijão-caupi em situação de competição, sob dois regimes hídricos (Irigado e Déficit Hídrico). Para as plantas irrigadas, na situação de competição com *C. benghalensis* (Gráfico 10; 11 e 12B) e *W. indica* (Gráfico 10; 11 e 12C), verificaram-se, nesta ordem, os valores médios de 0,14 e 0,17 molH₂O m⁻² s⁻¹ para *g_s*; 4,1 e 4,6 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ para *E*; 12,3 e 13,2 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ para *A*.

Avaliando o efeito do regime hídrico no feijão-caupi, a imposição do déficit hídrico reduziu, a partir do segundo dia até o décimo primeiro dia, os valores da *g_s* e *E* nas plantas em situação de competição, principalmente quando em interação com *W. indica* (Gráfico 10 e 11C), atingindo os valores 0,0015 molH₂O m⁻² s⁻¹ e 0,076 mmol H₂O m⁻² s⁻¹, o que representa redução de 99 e 98%, respectiva e comparativamente às plantas do tratamento Irrigado. Quanto ao efeito em *A* (Gráfico 12), observaram-se reduções, a partir do segundo dia da suspensão da irrigação, em todas as situações de competição. As plantas que estavam em interação com *W. indica* (Gráfico 12C) apresentaram redução mais acentuada da *A*, atingindo os menores valores aos nove dias, com 0,04 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, o que representa redução de quase 100% da *A*, em comparação à média das plantas irrigadas.

Com a retomada da irrigação, as plantas de feijão-caupi, nos diferentes arranjos de interação, apresentaram recuperação de todas as variáveis fisiológicas. Para *g_s* (Gráfico 10) e *E* (Gráfico 11), independentemente da espécie em interação, essa recuperação ocorreu aos três dias após a retomada da irrigação. Para a *A*, as plantas em situação de competição com *C. benghalensis* (Gráfico 12B) precisaram de dois dias para recuperação, ao passo que sob interação de *W. indica* (Gráfico 12C) foram necessários três dias após a retomada da irrigação para que os valores das plantas submetidas ao déficit hídrico se igulassem aos das irrigadas, indicando, assim, que *W. indica* é uma espécie com maior capacidade de competição por água, principalmente quando em situações críticas de déficit hídrico.

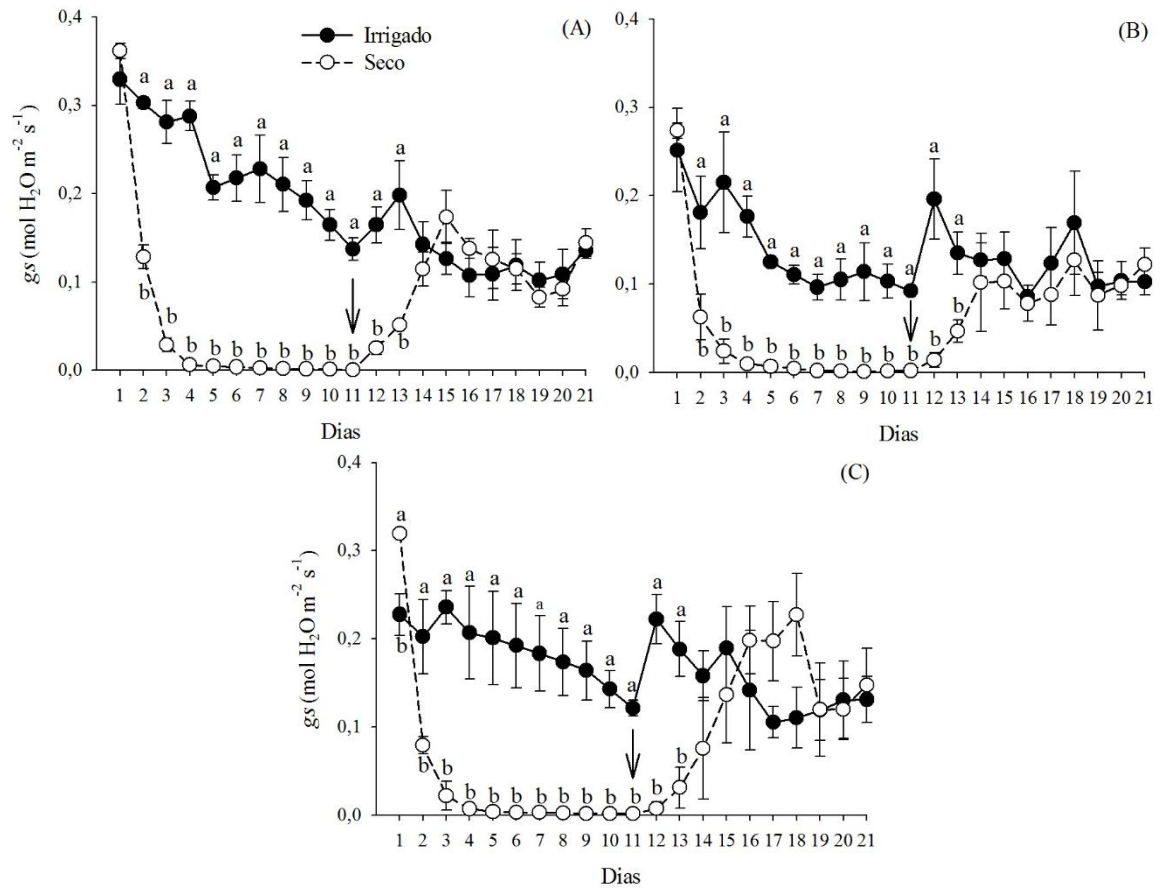


Gráfico 10. Condutância estomática (g_s) de feijão-caupi em monocultivo (A) e em interação com *Commelina benghalensis* (B) e *Waltheria indica* (C), submetido ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.

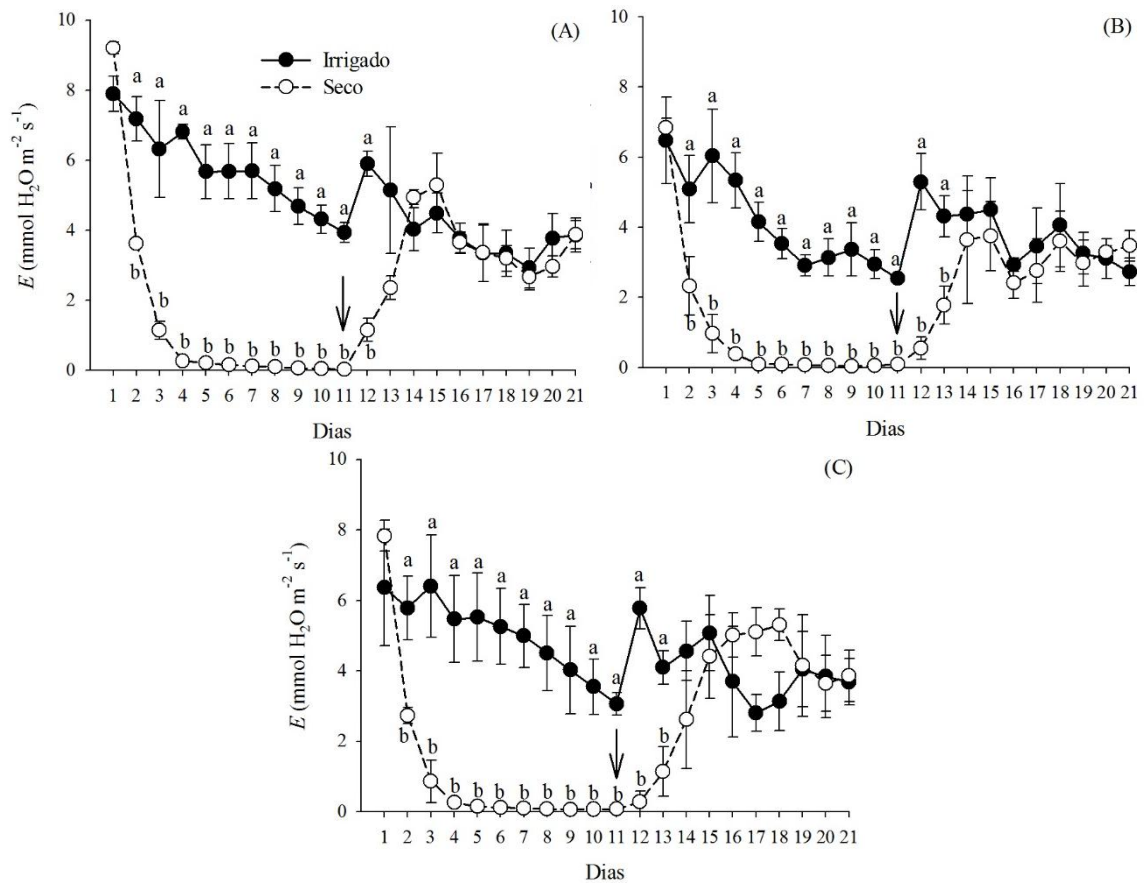


Gráfico 11. Transpiração (E) de feijão-caupi em monocultivo (A) e em interação com *Commelina benghalensis* (B) e *Waltheria indica* (C), submetido ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.

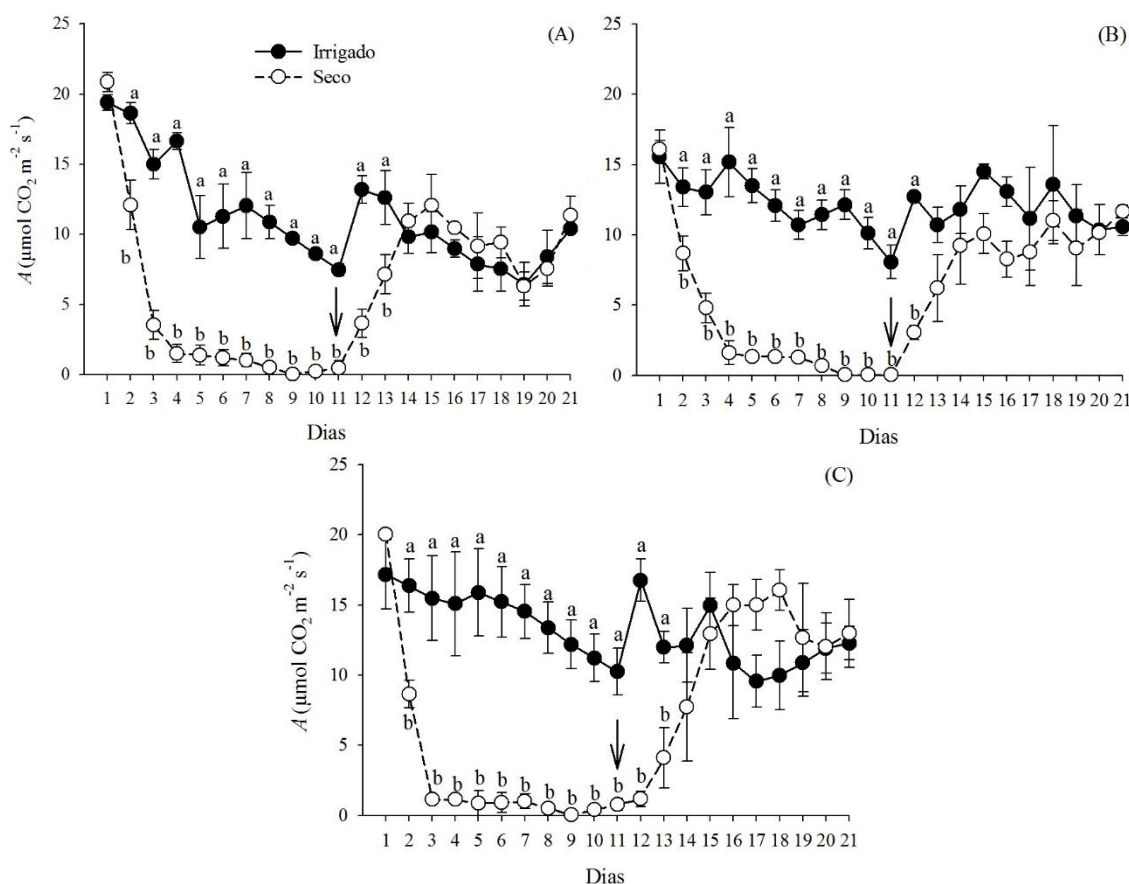


Gráfico 12. Taxa fotossintética líquida (A) de feijão-caupi em monocultivo (A) e em interação com *Commelina benghalensis* (B) e *Waltheria indica* (C), submetido ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.

As trocas gasosas das plantas daninhas em condições irrigadas e em déficit hídrico, sob situação de competição com o feijão-caupi, estão representadas nos Gráficos 13 e 14. Para as plantas irrigadas de *C. benghalensis*, verificaram-se valores médios de $0,12 \text{ molH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para g_s , $3,9 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para E , e $9,6 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para A (Gráfico 13). Em relação ao efeito do regime hídrico, a imposição do déficit hídrico reduziu, a partir do segundo dia, g_s , E e A . Para a g_s (Gráfico 13B), a redução ocorreu em quase sua totalidade no décimo dia, com valores $0,001 \text{ molH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; para E (Gráfico 13D) e A (Gráfico 13F) observou-se que as maiores reduções (de 99%) ocorreram um dia antes, aos nove dias após a suspensão da irrigação, ao passo que nas plantas sem interação (Gráfico 13 A; C; E) as maiores reduções foram no décimo primeiro dia, indicando, assim, que a competição antecipou os efeitos do déficit hídrico no solo. Após a retomada da irrigação, as plantas recuperaram todas as variáveis fisiológicas em dois dias. Após esse período, houve aumento dos valores das plantas sob condição de déficit hídrico e reidratadas em relação às plantas irrigadas, o que pode estar relacionado a um fator compensatório à redução de fotoassimilados

que ocorreu na planta no período de estresse. Em geral, plantas herbáceas toleram o déficit hídrico por meio da dessecação da parte aérea e da redução das trocas gasosas, tornando sua transpiração mínima ou ausente (SACK; FROLE, 2006).

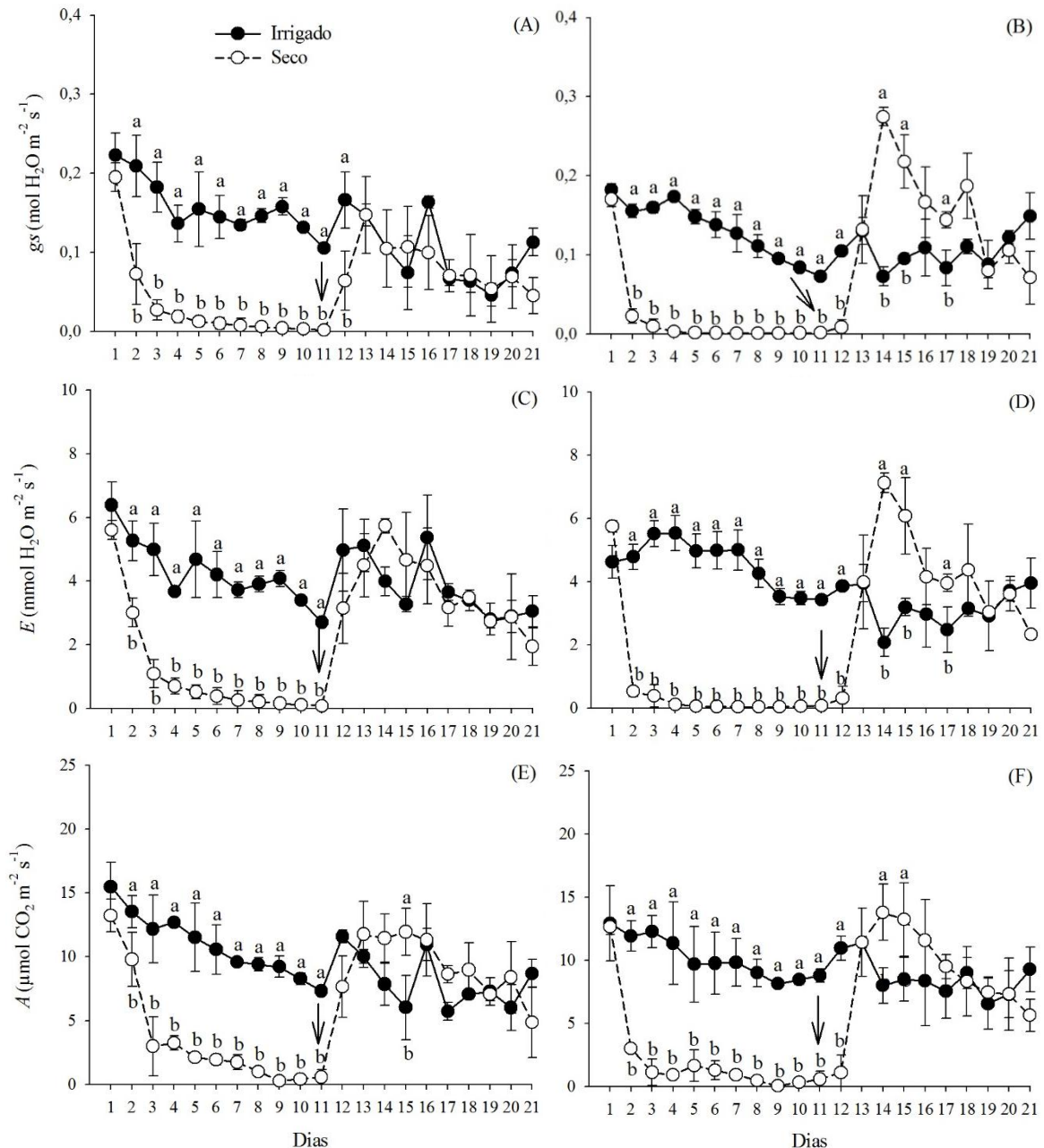


Gráfico 13. Condutância estomática (g_s), transpiração (E) e taxa fotossintética líquida (A) de *Commelina benghalensis* em monocultivo (A; C; E) e em interação (B; D; F) com feijão-caupi, submetida ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.

Com relação ao efeito na espécie *W. indica* (Gráfico 14), sob interação do feijão-caupi, foram verificados nas plantas irrigadas valores médios de $0,30 \text{ molH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para *gs*, $6,3 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para *E*, e $13,2 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para *A*. A imposição do déficit hídrico reduziu todas as variáveis a partir do segundo dia, exceto para *A*, que teve redução iniciada aos três dias após a suspensão da irrigação (Gráfico 14F). Para *gs* (Gráfico 14B) e *E* (Gráfico 14D), foram constatadas reduções até os onze dias, registrando valores de $0,01 \text{ molH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $0,4 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, decréscimos de 96 e 93%, respectivamente, em relação às plantas irrigadas. Quanto a *A* (Gráfico 14F), aos nove dias da suspensão da irrigação, as plantas apresentaram os menores valores, com $0,04 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (redução de quase 100%). A recuperação de todas as variáveis se deu aos três dias após a retomada da irrigação.

Segundo Procópio et al. (2004), o volume explorado pelo sistema de raízes, a eficiência no uso da água e a capacidade de extração da água do solo determinam a capacidade competitiva de uma planta por esse recurso. Quando há competição pelos recursos como água, a eficiência no controle da abertura estomática pode representar vantagem competitiva para determinadas espécies (CUNHA et al., 2012). Esta informação está de acordo com o encontrado por Concenço et al. (2007), que, avaliando a eficiência de uso da água em biótipos de azevém, observaram que o biótipo resistente foi mais eficiente do que o suscetível quanto ao uso da água, devido principalmente ao menor tempo de abertura estomática.

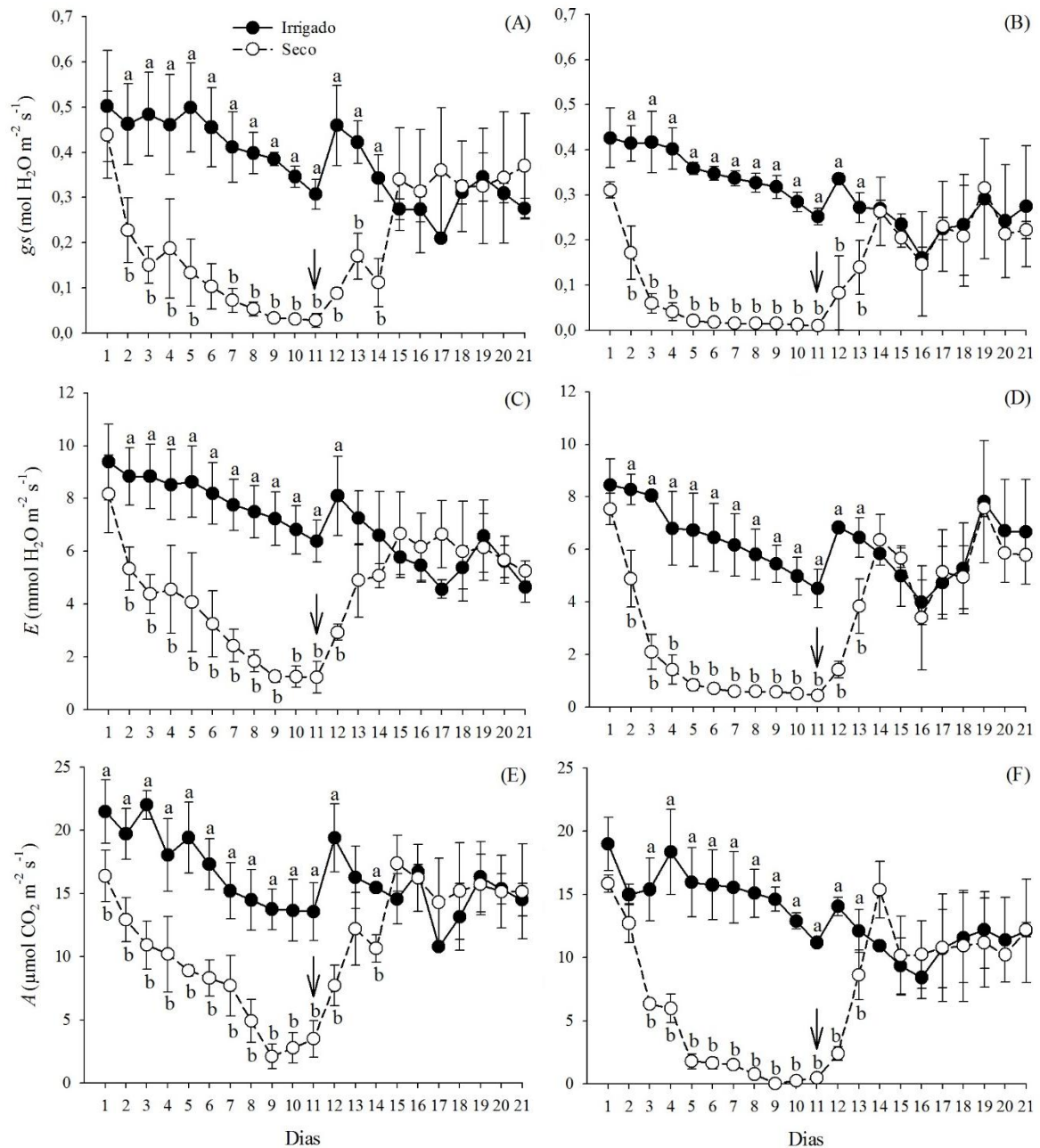


Gráfico 14. Condutância estomática (g_s), transpiração (E) e taxa fotossintética líquida (A) de *Waltheria indica* em monocultivo (A; C; E) e em interação (B; D; F) com feijão-caupi, submetida ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). As setas indicam o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam intervalo de confiança da média a 95%. Mossoró/RN, 2017.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O déficit hídrico reduziu o potencial hídrico e as trocas gasosas das espécies, cultivadas isoladamente ou em interação.

O feijão-caupi e *C. benghalensis* toleraram o déficit hídrico no solo, por meio do rígido controle da abertura estomática, sendo espécies mais conservadoras.

A competição entre plantas antecipou os efeitos negativos do déficit hídrico no solo.

Waltheria indica apresentou maior capacidade de competição por água, tendo atrasado a recuperação de feijão-caupi.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, G. G. L. Os impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos e a produção animal em regiões semiáridas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, n. 4, p. 598-609, 2015. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/1474/757>>. Acesso em: 02 dez. 2016.
- ASPIAZÚ, I. et al. Water use efficiency of cassava plants under competition conditions. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 699-703, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v28n4/v28n4a01.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2016.
- BERTOLLI, S. C.; SOUZA, J.; SOUZA, G. M. Caracterização fotossintética da espécie isohídrica pata-de-elefante em condições de deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 196-205, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/caatinga/article/view/3820/pdf_291>. Acesso em: 02 dez. 2016.
- BOYER, J. S. Water deficits and photosynthesis. In: KOZLOWSKI, T. T. (org.). **Water deficits and plant growth**. New York: Academic Press, 1978. p. 154-191.
- BRUCE T. J. A. et al. Stressful “memories” of plants: Evidence and possible mechanisms. **Plant Science**, Philadelphia, v. 173, p. 603–608, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945207002476>>. Acesso em: 02 dez. 2016.
- CONCENÇO, G. et al. Uso da água em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) em condição de competição. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 449-455, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v25n3/03.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2016.
- COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n. 2, p. 229-234, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v37n2/v37n2a08.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2016.
- CRAINE, J. M.; DYBZINSKI, R. Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. **Functional Ecology**, London, v. 27, p. 833–840, 2013. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2435.12081/epdf>>. Acesso em: 02 dez. 2016.
- CUNHA, V. C. et al. Anatomia foliar comparativa em espécies de guanxuma. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 341-349, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v31n2/11.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2016.
- DODD, I. C. et al. The importance of soil drying and re-wetting in crop phytohormonal and nutritional responses to deficit irrigation. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 66, n. 8, p. 2239-2252, 2015. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jxb/article/66/8/2239/497055/The-importance-of-soil-drying-and-re-wetting-in>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

DUTRA, A. F. et al. Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, Recife, v. 10, n. 2, p. 189-197, 2015. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v10i2a3912&path%5B%5D=1779>. Acesso em: 02 dez. 2016.

EMBRAPA. 2013. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. rev. ampl. Embrapa, Brasília, Brasil.

FERNANDES, F. B. P. et al. Effect of soil management on water deficit, gas exchange and cowpea yield in the semi-arid region. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 506-515, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rca/v46n3/0045-6888-rca-46-03-0506.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

FERREIRA, E. A. et al. Aspectos fisiológicos de soja transgênica submetida à competição com plantas daninhas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 2, p. 115-121, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufra.edu.br/index.php?journal=ajaes&page=article&op=view&path%5B%5D=1745&path%5B%5D=630>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

FLEXAS, J. et al. Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: responses of photosynthesis and respiration to water stress. **Physiologia Plantarum**, Lund, v. 127, n. 3, p. 343-352, 2006. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-3054.2006.00621.x/abstract>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. 4 ed. Passo Fundo-RS: UPF, 2008.

FREITAS, R. M. O. et al. Physiological responses of cowpea under water stress and rewetting in no-tillage and conventional tillage systems. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 559-567, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/5228/pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2017.

GONÇALVES, J. F. C. et al. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 8-14, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v44n1/02.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

GONÇALVES, J. R. P. et al. **BRS Guariba**: nova cultivar de feijão-caupi para o estado do Amazonas. Embrapa Amazônia Ocidental: Manaus, 2009. 4p. (Comunicado técnico, 76).

HONG-BO, S.; LI-YE, C.; MING-AN, S. Calcium as a versatile plant signal transducer under soil water stress. **BioEssays**, Cambridge, v. 30, p. 634-641, 2008. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bies.20770/abstract>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

IPA. 2008. Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações de Adubação para o Estado de Pernambuco (2ª aproximação)**. 2 ed. IPA, Recife, Brasil.

JONES, H. G. Monitoring plant and soil water status: established and novel methods revisited and their relevance to studies of drought tolerance. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 58, n. 2, p. 119-130, 2007. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.523.2754&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 2006.

LIMA, M. F. P. **Ecofisiologia de plantas daninhas submetidas a estresse hídrico e à reidratação**. 2015. 81f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia: Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015. Disponível em: <bdtd.ufersa.edu.br/handle/tede/92>. Acesso em: 02 dez. 2016.

LIMA, M. J. et al. Efeito combinado das variáveis meteorológicas sobre a condutância estomática do feijão-caupi. **Horticultura Brasileira**, Vitoria da Conquista, v. 34, n. 4, p. 547-553, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v34n4/1806-9991-hb-34-04-00547.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

MANABE, P. M. S. et al. Características fisiológicas de feijoeiro em competição com plantas daninhas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1721-1728, 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/22147/15609>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

MOURA, A. R. et al. Relações hídricas e solutos orgânicos em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob diferentes regimes hídricos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 345-354, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/22735>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

NASCIMENTO, S. P. et al. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 853-860, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n8/13.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

PAIVA, A. S. et al. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, p. 161-169, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v25n1/24882.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

PIAO, S. et al. The impacts of climate change on water resources and agriculture in China. **Nature**, London, v. 467, n. 7311, p. 43-51, 2010. Disponível em <<http://www.nature.com/nature/journal/v467/n7311/full/nature09364.html>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

PROCÓPIO, S. O. et al. Características fisiológicas das culturas de soja e feijão e de três espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 211-216, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v22n2/21221.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

SACK, L.; FROLE, K. Leaf structural diversity is related to hydraulic capacity in tropical rain forest trees. **Ecology**, North Caroline, v. 87, n. 2, p. 483-491, 2006. Disponível em: <<https://www.eeb.ucla.edu/Faculty/Sack/publications/Lawren%20Papers/SackFrole2006Ecology.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v2n3/287.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

SANTOS, W. F. et al. Weed Phytosociological and Floristic Survey in Agricultural Areas of Southwestern Goiás Region. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 65-80, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v34n1/0100-8358-pd-34-01-00065.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

SILVA, C. D. S. et al. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas a deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 7-13, 2010. Disponível em: <<https://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/caatinga/article/view/1479/4609>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

SILVA, V. P. R et al. Evaluating the urban climate of a typically tropical city of northeastern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, Dordrecht, v. 161, n. 1-4, p. 45-59, 2010. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-008-0726-3>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

SOUSA, C. C. M. et al. Crescimento e respostas enzimáticas do feijoeiro caupi sob estresse hídrico e nematoide de galhas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 2, p. 113-118, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v19n2/1415-4366-rbeaa-19-02-0113.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

SOUZA, R. P. et al. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 51, n. 1, p. 45-56, 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847203000595>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

STANTON, K. M; MICKELBART, M. V. Maintenance of water uptake and reduced water loss contribute to water stress tolerance of *Spiraea alba* Du Roi and *Spiraea tomentosa* L. **Horticulture Research**, Edinburgh, v. 1, p. 14033-14040, 2014. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/hortres201433>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

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

ZHANG, X.; CAI, X. Climate change impacts on global agricultural water deficit. **Geophysical Research Letters**, Washington, v. 40, n. 6, p. 1111-1117, 2013. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/grl.50279/full>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

CAPÍTULO 3 - EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE FEIJÃO-CAUPI E PLANTAS DANINHAS EM SITUAÇÃO DE COMPETIÇÃO E DÉFICIT HÍDRICO TEMPORÁRIO NO SOLO

RESUMO

A capacidade de uma espécie vegetal para ter sucesso na colonização do agroecossistema depende da sua eficiência na utilização dos recursos de crescimento mesmo em situação de escassez. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de déficit hídrico temporário no solo e de competição na eficiência de utilização e acúmulo de macronutrientes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) e de duas plantas daninhas: trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) e malva-branca (*Waltheria indica* L.). Para tanto, foi realizado experimento em casa de vegetação do Departamento de Ciências Vegetais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. A unidade experimental correspondeu a um vaso plástico com capacidade volumétrica de 10 dm³. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 5x2, com o primeiro fator correspondente aos tipos de interação entre as espécies (feijão-caupi + trapoeraba; feijão-caupi + malva-branca; feijão-caupi; trapoeraba e malva-branca em monocultivo), e o segundo dos regimes hídricos (Irigado e Déficit hídrico). O déficit hídrico foi simulado quando as plantas de feijão-caupi estavam com o segundo trifólio definitivo (estádio V4), sendo mantida por onze dias, até a taxa fotossintética da cultura, às 09h00min da manhã, alcançar valores próximos de zero, momento em que foi retomada a irrigação. Quando a taxa fotossintética das plantas submetidas ao déficit hídrico igualou-se às das irrigadas, as plantas foram colhidas e realizou-se a avaliação da eficiência de utilização, acúmulo e partição de N, P, K, Ca e Mg nos diferentes órgãos vegetativos (folha, caule, raiz e total). O déficit hídrico no solo reduziu o conteúdo dos nutrientes na seguinte ordem decrescente: feijão-caupi - Ca (caule), K (raiz), Mg (folha) e N (raiz); *C. benghalensis* - N, P e K (caule); e *W. indica* - K, N, P, Ca e Mg (folha). O déficit hídrico reduziu a eficiência de utilização de N e P do feijão-caupi, e de Mg da *C. benghalensis*. A competição proporcionou efeito variável sobre o acúmulo e eficiência de utilização de macronutrientes de feijão-caupi e das plantas daninhas *C. benghalensis* e *W. indica*. O feijão-caupi sofreu maior interferência com a planta daninha *W. indica* quando cultivado em solo não irrigado. *C. benghalensis* apresentou elevado potencial para ciclagem de macronutrientes nos dois regimes hídricos.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*. *Commelina benghalensis*. *Waltheria indica*. Interferência. Nutrição mineral.

NUTRITIONAL EFFICIENCY OF COWPEA AND WEEDS IN COMPETITION SITUATION AND TEMPORARY WATER DEFICIT IN THE SOIL

ABSTRACT

The capability of a plant species to succeed in the colonization of the agroecosystem depends on its efficiency in the use of the growth resources even in a situation of scarcity. Therefore, the objective of the work was to evaluate the effects of temporary water deficit in the soil and effects of competition in the use efficiency and accumulation of macronutrients of *Vigna unguiculata* L. Walp. and two weeds: *Commelina benghalensis* L. and *Waltheria indica* L. For that, an experiment was carried out in a greenhouse of the Department of Plant Sciences of the Universidade Federal Rural do Semi-Árido. The experimental unit corresponded to a plastic vessel with a volumetric capacity of 10 dm³. The experimental design was in randomized blocks, with four replications. The treatments were arranged in a 5x2 factorial, with the first factor corresponding to the types of interaction between the species (*V. unguiculata* + *C. benghalensis*; *V. unguiculata* + *W. indica*; *V. unguiculata*, *C. benghalensis* and *W. indica* in monoculture), and the second of water regimes (Irrigated and Water deficit). The water deficit was simulated when the cowpea plants were with the second definite trefoil (stage V4), being maintained for eleven days, until the photosynthetic rate of the culture, at 9:00 am, to reach values close to zero, when irrigation was resumed. When the photosynthetic rate of the plants was submitted to the water deficit, it was equal those of the irrigated ones, the plants were harvested and evaluated for N, P, K, Ca and Mg utilization, accumulation and partitioning efficiency in the different vegetative organs (leaf, stem, root and total). The soil water deficit reduced nutrient content in the following decreasing order: cowpea - Ca (stem), K (root), Mg (leaf) and N (root); *C. benghalensis* - N, P and K (stem); and *W. indica* - K, N, P, Ca and Mg (leaf). The water deficit reduced the N and P utilization efficiency of cowpea, and of Mg of *C. benghalensis*. The competition provided variable effect on the accumulation and efficiency of macronutrients utilization of cowpea and weeds *C. benghalensis* and *W. indica*. The cowpea suffered greater interference from the *W. indica* weed when cultivated on soil not irrigated. *C. benghalensis* presented high potential for macronutrient cycling in the two water regimes.

Keywords: *Vigna unguiculata*. *Commelina benghalensis*. *Waltheria indica*. Interference. Mineral nutrition.

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é uma das principais fontes alimentares de regiões tropicais e subtropicais do mundo, capaz de se desenvolver nas mais diversas condições de clima e solo. Constitui um dos principais componentes da dieta alimentar básica das populações mais pobres, destacando-se seu alto valor nutricional em minerais e proteínas, além de ser importante fonte de emprego e renda (OLIVEIRA et al., 2010; FREIRE FILHO et al., 2011; FREITAS et al., 2013).

Nas condições tropicais brasileiras, em determinadas épocas do ano, as áreas de cultivo estão propensas à ocorrência de secas periódicas, conhecidas por veranicos, que causam graves prejuízos socioeconômicos à população rural, que depende da produção de culturas em regime de sequeiro para subsistência (SILVA et al., 2010; FREIRE FILHO et al., 2011; FREITAS et al., 2014).

O déficit hídrico no solo causado pelos veranicos tem sido um dos principais fatores limitantes para a obtenção de elevadas produtividades, de forma regular, ao longo dos anos, influenciando praticamente todas as características relacionadas ao crescimento e desenvolvimento do feijão-caupi (SOUSA et al., 2009; FREITAS et al., 2013).

Outro fator que tem contribuído para a redução da produtividade do feijão-caupi tem sido o manejo incorreto das plantas daninhas, o que pode causar redução de até 90% da produção da cultura (FREITAS et al., 2009). Isto ocorre devido, principalmente, à competição entre a espécie cultivada e as daninhas pelos recursos de crescimento vegetal, como água, luz e nutrientes, bem como pela ocorrência de alelopatia (ZANINE; SANTOS, 2004).

A ocorrência da competição com as plantas daninhas por água pode antecipar e/ou intensificar os efeitos negativos do estresse hídrico decorrentes da baixa disponibilidade de água às plantas (CRAINE; DYBZINSKI, 2013). Entre esses efeitos, pode-se destacar a redução na absorção de nutrientes e das quantidades requeridas pelas plantas (GONZALEZ-DUGO et al., 2010; LEÃO, FREIRE; MIRANDA, 2011; DODD et al., 2015). O déficit hídrico pode reduzir a absorção e a distribuição de nutrientes nas plantas, devido ao efeito na diminuição do crescimento das raízes, e pelo fato de a água ser o veículo por meio do qual os nutrientes minerais se movimentam da solução do solo para as raízes das plantas, principalmente quando este transporte ocorre por fluxo de massa e difusão, ou seja, todos os processos de transporte de nutrientes no solo são afetados (BARBER, 1974; MARSCHNER, 1995; FAQUIN, 2005).

Informações sobre a eficiência nutricional e acúmulo de nutrientes da cultura e das plantas daninhas em convivência foram relatadas (RONCHI; TERRA; SILVA, 2007; CURY et al., 2012; CURY et al., 2013; MELO et al., 2015). Todavia, são poucas as informações sobre os efeitos da interação quando a água é fator limitante para as espécies, o que reforça a necessidade de suas determinações, visando a melhorar o entendimento nas relações de interação entre plantas, notadamente quando interagem espécies de plantas com diferentes características e habilidades competitivas. Essas informações são fundamentais para otimizar o rendimento das culturas e a eficiência do uso da água nos sistemas agrícolas.

Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da competição e do déficit hídrico temporário no solo na eficiência de utilização e acúmulo de macronutrientes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) e malva-branca (*Waltheria indica* L.).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no município de Mossoró-RN. A unidade experimental correspondeu a um vaso plástico com capacidade volumétrica de 10 dm³, contendo amostra de Planossolo Háptico Eutrófico (EMBRAPA, 2013), coletada na camada de 0-20 cm, com as seguintes características: pH (água)= 6,5; matéria orgânica= 1,0 dag kg⁻¹; P, K e Na= 7,2, 64,4 e 3,2 mg dm⁻³; Ca, Mg, Al, H+Al, e CTC efetiva= 2,5, 1,8, 0,0, 0,0 e 4,5 cmol_c dm⁻³; areia, silte e argila= 0,82, 0,12, e 0,05 kg kg⁻¹, respectivamente, com textura areia franca. O solo foi adubado conforme as recomendações do IPA (2008), com a aplicação no plantio de 23,66 mg dm⁻³ de P₂O₅. A adubação de cobertura foi feita com 14,98 e 10 mg dm⁻³ de N e K₂O, respectivamente.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 5x2, com o primeiro fator constituído dos tipos de interação entre as espécies avaliadas (Interação) [feijão-caupi sem interação (F), malva-branca sem interação (M), trapoeraba sem interação (T), feijão-caupi + malva-branca (F+M); feijão-caupi + trapoeraba (F+T)], e o segundo fator sendo o regime hídrico (Irrigado e Déficit Hídrico).

O cultivar de feijão-caupi utilizado foi o BRS Guariba, de hábito de crescimento indeterminado, porte Semiereto e ciclo de 65-70 dias (GONÇALVES et al., 2009). As sementes de *W. indica* e *C. benghalensis* foram coletadas em área de cultivo de feijão-caupi e submetidas a procedimentos para superação da dormência (desponte na extremidade oposta ao hilo). Antes da montagem do experimento, foi realizado teste preliminar para verificar o tempo de emergência de cada espécie no solo visando à emergência simultânea no ensaio de competição.

Aos cinco dias após a emergência das plantas, foi realizado o desbaste, deixando-se a mesma densidade de plantas daninhas e cultura (uma planta por vaso). Nos casos de co-cultivo de caupi e plantas daninhas (Interação), as sementes de feijão-caupi foram alocadas no centro do vaso e as plantas daninhas entre o centro e a periferia do recipiente.

A irrigação foi realizada diariamente, com o intuito de deixar o solo com nível de água acima de 70-80% da capacidade de campo até a instalação dos tratamentos. Os volumes de água aplicados foram obtidos a partir da diferença entre o peso do vaso na sua capacidade de campo, determinada anteriormente, e o peso do vaso no dia da irrigação, seguindo metodologia descrita por Sousa et al. (2015).

Quando as plantas de feijão-caupi estavam com o segundo trifólio definitivo – estágio V4 (40 dias após emergência), foi iniciada a imposição dos regimes hídricos (Irigado e Déficit hídrico). As plantas do tratamento Irrigado continuaram a receber irrigação diária conforme descrito, e as plantas do tratamento Deficit hídrico tiveram sua irrigação totalmente suspensa, de forma que o estresse foi resultante do gradativo esgotamento da água do solo, sendo mantido até que a taxa de assimilação de CO₂ (A) das plantas de caupi, às 09h00min da manhã, alcançasse valores próximos de zero, o que ocorreu após 11 dias da suspensão da irrigação, quando foi retomada a irrigação. A taxa de assimilação de CO₂ foi mensurada com auxílio de um analisador de infravermelho de gases (IRGA, modelo portátil LI-6400, LI-COR Biosciences), conforme metodologia de Lima et al. (2016).

Aos 21 dias de avaliação (60 dias após a emergência da cultura), quando a taxa de assimilação de CO₂ das plantas submetidas ao déficit hídrico igualou-se às das plantas irrigadas, realizou-se a colheita das plantas (feijão-caupi e daninhas), fracionando-as em folhas, caules e raízes. Depois, o material vegetal foi lavado em água destilada e, posteriormente, seco em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, até atingir massa constante. Em seguida, todo o material seco foi moído em moinho tipo Wiley, homogeneizado e armazenado em recipiente hermeticamente fechado, sendo posteriormente retiradas amostras para a determinação dos teores de macronutrientes nos componentes vegetativos do feijão-caupi e das plantas daninhas. Os teores de N foram determinados pelo método Kjeldahl no extrato da digestão sulfúrica. Após digestão nítrico-perclórica, foram determinados os teores de P por colorimetria, os de K por fotometria de chama, e de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica, seguindo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

A partir da matéria seca dos órgãos vegetais e de seus respectivos teores de nutrientes, foram calculados os conteúdos de macronutrientes dessas plantas. A eficiência de utilização (EU) dos nutrientes foi calculada dividindo-se a matéria seca total produzida pelo conteúdo de nutrientes (CURY et al., 2013).

Para interpretação dos resultados, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e, nos casos de significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o *software* SISVAR.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Absorção e particionamento de nutrientes das plantas do tratamento Irrigado, sem Interação

O acúmulo e partição de macronutrientes do feijão-caupi e das plantas daninhas cultivadas livres de interferência em solo com diferentes regimes hídricos podem ser verificados na Tabela 1. Constataram-se que, em média, as plantas de feijão-caupi destacaram-se em relação às plantas daninhas, apresentando os maiores acúmulos de macronutrientes nas plantas.

Os nutrientes mais absorvidos pelo feijão-caupi foram nitrogênio, potássio e fósforo, com acúmulo total de 297; 313,2 e 72,3 mg planta⁻¹, respectivamente, ao passo que os menores valores foram encontrados para cálcio (46,2 mg planta⁻¹) e magnésio (12,1 mg planta⁻¹) (Tabela 1). Almeida e Soratto (2014) observaram para o feijão-comum, no mesmo estágio vegetativo, acúmulos de 81,3; 5,6; 48,2; 46,8; e 10,8 mg planta⁻¹ para N, P, K, Ca e Mg, respectivamente. Avaliando-se a partição dos nutrientes entre os diferentes órgãos (folha, caule e raiz), verificou-se que as folhas foram o principal dreno de N, P, K, Ca e Mg, com 58,2; 54,1; 48,0; 56,3 e 57,8% do total acumulado, respectivamente. Quanto à eficiência de utilização (EU) dos macronutrientes (Tabela 2), o feijão-caupi apresentou menores valores de Mg e maiores valores de P, em relação à espécie *W. indica*.

Fonseca et al. (2010), em estudo com feijão-caupi, cultivado em Latossolo Amarelo distrófico na região Norte do Brasil, registraram que a ordem de extração dos macronutrientes pelo caupi foi N > K > Ca > Mg > P. Em outro trabalho, Cury et al. (2013) avaliando os efeitos da competição entre três cultivares de feijão-comum, constataram que, assim como no presente estudo, a cultura apresentou acúmulo total de nutrientes superior aos obtidos pelas diferentes plantas daninhas.

A espécie *C. benghalensis* destacou-se pelo elevado acúmulo de macronutrientes em relação à *W. indica*. Observou-se valores, em mg planta⁻¹, de 238,0 para N, 48,3 para P, 313,2 para K, 27,4 para Ca e 8,0 para Mg. (Tabela 1). Quanto ao particionamento dos nutrientes, constatou-se na espécie *C. benghalensis* que o caule foi o dreno preferencial para todos os macronutrientes, exceto para N (concentrou-se na folha). Resultado semelhante foi encontrado por Cury et al. (2012). Para a EU dos macronutrientes (Tabela 2), observou-se que *C. benghalensis* teve menores valores de K, em comparação às demais espécies.

Favero et al. (2000), avaliando o desempenho de espécies espontâneas e de cinco leguminosas (feijão-de-porco, feijão-bravo do Ceará, mucuna-preta, lab-lab e guandu),

observaram que *Commelina benghalensis* apresentou, em mg planta⁻¹, 44,4 para N, 2,63 para P, 60,5 para K, 13,7 para Ca e 4,2 para Mg.

C. benghalensis apresenta-se como promissora para a ciclagem de nutrientes, principalmente do potássio, com potencial para redução do aporte de insumos externos, se consideradas nos programas de manejo integrado de plantas daninhas (CURY et al., 2012).

Quanto à espécie *W. indica*, foi verificado acúmulo de 142,3, 44,6, 115,2, 20,5 e 3,5 mg planta⁻¹ para N, P, K, Ca e Mg, respectivamente (Tabela 1). Entre os órgãos, as folhas acumularam as maiores quantidades de todos os macronutrientes. Quanto a EU (Tabela 2), observou-se destaque para Mg, apresentando maior EU desse nutriente que as demais espécies. Em estudo com a planta daninha guanxuma (*Sida rhombifolia*), espécie da mesma família da *W. indica*, Bianco, Carvalho e Bianco (2014) observaram que, semelhantemente ao nosso estudo, N e K foram os macronutrientes mais requeridos e acumulados. Os autores registraram, aos 77 dias após emergência, que a espécie acumulou, em mg planta⁻¹, 237,6 de N; 27,6 de P; 145,7 de K; 135,2 de Ca e 64,5 de Mg.

Tabela 1. Acúmulo de macronutrientes nos componentes vegetativos de feijão-caupi, *Commelina benghalensis* e *Waltheria indica*, cultivados sem interação, submetidos ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). Mossoró/RN, 2017.

Espécies	Folha (mg planta ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
Feijão-caupi	166,3aA	173,0aA	40,6aA	39,1aA	98,1aB	150,5aA	15,1aB	26,0aA	3,4aB	7,0aA
Trapoeraba	114,6bA	129,2bA	15,6bA	13,4bA	123,1aA	135,3aA	5,3bA	7,77cA	2,7aA	2,8bA
Malva-branca	29,4cB	102,0bA	8,8bB	30,4aA	18,9bB	72,1bA	5,3bB	14,2bA	1,0bB	2,4bA
CV (%) ²	23,72		24,16		22,28		27,85		27,69	
Espécies	Caule (mg planta ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
Feijão-caupi	80,3aA	77,2bA	22,3aA	25,8aA	98,9bB	136,7bA	1,9bB	15,3aA	3,0aA	4,2aA
Trapoeraba	63,9aB	102,3aA	24,4aB	32,3aA	134,9aB	170,5aA	16,3aA	18,4aA	4,2aA	4,7aA
Malva-branca	6,7bA	27,4cA	3,6bB	10,4bA	12,3cA	37,9cA	1,9bA	5,2bA	0,3bA	0,8bA
CV (%) ²	25,31		22,76		21,14		26,16		25,39	
Espécies	Raiz (mg planta ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
Feijão-caupi	24,4aB	46,8aA	5,2aA	7,3aA	12,1aB	25,9aA	1,3aB	4,9aA	0,6aA	0,9bA
Trapoeraba	9,9bA	6,5bA	2,0bA	2,5bA	11,4aA	7,4bA	0,8aA	1,2bA	0,7aA	0,4abA
Malva-branca	3,6bA	12,9bA	1,6bA	3,7bA	3,0bA	5,2bA	0,4aA	1,1bA	0,05bA	0,2bA
CV (%) ²	25,00		29,80		20,90		20,46		28,48	
Espécies	Total (mg planta ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
Feijão-caupi	271,0aA	297,0aA	68,1aA	72,3aA	209,2bB	313,2aA	18,3aB	46,2aA	7,0aB	12,1aA
Trapoeraba	188,4bA	238,0bA	42,0bA	48,3bA	269,4aA	313,2aA	22,4aA	27,4bA	7,6aA	8,0bA
Malva-branca	39,7cB	142,3cA	14,1cB	44,6bA	34,2cB	115,2bA	7,6bB	20,5bA	1,3bA	3,5cA
CV (%) ²	19,91		23,33		17,70		26,83		28,83	

²Coefficiente de variação; Médias seguidas com a mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha) não diferem, para cada variável, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Tabela 2. Eficiência de utilização de macronutrientes de feijão-caupi, *Commelina benghalensis* e *Waltheria indica*, cultivados sem interação, submetidos ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). Mossoró/RN, 2017.

Espécies	Eficiência de utilização de nutrientes (g mg ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
Feijão-caupi	0,03cB	0,04aA	0,12bB	0,17aA	0,04bA	0,04aA	0,44aA	0,27abB	1,14bA	1,04bA
Trapoeraba	0,04bA	0,04aA	0,16aA	0,18aA	0,02cA	0,03bA	0,30bA	0,33aA	0,91cB	1,15bA
Malva-branca	0,05aA	0,04aB	0,14abA	0,12bA	0,06aA	0,05aB	0,25bA	0,26bA	1,47aA	1,49aA
CV (%) ²	11,26		12,72		13,64		14,86		11,42	

²Coeficiente de variação; Médias seguidas com a mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha) não diferem, para cada variável, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

3.2 Absorção e particionamento de nutrientes das plantas com Déficit Hídrico, sem Interação

O período de déficit hídrico durou 11 dias. Analisando o efeito do regime hídrico sobre o acúmulo total de nutrientes nas espécies sem Interação (Tabela 1), verificou-se para o caupi que a suspensão da irrigação reduziu os acúmulos de K, Ca e Mg, na ordem de 33, 60 e 42%, em relação ao tratamento Irrigado. Quanto à partição dos nutrientes, constatou-se que N, P, Ca e Mg concentraram-se nas folhas, ao passo que K se acumulou em maior quantidade no caule. Nas folhas do feijão-caupi, o tratamento Déficit Hídrico reduziu os acúmulos de K, Ca e Mg, na ordem de 34, 41 e 51%, respectivamente, em comparação às plantas do tratamento Irrigado. No caule, essa redução foi observada para K e Ca, de aproximadamente 27 e 87%, respectivamente. Quanto à raiz, o déficit hídrico reduziu os acúmulos de N, K e Ca, na ordem de 48, 53 e 73%, respectivamente, em comparação às plantas do tratamento Irrigado (Tabela 1).

No que se refere a EU dos macronutrientes no feijão-caupi, verificou-se que o déficit hídrico reduziu a EU de N e P, na proporção de 25 e 29%, respectivamente, em comparação às plantas do tratamento Irrigado (Tabela 2). Por outro lado, o déficit hídrico proporcionou maior EU de Ca, o que pode estar relacionado à função desse nutriente no processo de sinalização celular nas plantas em resposta ao estresse hídrico (WHITE; BROADLEY, 2003).

Para a espécie *C. benghalensis*, o tratamento Déficit hídrico não alterou o acúmulo total dos macronutrientes (Tabela 1). Tal resultado pode se dever à estratégia conservadora dessa espécie em resposta ao déficit hídrico, preservando a maior parte de sua energia e o conteúdo de água e nutrientes (LIMA et al., 2016). Em relação à partição entre os órgãos da planta, o N concentrou-se em maior proporção na folha, ao passo que P, K, Ca, Mg concentraram-se no caule, o que pode estar relacionado à capacidade desse órgão em realizar fotossíntese, acumular amido de reserva e ser responsável pela sua eficiência reprodutiva, podendo sobreviver a estresse hídrico severo até o surgimento de condições favoráveis para o seu reestabelecimento (VIEIRA et al., 2007). A suspensão da irrigação afetou apenas os acúmulos nos caule, sendo observada redução para N, P e K, na ordem de 37, 24 e 21%, respectivamente, em relação ao tratamento Irrigado. A suspensão da irrigação reduziu, ainda, a EU de Mg, na ordem de 21%, em comparação ao tratamento Irrigado.

Quanto a *W. indica*, a imposição do déficit hídrico reduziu o conteúdo total de todos os macronutrientes, exceto o Mg (Tabela 1). Observou-se reduções de 72, 68, 70 e 63% para N, P, K e Ca, respectivamente, em comparação às plantas irrigadas. A folha foi o principal órgão de acumulação dos macronutrientes. Avaliando o efeito em cada órgão da planta, nas

folhas, o déficit hídrico reduziu os acúmulos de N, P, K, Ca e Mg, na ordem de 72, 71, 74, 63 e 58%, respectivamente, em comparação ao tratamento Irrigado, no caule, por sua vez, a redução foi de 65% para P, ao passo que na raiz não foi observado efeito do déficit hídrico. Quanto à EU dos macronutrientes (Tabela 2), com exceção de N e K, que apresentaram melhoria, a aplicação do déficit hídrico não teve influência sobre as plantas.

Possíveis explicações para a redução da absorção e eficiência nutricional na condição de deficiência hídrica incluem a limitação da difusão de íons na solução do solo, mediados pelos mecanismos de difusão e fluxo de massa, processos que dependem do teor de umidade do solo, a diminuição do crescimento da raiz e de sua capacidade na absorção e translocação dos macronutrientes, devido possivelmente à redução da transpiração causada pelo fechamento dos estômatos nas plantas em resposta à seca, e o aumento do impedimento mecânico do solo seco para o crescimento das raízes, limitando, assim, o volume de solo explorado para a aquisição de nutrientes (MISRA; TYLER, 2000; GARG, 2003; LEÃO, FREIRE; MIRANDA, 2011). Segundo Grossman e Takahashi (2001), o efeito do déficit hídrico sobre a redução da eficiência de utilização de nutrientes também pode estar relacionado à disponibilidade limitada de energia para assimilação de nutrientes, como $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, e SO_2^- , que precisam ser convertidos por meio de processos dependentes de energia para que possam ser usados no metabolismo vegetal.

3.3 Absorção e particionamento de nutrientes das plantas irrigadas, com Interação

Paras as plantas de feijão-caupi no tratamento Irrigado (Tabela 3), observou-se que, independentemente da espécie daninha, a competição reduziu somente o acúmulo de Ca na planta. Analisando a partição nos órgãos, nas folhas, a interferência da espécie *W. indica* proporcionou aumento no acúmulo de P, na ordem de 31%, em relação ao tratamento sem interação, por outro lado, a interação com *C. benghalensis* reduziu os acúmulos de Ca e Mg, em cerca de 32 e 23%, respectivamente. No caule, a interação reduziu apenas o acúmulo de Ca, sendo os maiores efeitos sob interferência da espécie *W. indica*, que reduziu em aproximadamente 84% do acúmulo total. Para a raiz, a interação com a espécie *C. benghalensis* aumentou os acúmulos de K e Mg, na ordem de 44 e 391%, em relação ao tratamento sem interação. Quanto a EU dos macronutrientes (Tabela 4), constataram-se, em média, menores EU de N, P, K e Mg no feijão-caupi sob interferência das plantas daninhas. Por outro lado, a interferência das plantas daninhas, principalmente de *W. indica*, proporcionou aumento na EU de Ca nas plantas. Cury et al. (2012), ao avaliar a competição em nível de indivíduo, observaram que a cultura do milho, sob interferência de algumas plantas daninhas, apresenta melhor capacidade competitiva e maior tolerância à competição.

Para a espécie *C. benghalensis*, a interação com o feijão-caupi reduziu os acúmulos, na planta, de N, P, K, Ca e Mg, na ordem de 81, 81, 85, 68 e 72%, respectivamente, em relação ao tratamento sem interação (Tabela 5). Nas folhas, com exceção do Ca, a interação reduziu os acúmulos de todos os macronutrientes, em 78, 70, 83 e 63% para N, P, K e Mg, respectivamente. Para o caule, essa redução foi de 91, 89, 89, 85 e 83% para N, P, K, Ca e Mg, respectivamente. Na raiz, não foi verificada diferença estatística no efeito da interação. Em relação a EU (Tabela 6), verificou-se efeito diferenciado da interação entre os nutrientes, com aumento da EU de N (em 16%) e K (em 39%), e redução para Ca (em 36%) e Mg (em 19%).

Em relação à espécie *W. indica* (Tabela 7), a interação com o feijão-caupi reduziu os acúmulos, na planta, de N, P, K, Ca e Mg, em 89, 91, 90, 96 e 91%, respectiva e comparativamente às plantas sem interação. Quanto à partição entre os órgãos, nas folhas, a interação reduziu em mais de 90% os acúmulos de todos os macronutrientes. No caule, verificou-se redução de 87, 88, 90, 99 e 89% para N, P, K, Ca e Mg, respectivamente. Para a raiz, a interação resultou em perdas aproximadas de 87, 84, 86, 87 e 92% nos acúmulos de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente. No que se refere a EU dos nutrientes (Tabela 8), observou-se efeito sobre P, Ca e Mg, com aumentos respectivos de 58, 253 e 58% nas plantas sob interação.

Bianco, Carvalho e Bianco (2014), ao avaliar a nutrição mineral da planta daninha *Sida rhombifolia*, registraram que, individualmente, uma planta não apresenta alto potencial de competição por nutrientes. No entanto, os autores ressaltam que caso densas populações sejam estabelecidas, a extração de nutrientes do solo pode ser muito intensa, afetando o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas agrícolas.

3.4 Absorção e particionamento de nutrientes das plantas com Déficit Hídrico, com Interação

Verificou-se menores médias de acúmulos dos macronutrientes nas plantas de feijão-caupi sob interferência das plantas daninhas na condição de déficit hídrico (Tabela 3). Com exceção para *W. indica*, que reduziu em 28% o conteúdo total de P do feijão-caupi, a interação não alterou os acúmulos dos nutrientes na planta.

Quanto aos acúmulos entre os órgãos das plantas do feijão-caupi (Tabela 3), observou-se que a interação com *W. indica* reduziu o conteúdo de P (em 31%) nas folhas, e os acúmulos, no caule, de N e P, na ordem de 35 e 34%, respectivamente. Muito provavelmente a interação com a *W. indica* intensificou os efeitos da deficiência hídrica no solo, em virtude de essa espécie daninha apresentar mecanismo investidor (continua fazendo fotossíntese mesmo com pouca disponibilidade de água), e características morfofisiológicas semelhantes às da planta cultivada, o que lhe possibilitou disputar os mesmos recursos (GRIEU et al., 2001; ZANINE; SANTOS, 2004), tornando a competição mais intensa e as reduções do acúmulo dos nutrientes mais acentuadas. Para a raiz, a interação, com exceção da *C. benghalensis*, que resultou em maiores acúmulos de P no feijão-caupi, não afetou a acumulação dos nutrientes. Em trabalho desenvolvido por Cury et al. (2013), os autores também observaram que *C. benghalensis* foi a espécie com menor capacidade de competição porque promoveu a menor redução do conteúdo de nutrientes do feijão.

Quanto ao efeito na EU dos macronutrientes no feijão-caupi (Tabela 4), constataram-se, em média, menores EU dos macronutrientes no feijão-caupi sob interferência das plantas daninhas. A interferência da *W. indica* resultou em menor EU de N, K, Ca e Mg, com perdas de 14, 18, 34 e 17%, respectivamente. Provavelmente, a habilidade competitiva dessa planta daninha abaixo da superfície do solo por recursos como a água reduziu a disponibilidade desses nutrientes para o feijão-caupi, devido à elevada capacidade dessa espécie daninha em explorar e captar o recurso rapidamente ou de continuar a crescer mesmo com baixos níveis de recursos (CURY et al., 2013; CRAINE; DYBZINSKI, 2013).

Avaliando capacidade de acúmulo da planta daninha *C. benghalensis* em interação com o feijão-caupi (Tabela 5), verificou-se reduções de 82, 82, 85, 77 e 80% para N, P, K, Ca e Mg, respectivamente, com a interferência do feijão-caupi. Tal resultado demonstrou o menor potencial competitivo desta espécie com a cultura frente a situações de restrição hídrica. Em relação ao efeito da interação nos acúmulos entre os órgãos, nas folhas, observou-se redução dos conteúdos de N, P, K e Mg, na ordem de 82, 84, 85 e 76%, respectivamente, em comparação ao tratamento sem interação. Quanto ao caule, os conteúdos de N, P, K, Ca e Mg foram reduzidos em 84, 84, 86, 94 e 81%, respectivamente. Na raiz, a interferência da cultura reduziu os conteúdos de N, K e Mg, na ordem de 73, 71 e 88%, respectivamente, em comparação às plantas sem interação. Com relação à EU, verificou-se que, com exceção para K, que teve aumento de 36%, a interação não afetou a EU dos macronutrientes nas plantas.

Quanto à espécie *W. indica* (Tabela 7), observou-se que a interação com o feijão-caupi não afetou os acúmulos dos macronutrientes na planta. Da mesma maneira, a interação não alterou o conteúdo dos macronutrientes em nenhum dos órgãos na planta. No que se refere a EU dos macronutrientes (Tabela 8), constatou-se efeito sobre P, K e Ca, com aumentos na EU de 57, 46 e 296% respectivamente, sob interferência do feijão-caupi. De acordo com Dodd et al. (2015), períodos de déficit hídrico e reidratação do solo afetam tanto a absorção de água pela planta como a atividade dos microrganismos do solo envolvidos na ciclagem de nutrientes, afetando a disponibilidade de nutrientes do solo. Na literatura, os efeitos de déficit hídrico no solo na melhoria da utilização de nutrientes em plantas também foram reportados por outros pesquisadores (WANG et al., 2012a; WANG et al., 2012b).

O aumento da eficiência de utilização de nutrientes pelas plantas daninhas, quando em convivência com a cultura, também foi observado por diversos pesquisadores (CURY et al., 2012; CURY et al., 2013; MELO et al., 2015). Tal resultado pode ser explicado pelo fato de essas espécies não ter somente absorvido os nutrientes minerais presentes no solo, como também se beneficiado das substâncias exsudadas e das interações do feijoeiro com fungos micorrízicos (CURY et al., 2013), visto que estes microrganismos têm a capacidade de aumentar a absorção de água e nutrientes pelas raízes (BRESSAN et al., 2001; SCHREINER et al. 2007; BOWLES et al., 2016). De acordo com Melo (2012), além das características da espécie, a capacidade competitiva está diretamente relacionada à capacidade associativa ou habilidade das plantas daninhas em alterar a microbiota do solo em prol de seu favorecimento.

A eficiência nutricional variou entre as espécies em situação de competição e também entre os diferentes compartimentos vegetais na mesma espécie quando a água foi limitante no solo. Apesar das informações amplas e recorrentes na literatura sobre os efeitos negativos

para as espécies quando em competição por recursos, os resultados obtidos evidenciaram que a competição nem sempre pode ser considerada danosa para as espécies envolvidas, visto que tanto cultura como as plantas daninhas tiveram melhoria na eficiência de utilização de determinados nutrientes quando em convivência em solo não irrigado. Isto demonstra que é preciso conhecer melhor as relações de competição entre plantas, principalmente as espécies com diferentes características e habilidade competitivas. Para isto, nas pesquisas futuras, podem ser testadas a utilização de uma maior densidade de espécies em interação, outros métodos de simulação do déficit hídrico no solo, assim como a simulação de veranico com maior frequência e intensidade durante o ciclo da cultura.

Tabela 3. Acúmulo de macronutrientes nos componentes vegetativos de feijão-caupi em interação com *Commelina benghalensis* e *Waltheria indica*, submetido ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). Mossoró/RN, 2017.

Espécies	Folha (mg planta ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
F ¹	166,3aA	172,9aA	40,6aA	39,1bA	98,1aB	150,5abA	15,1aB	26,0aA	3,4aB	7,0aA
F + T	176,2aA	183,9aA	39,4aA	47,3abA	112,6aB	163,3aA	19,2aA	17,7bA	4,5aA	5,4bA
F + M	172,7aA	176,2aA	28,0bB	51,1aA	110,5aA	124,8bA	15,6aA	19,3bA	4,0aB	6,8abA
CV (%) ²	12,82		17,52		19,78		19,63		20,87	
Espécies	Caule (mg planta ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
F ¹	80,3aA	77,2abA	22,3aA	25,8aA	98,9aB	136,7aA	1,9aB	15,29aA	2,97aA	4,19aA
F + T	60,5abA	57,7bA	21,8abA	19,1aA	94,4aB	133,3aA	1,7aB	8,83bA	2,52aA	3,30aA
F + M	51,8bB	83,9aA	14,7bB	23,4aA	85,4aA	112,9aA	3,4aA	2,49cA	2,23aA	3,11aA
CV (%) ²	21,28		23,43		21,87		32,32		28,32	
Espécies	Raiz (mg planta ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
F ¹	24,42aB	46,83aA	5,21bA	7,28aA	12,14abB	25,93bA	1,32bB	4,87aA	0,63aA	0,86bA
F + T	36,29aA	42,62aA	12,24aA	7,76aB	20,15aB	37,40aA	2,81abA	3,45aA	0,85aB	4,23aA
F + M	33,16aA	38,09aA	6,63bB	11,20aA	11,84bB	27,85bA	4,12aA	3,37aA	0,79aA	0,77bA
CV (%) ²	27,08		32,82		23,71		28,32		27,77	
Espécies	Total (mg planta ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
F ¹	270,98aA	297,04aA	68,14aA	72,26aA	209,16aB	313,21aA	18,34aB	46,19aA	7,05aB	12,06aA
F + T	273,04aA	284,21aA	73,43aA	74,19aA	227,18aB	333,97aA	23,73aA	29,94bA	7,92aB	12,90aA
F + M	257,65aA	298,25aA	49,43bB	85,73aA	207,79aA	265,53aA	23,16aA	25,20bA	7,05aB	10,66aA
CV (%) ²	13,34		14,04		17,90		19,90		17,48	

F¹: Feijão-caupi cultivado sem a interferência de plantas daninhas; F: feijão-caupi; T: trapoeraba; M: malva-branca; ²Coefficiente de variação; Médias seguidas com a mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha) não diferem, para cada variável, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Tabela 4. Eficiência de utilização de macronutrientes de feijão-caupi em interação com *Commelina benghalensis* e *Waltheria indica*, submetido ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). Mossoró/RN, 2017.

Eficiência de utilização de nutrientes (g mg ⁻¹)										
Espécies	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
F ¹	0,029aB	0,041aA	0,12abB	0,17aA	0,038aA	0,039bA	0,44aA	0,27cB	1,14aA	1,04aA
F + T	0,029aB	0,035bA	0,11bB	0,14bA	0,035bA	0,031cB	0,34bA	0,35bA	1,01abA	0,79bB
F + M	0,025bB	0,039aA	0,13aA	0,14bA	0,031cB	0,044aA	0,29bB	0,47aA	0,94bB	1,12aA
CV (%) ²	5,50		10,13		6,38		13,91		11,09	

F¹: Feijão-caupi cultivado sem a interferência de plantas daninhas; F: feijão-caupi; T: trapoeraba; M: malva-branca; ²Coeficiente de variação; Médias seguidas com a mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha) não diferem, para cada variável, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Tabela 5. Acúmulo de macronutrientes nos componentes vegetativos de *Commelina benghalensis* em interação com feijão-caupi, submetida ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). Mossoró/RN, 2017.

Espécies	Folha (mg planta ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
T ¹	114,59aA	129,19aA	15,63aA	13,43aA	123,13aA	135,32aA	5,29aA	7,77aA	2,74aA	2,85aA
T + F	20,64bA	27,92bA	2,45bA	4,07bA	17,55bA	22,46bA	4,12aA	5,03aA	0,64bA	1,05bA
CV (%) ²	24,51		27,72		25,25		28,43		23,72	
Espécies	Caule (mg planta ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
T ¹	63,88aB	102,32aA	24,39aB	32,32aA	134,89aB	170,46aA	16,30aA	18,36aA	4,21aA	4,69aA
T + F	10,31bA	8,55bA	3,83bA	3,56bA	19,0bA	18,09bA	0,97bA	2,73bA	0,79bA	0,77bA
CV (%) ²	29,92		25,70		22,57		20,23		22,92	
Espécies	Raiz (mg planta ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
T ¹	9,92aA	6,47aA	1,96aA	2,50aA	11,39aA	7,44aA	0,82aA	1,24aA	0,66aA	0,45aA
T + F	2,66bB	8,22aA	1,40aA	1,65aA	3,25bA	7,04aA	0,11aA	1,09aA	0,08bA	0,36aA
CV (%) ²	20,27		22,29		24,47		26,47		22,58	
Espécies	Total (mg planta ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
T ¹	188,39aB	238,0aA	41,99aA	48,26aA	269,42aA	313,22aA	22,42aA	27,38aA	7,61aA	7,99aA
T + F	33,62bA	44,69bA	7,68bA	9,29bA	39,81bA	47,59bA	5,20bA	8,86bA	1,51bA	2,19bA
CV (%) ²	19,71		20,11		18,44		27,69		30,22	

T¹: Trapoeraba cultivada sem a interferência do feijão-caupi; F: feijão-caupi; T: trapoeraba; ²Coeficiente de variação; Médias seguidas com a mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha) não diferem, para cada variável, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Tabela 6. Eficiência de utilização de macronutrientes de *Commelina benghalensis* em interação com feijão-caupi, submetida ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). Mossoró/RN, 2017.

Eficiência de utilização de nutrientes (g mg ⁻¹)										
Espécies	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
T ¹	0,036aA	0,037bA	0,16aA	0,18aA	0,025bA	0,028bA	0,30aA	0,33aA	0,91aB	1,15aA
T + F	0,041aA	0,043aA	0,17aB	0,20aA	0,034aB	0,039aA	0,25aA	0,21bA	0,92aA	0,93bA
CV (%) ²	7,44		12,36		8,75		22,19		12,07	

T¹: Trapoeraba cultivada sem a interferência do feijão-caupi; F: feijão-caupi; T: trapoeraba; ²Coeficiente de variação; Médias seguidas com a mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha) não diferem, para cada variável, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Tabela 7. Acúmulo de macronutrientes nos componentes vegetativos de *Waltheria indica* em interação com feijão-caupi, submetida ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irrigado). Mossoró/RN, 2017.

Espécies	Folha (mg planta ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado
M ¹	29,42aB	101,98aA	8,85aB	30,40aA	18,91aB	72,07aA	5,30aB	14,25aA	0,96aB	2,42aA
M + F	11,54aA	9,79bA	1,28aA	1,86bA	7,60aA	6,58bA	1,22aB	0,59bA	0,42aA	0,19bA
CV (%) ²	28,22		28,25		29,06		26,54		20,56	
Espécies	Caule (mg planta ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado
M ¹	6,66aB	27,40aA	3,59aB	10,45aA	12,28aB	37,93aA	1,87aB	5,17aA	0,28aB	0,84aA
M + F	3,37aA	3,38bA	1,19aA	1,26bA	2,92aA	3,90bA	0,09aA	0,04bA	0,08aA	0,09bA
CV (%) ²	26,88		22,52		26,16		21,19		24,92	
Espécies	Raiz (mg planta ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado
M ¹	3,62aB	12,94aA	1,64aB	3,71aA	3,02aA	5,21aA	0,39aB	1,12aA	0,047aB	0,23aA
M + F	2,62aA	1,63bA	0,37aA	0,57bA	0,92aA	0,71bA	0,07aA	0,15bA	0,12aA	0,019bA
CV (%) ²	26,03		29,02		23,84		26,19		23,44	
Espécies	Total (mg planta ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado
M ¹	39,72aB	142,34aA	14,09aB	44,57aA	34,22aB	115,21aA	7,57aB	20,54aA	1,29aB	3,49aA
M + F	17,53aA	14,81bA	2,86aA	3,70bA	11,44aA	11,20bA	1,40aA	0,78bA	0,63aA	0,30bA
CV (%) ²	24,15		21,64		26,02		23,99		25,79	

M¹: Malva-branca cultivada sem a interferência do feijão-caupi; F: feijão-caupi; M: malva-branca; ²Coeficiente de variação; Médias seguidas com a mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha) não diferem, para cada variável, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Tabela 8. Eficiência de utilização de macronutrientes de *Waltheria indica* em interação com feijão-caupi, submetida ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). Mossoró/RN, 2017.

Espécies	Eficiência de utilização de nutrientes (g mg ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
M ¹	0,048aA	0,039aA	0,14bA	0,12bA	0,056bA	0,047aA	0,25bA	0,26bA	1,47aA	1,49bA
M + F	0,048aA	0,049aA	0,22aA	0,19aA	0,082aA	0,064aA	0,99aA	0,92aA	1,39aB	2,35aA
CV (%) ²	14,02		13,98		22,64		25,80		18,57	

M¹: Malva-branca cultivada sem a interferência do feijão-caupi; F: feijão-caupi; M: malva-branca; ²Coefficiente de variação; Médias seguidas com a mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha) não diferem, para cada variável, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O déficit hídrico no solo reduziu o conteúdo dos nutrientes na seguinte ordem decrescente: feijão-caupi - Ca (caule), K (raiz), Mg (folha) e N (raiz); *C. benghalensis* - N, P e K (caule); e *W. indica* – K, N, P, Ca e Mg (folha).

O déficit hídrico reduziu a eficiência de utilização de N e P do feijão-caupi, e de Mg da *C. benghalensis*.

A competição proporcionou efeito variável sobre o acúmulo e eficiência de utilização de macronutrientes de feijão-caupi e das plantas daninhas *C. benghalensis* e *W. indica*.

O feijão-caupi sofreu maior interferência com a planta daninha *W. indica* quando cultivado em solo não irrigado.

C. benghalensis apresentou elevado potencial para ciclagem de macronutrientes nos dois regimes hídricos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. Q.; SORATTO, R. P. Teor e acúmulo de nutrientes no feijoeiro em função da aplicação de bioestimulante. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 2259-2272, 2014. Disponível em: <www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/download/11409/15498>. Acesso em: 25 nov. 2016.
- BARBER, S. A. Influence of the plant root on ion movement in soil. In: CARSON, E. W. (org.). **The plant root and its environment**. Charlottesville: University Press of Virginia, 1974. p. 524-564.
- BIANCO, S; CARVALHO, L B; BIANCO, M. S. Crescimento e nutrição mineral de *Sida rhombifolia*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 311-317, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v32n2/v32n2a08.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.
- BOWLES, T. M. et al. Effects of arbuscular mycorrhizae on tomato yield, nutrient uptake, water relations, and soil carbon dynamics under deficit irrigation in field conditions. **Science of the Total Environment**, v. 566-567, p. 1223-1234, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716311081>>. Acesso em: 25 nov. 2016.
- BRESSAN, W. et al. Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 315-323, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v36n2/a15v36n2.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.
- CRAINE, J. M.; DYBZINSKI, R. Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. **Functional Ecology**, London, v. 27, p. 833-840, 2013. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2435.12081/epdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.
- CURY, J. P. et al. Acúmulo e partição de nutrientes de cultivares de milho em competição com plantas daninhas. **Planta daninha**, Viçosa, v. 30, p. 287-296, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v30n2/v30n2a07.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.
- CURY, J. P. et al. Eficiência nutricional de cultivares de feijão em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 79-88, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v31n1/09.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.
- DODD, I. C. et al. The importance of soil drying and re-wetting in crop phytohormonal and nutritional responses to deficit irrigation. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 66, n. 8, p. 2239-2252, 2015. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jxb/article/66/8/2239/497055/The-importance-of-soil-drying-and-re-wetting-in>>. Acesso em: 25 nov. 2016.
- EMBRAPA. 2013. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. rev. ampl. Embrapa, Brasília, Brasil.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.

FAVERO, C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 171-177, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v24n1/19.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

FONSECA, M. R. et al. Teor e acúmulo de nutrientes por plantas de feijão caupi em função do fósforo e da saturação por bases. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 53, n. 2, p. 195-205, 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/42048/1/UfraV53N2P195-205.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

FREIRE FILHO, F. R. et al. **Feijão-caupi**: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011.

FREITAS, F. C. L. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 241-247, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v27n2/05.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

FREITAS, R. M. O. et al. Crescimento de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 393-401, 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/17982/13754>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

FREITAS, R. M. O. et al. Produção e qualidade de sementes de feijão-caupi em função de sistemas de plantio e estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 370-376, 2013. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/pat/v43n4/09.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2016.

GARG, B. K. Nutrient uptake and management under drought: nutrient-moisture interaction. **Current Agriculture**, v. 27, p. 1-8, 2003. Disponível em: <<https://eurekamag.com/research/004/252/004252175.php>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

GONÇALVES, J. R. P. et al. **BRS Guariba**: nova cultivar de feijão-caupi para o estado do Amazonas. Embrapa Amazônia Ocidental: Manaus, 2009. 4p. (Comunicado técnico, 76).

GONZALEZ-DUGO, V.; DURAND, J.; GASTAL, F. Water deficit and nitrogen nutrition of crops. A review. **Agronomy Sustainable Development**, Baghdad, v. 30, n. 3, p. 529-544, 2010. Disponível em: <<https://hal.inria.fr/file/index/docid/886493/filename/hal-00886493.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

GRIEU, P. et al. The mean depth of soil water uptake by two temperate grassland species over time subjected to mild soil water deficit and competitive association. **Plant and Soil**, v. 230, n. 2, p. 197-209, 2001. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1023/A%3A1010363532118>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

GROSSMAN, A.; TAKAHASHI, H. Macronutrient utilization by photosynthetic eukaryotes and the fabric of interactions. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular**

Biology, v. 52, p. 163–210, 2001. Disponível em: <http://arquivo.ufv.br/DBV/PGFVG/BVE684/htms/pdfs_revisao/Molecularplantnutrition/macronututilizreview.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2016.

IPA. 2008. Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações de Adubação para o Estado de Pernambuco (2ª aproximação)**. 2.ed. IPA, Recife, Brasil.

LEÃO, D. A. S.; FREIRE, A. L. O.; MIRANDA, J. R. P. Estado nutricional de sorgo cultivado sob estresse hídrico e adubação fosfatada. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 74-79, 2011. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/8285>>. Acesso em: 25 nov. 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. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v34n4/0100-8358-pd-34-04-00701.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

MALAVOLTA, E; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. Londres, Academic Press, 1995. p. 347-364.

MELO, C. A. D. **Atividade microbiana e interferência de plantas daninhas na cultura do milho em solo com diferentes manejos de fertilidade**. 2012. 67f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Disponível em: <<http://locus.ufv.br/handle/123456789/4565>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

MELO, C. A. D. et al. Acúmulo de macronutrientes por plantas daninhas e de milho cultivadas em convivência em solo com diferentes manejos de fertilidade. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 669-682, 2015. Disponível em: <www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/download/16007/16106>. Acesso em: 26 nov. 2016.

MISRA, A.; TYLER, G. Effect of wet and dry cycles in calcareous soil on mineral nutrient uptake of two grasses, *Agrostis stolonifera* L. and *Festuca ovina* L. **Plant And Soil**, v. 224, n. 2, p. 297-303, 2000. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1004866730187>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

OLIVEIRA, O. M. S. et al. Período de convivência das plantas daninhas com cultivares de feijão-caupi em várzea no Amazonas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 523-530, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v28n3/09.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

RONCHI, C. P.; TERRA, A. A.; SILVA, A. A. Growth and nutrient concentration in coffee root system under weed species competition. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 4, p.679-687, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v25n4/a04v25n4.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

SCHREINER, R. P.; TARARA, J. M.; SMITHYMAN, R. P. Deficit irrigation promotes arbuscular colonization of fine roots by mycorrhizal fungi in grapevines (*Vitis vinifera* L.) in an arid climate. **Mycorrhiza**, v. 17, n. 7, p. 551-562, 2007. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00572-007-0128-3>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

SILVA, V. P. R et al. Evaluating the urban climate of a typically tropical city of northeastern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 161, n. 1-4, p. 45-59, 2010. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-008-0726-3>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

SOUSA, C. C. M. et al. Crescimento e respostas enzimáticas do feijoeiro caupi sob estresse hídrico e nematoide de galhas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 2, p. 113-118, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v19n2/1415-4366-rbeaa-19-02-0113.pdf>>. Acesso em 26 nov. 2016.

SOUSA, M. A. et al. Estresse hídrico e profundidade de incorporação do adubo afetando os componentes de rendimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, p. 175-182, 2009. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/download/3383/4786>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

VIEIRA, V. C. et al. Variabilidade genética em acessos de trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 74, n. 4, p. 315-320, 2007. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/docs/arq/v74_4/vieira.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2016.

WANG, Y. et al. Alternate partial root-zone irrigation improves fertilizer-N use efficiency in tomatoes. **Irrigation Science**, New York, v. 31, n. 4, p. 589-598, 2012a. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00271-012-0335-3>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

WANG, Z. et al. Alternate partial root-zone drying irrigation improves nitrogen nutrition in maize (*Zea mays* L.) leaves. **Environmental and Experimental Botany**, v. 75, p. 36-40, 2012b. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847211001985>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Calcium in plants. **Annals of Botany**, United Kingdom, v. 92, p. 487-511, 2003. Disponível em: <<https://academic.oup.com/aob/article/92/4/487/222903/Calcium-in-Plants>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. D. Competição entre espécies de plantas – uma revisão. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 11, n. 1, p. 103-122, 2004. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/viewFile/2184/1700>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

CAPÍTULO 4 - COMPETIÇÃO ENTRE FEIJÃO-CAUPI E PLANTAS DANINHAS POR ÁGUA: EFEITO NO CRESCIMENTO DAS PLANTAS

RESUMO

A água é o recurso mais importante para a produção agrícola. O entendimento dos mecanismos de competição por água pode propiciar o desenvolvimento de novas estratégias de controle ou convivência com determinadas espécies de plantas daninhas, principalmente nas situações em que a água é escassa. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da competição e do déficit hídrico no solo no crescimento e partição de massa seca de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) e malva-branca (*Waltheria indica* L.). Para tanto, foi realizado experimento em casa de vegetação do Departamento de Ciências Vegetais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. A unidade experimental correspondeu a um vaso plástico com capacidade volumétrica de 10 dm³. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos em fatorial 5x2, com o primeiro fator correspondente aos tipos de interação entre as espécies (feijão-caupi + trapoeraba; feijão-caupi + malva-branca; feijão-caupi, trapoeraba e malva-branca em monocultivo), e o segundo dos regimes hídricos (Irrigado e Déficit hídrico). O déficit hídrico foi simulado quando as plantas de feijão-caupi estavam com o segundo trifólio definitivo (estádio V4) e foi mantido por 11 dias, quando a taxa fotossintética da cultura, às 09h00min, aproximou-se de zero, momento em que foi retomada a irrigação. O déficit hídrico reduziu o crescimento das plantas de feijão-caupi, *C. benghalensis* e *W. indica*. A competição entre plantas aumentou os efeitos do déficit hídrico temporário no solo. A folha de *W. indica* foi o órgão mais afetado pelo déficit hídrico. A *W. indica* tem maior capacidade de competição por água com o feijão-caupi do que a *C. benghalensis*.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*. *Commelina benghalensis*. *Waltheria indica*. Interferência. Estresse hídrico.

COMPETITION BETWEEN COWPEA AND WEEDS FOR WATER: EFFECT ON PLANT GROWTH

ABSTRACT

Water is the most important resource for agricultural production. The understanding of water competition mechanisms may lead to the development of new control strategies or coexistence with certain weed species, especially in situations where water is scarce. The objective of this work was to evaluate the effects of competition and soil water deficit on growth and dry matter partition of *Vigna unguiculata* L. Walp., *Commelina benghalensis* L. and *Waltheria indica* L. For that, an experiment was carried out in greenhouse of the Department of Plant Sciences of the Universidade Federal Rural do Semi-Árido. The experimental unit corresponded to a plastic vessel with a volumetric capacity of 10 dm³. The experimental design for the randomized blocks, with four replications. The treatments were arranged in factorial 5x2, with the first factor corresponding to the types of interaction between the species (*V. unguiculata* + *C. benghalensis*; *V. unguiculata* + *W. indica*; *V. unguiculata*, *C. benghalensis* and *W. indica* in monoculture), and the second of water regimes (Irrigated and Water deficit). The water deficit was simulated when the cowpea plants was with the second definite trefoil (stage V4) and was maintained for 11 days, when the photosynthetic rate of the culture, at 09:00 am, approached zero, when irrigation was resumed. The water deficit reduced the growth of cowpea plants, *C. benghalensis* and *W. indica*. The competition among plants increased the effects of temporary water deficit in the soil. The *W. indica* leaf was the organ most affected by the water deficit. *W. indica* has greater capacity competition for water with *V. unguiculata* than *C. benghalensis*.

Keywords: *Vigna unguiculata*. *Commelina benghalensis*. *Waltheria indica*. Interference. Water stress.

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é cultivado em diferentes condições edafoclimáticas, sendo uma das principais culturas utilizadas como fonte protéica no mundo (RIVAS et al., 2016). Alguns de seus genótipos têm tolerância ao déficit hídrico temporário do solo, característica que torna a cultura uma das preferidas para cultivo em períodos de menor precipitação, principalmente nas regiões norte, nordeste e centro-oeste do Brasil (BENVINDO et al., 2010; NASCIMENTO et al., 2011; DUTRA et al., 2015). Nessas regiões, é comum a ocorrência de períodos de seca (veranicos) em plena estação chuvosa e, conseqüentemente, são comuns os problemas ocasionados pelo déficit hídrico, como redução do crescimento e da produtividade (SOUSA et al., 2009; FREITAS et al., 2014).

Os efeitos negativos do déficit hídrico podem ser antecipados ou intensificados pela ocorrência de plantas daninhas nas áreas de feijão-caupi, visto que estas plantas vão requerer para seu crescimento os mesmos recursos que a cultura, estabelecendo uma relação de competição. Em condições de baixo nível de um recurso, como a água, a competição tende a ser intensificada e a capacidade em extrair o recurso rapidamente ou em continuar crescendo mesmo em baixos níveis no solo vai conferir às espécies maior ou menor capacidade competitiva (CRAINE; DYBZINSKI, 2013; TREDER et al., 2016).

A intensidade desta competição por água depende das espécies envolvidas e de seus mecanismos de sobrevivência em condições de seca. Algumas espécies, como a *W. indica* e crotalária (*Crotalaria retusa* L.), possuem estratégias que permitem a manutenção da abertura estomática e, assim, continuam fazendo fotossíntese mesmo com pouca disponibilidade de água, em detrimento do seu estado hídrico, sendo consideradas plantas investidoras, ao passo que outras, como a *C. benghalensis* e mussambê (*Cleome affinis* DC.), quando sob déficit hídrico moderado, fecham seus estômatos para manter o *status* hídrico como forma de retardar a desidratação, sendo conhecidas como plantas conservadoras (BERTOLLI et al., 2015; LIMA et al., 2016).

Quando há competição com as plantas daninhas por água, os solos secam mais rapidamente e a disponibilidade deste recurso para a cultura alvo é prejudicada, aumentando a frequência e a intensidade do déficit hídrico, o que afeta a eficiência de aproveitamento dos recursos disponíveis no meio, principalmente o crescimento e distribuição de massa seca (SILVA et al., 2010; CARVALHO et al., 2011; CURY et al., 2011; MARTINS et al., 2016).

O entendimento da interação das espécies na competição por água fornece elementos para compreensão dos mecanismos funcionais das plantas quando a água é o fator limitante e

permite o aprimoramento de práticas de manejo agrícola que visam a otimização da produtividade das culturas. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da competição e do déficit hídrico no solo no crescimento e partição de massa seca de feijão-caupi e das plantas daninhas *C. benghalensis* e *W. indica*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, de setembro a novembro de 2015, em Mossoró-RN (5°12'22" S; 37°19'09" W), com cada unidade experimental correspondente a um vaso plástico com capacidade volumétrica de 10 dm³, contendo amostra de Planossolo Háplico Eutrófico (EMBRAPA, 2013), coletada na camada de 0-20 cm, com as seguintes características: pH (água)= 6,5; matéria orgânica= 1,0 dag kg⁻¹; P, K e Na= 7,2, 64,4 e 3,2 mg dm⁻³; Ca, Mg, Al, H+Al, e CTC efetiva= 2,5, 1,8, 0,0, 0,0 e 4,5 cmol_c dm⁻³; areia, silte e argila= 0,82, 0,12, e 0,05 kg kg⁻¹, respectivamente; com textura areia franca. A adubação seguiu as recomendações do Ipa (2008), com a aplicação no plantio de 45, 50 mg dm⁻³ de MAP. A adubação de cobertura foi feita com 33,3 e 16,67 mg dm⁻³ de ureia e cloreto de potássio, respectivamente.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 5x2, com o primeiro fator constituído dos tipos de interação entre as espécies avaliadas (feijão-caupi + malva-branca; feijão-caupi + trapoeraba; trapoeraba, malva-branca e feijão-caupi em monocultivo) e o segundo dos regimes hídricos (Irigado e Déficit hídrico).

O cultivar de feijão-caupi utilizado foi o BRS Guariba, de hábito de crescimento indeterminado, porte Semiereto e ciclo de 65-70 dias (GONÇALVES et al., 2009). As sementes de malva-branca (*Waltheria indica* L.) e trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) foram coletadas em área de cultivo de feijão-caupi e submetidas a procedimentos para superação da dormência (desponte na extremidade oposta ao hilo). Antes da montagem do experimento, foi realizado teste preliminar para verificar o tempo de emergência de cada espécie no solo visando à emergência simultânea no ensaio de competição.

Aos cinco dias após a emergência das plantas, foi realizado o desbaste, deixando-se a mesma densidade de plantas daninhas e cultura (uma planta por vaso). Nos tratamentos com competição, as sementes de feijão foram alocadas no centro do vaso e as plantas daninhas entre o centro e a periferia do recipiente.

A irrigação foi realizada diariamente, com o intuito de deixar o solo com nível de água acima de 70-80% da capacidade de campo. Os volumes de água aplicados foram obtidos a partir da diferença entre o peso do vaso na sua capacidade de campo determinada anteriormente e o peso do vaso no dia da irrigação, sendo feita diariamente, seguindo metodologia descrita por Sousa et al. (2015).

Quando as plantas de feijão-caupi estavam com o segundo trifólio definitivo – estágio V4 (40 dias após emergência), foi iniciada a imposição dos regimes hídricos (Irigado e Déficit hídrico). As plantas do tratamento Irrigado continuaram a receber irrigação diária conforme descrito, e as plantas do tratamento Deficit hídrico tiveram sua irrigação totalmente suspensa, de forma que o estresse foi resultante do gradativo esgotamento da água do solo, sendo mantido até a taxa de assimilação de CO₂ (A) das plantas de caupi, às 09h00min da manhã, alcançasse valores próximos de zero, o que ocorreu após 11 dias da suspensão da irrigação, momento em que foi retomada a irrigação. A taxa de assimilação de CO₂ foi mensurada com auxílio de um analisador de infravermelho de gases (IRGA, modelo portátil LI-6400, LI-COR Biosciences), conforme metodologia de Lima et al. (2016). Aos 21 dias de avaliação (60 dias após a emergência da cultura), quando a taxa de assimilação de CO₂ das plantas submetidas ao déficit hídrico igualou-se às das plantas irrigadas, realizou-se a colheita das plantas.

Para avaliação de crescimento, foram determinados: número de folhas por planta (NF); área foliar (AF), determinada pelo método do disco corrigido (SOUZA et al., 2012), utilizando amostra de 10 folhas numeradas. Em seguida, as plantas foram fracionadas em folhas, caules e raízes, que foram acondicionados em sacos de papel e colocados em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 65±1°C, até atingir massa constante. Depois, cada fração foi pesada em balança analítica para obtenção da massa seca. Com estes dados, foi calculada a partição de massa seca nos diferentes órgãos (folha, caule e raiz) das plantas, seguindo metodologia de Carvalho et al. (2011).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$). Nos casos de significância, as variáveis de crescimento foram comparadas pelo teste de Tukey, ao passo que para a partição de massa seca foi utilizado o teste t, ambos ao nível de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O déficit hídrico intensificou os efeitos da competição, com redução do número de folhas por planta de feijão-caupi (NF), independentemente da espécie de planta daninha (Tabela 1). A redução no número de folhas provavelmente foi ocasionada pela queda de folhas, o que é uma estratégia comum de plantas para reduzir a perda de água por transpiração e aumentar a eficiência de uso da água, em resposta ao déficit hídrico no solo (CECHIN et al., 2010).

A imposição do déficit hídrico reduziu a área foliar (AF) do feijão-caupi, independentemente dos tipos de interação (Tabela 1). O estresse causado pelo déficit hídrico reduziu possivelmente a taxa de expansão das folhas mais jovens, além de ter cessado a produção de novas folhas, alternativa encontrada pela planta para reduzir a área foliar e, consequentemente, a perda de água pela transpiração e, assim, economizar o suprimento hídrico limitado no solo por um período mais longo (COSGROVE, 2005; DÍAZ-LÓPEZ et al., 2012).

O déficit hídrico reduziu o acúmulo da massa seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR) e total (MST) (Tabela 1). Tais efeitos negativos do déficit hídrico no crescimento e produção de biomassa de feijão-caupi também foram relatados por diversos pesquisadores (NASCIMENTO et al., 2011; FREITAS et al., 2014; FERNANDES et al., 2015).

O crescimento de feijão-caupi não foi afetado pela interação com *C. benghalensis* ou *W. indica* em nenhum regime hídrico (Tabela 1). Esse resultado se deveu possivelmente a características morfofisiológicas relacionadas à habilidade competitiva superior da cultura, como matéria seca da parte aérea (LAMEGO et al., 2005), hábito de crescimento (TEIXEIRA et al., 2009) e acúmulo de nutrientes (CURY et al., 2013).

Tabela 1. Número de folhas por planta (NF), área foliar (AF), massa seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR) e total (MST) de feijão-caupi em interação com *Commelina benghalensis* e *Waltheria indica*, submetido ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). Mossoró/RN, 2017.

Tratamentos	NF		AF (cm ² planta ⁻¹)		MSF (g planta ⁻¹)	
	Regime hídrico		Regime hídrico		Regime hídrico	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
Feijão-caupi ¹	24,00 aA	23,25 aA	201,95 aB	265,05 aA	3,52 aB	4,43 aA
F + T	20,75 aB	25,33 aA	190,36 aB	238,38 aA	3,35 aB	4,32 aA
F+ M	21,0 aB	25,50 aA	161,08 aB	250,37 aA	2,70 aB	4,86 aA
CV (%) ²	9,76		13,50		15,50	
Tratamentos	MSC (g planta ⁻¹)		MSR (g planta ⁻¹)		MST (g planta ⁻¹)	
	Regime hídrico		Regime hídrico		Regime hídrico	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
Feijão-caupi ¹	3,03 aB	4,90 aA	1,50 aB	2,85 aA	8,05 aB	12,19 aA
F + T	2,65 aB	4,02 aA	1,50 aB	2,63 aA	7,51 aB	10,97 aA
F + M	2,39 aB	4,26 aA	1,32 aB	2,56 aA	6,41 aB	11,68 aA
CV (%) ²	19,61		22,96		13,43	

F= Feijão-caupi; T= Trapoeraba; M= Malva-branca; ¹Feijão-caupi cultivado sem interação de plantas daninhas; ²Coefficiente de variação; Médias seguidas com a mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha) não diferem, para cada variável, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

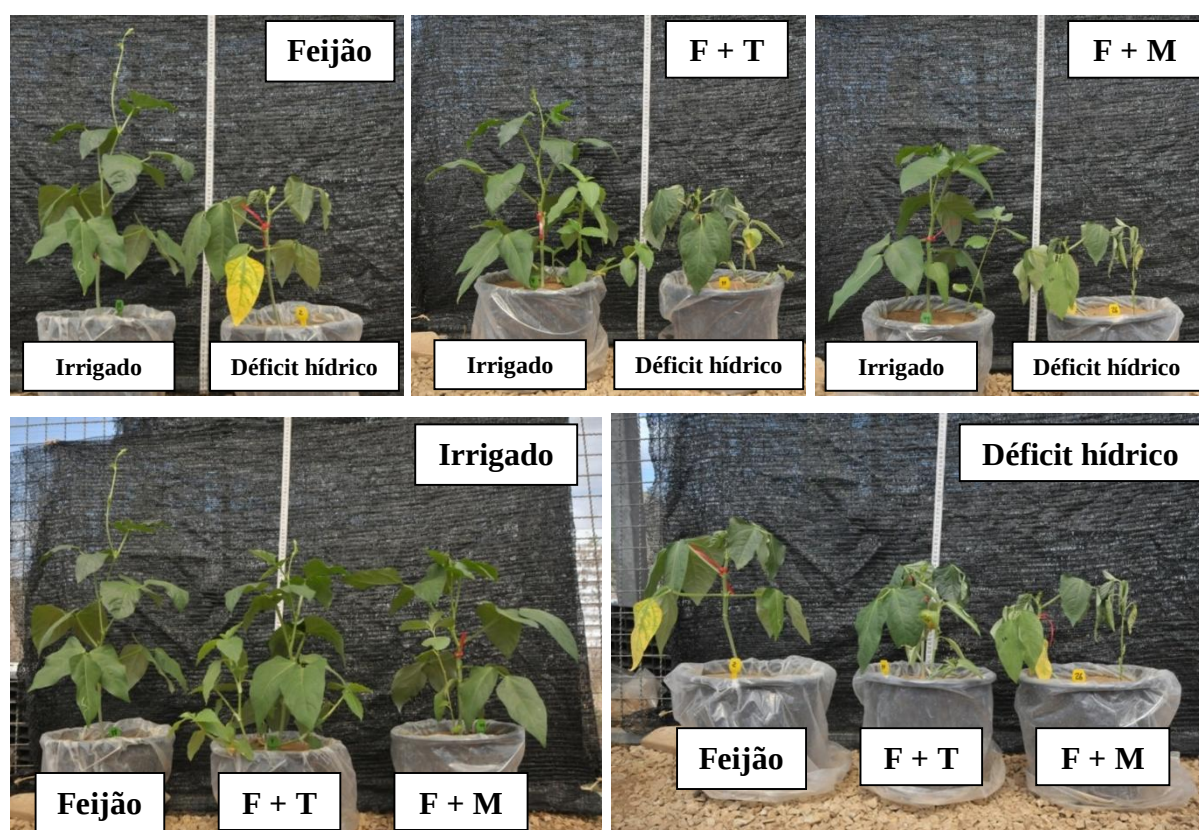


Figura 1. Superior-esquerdo: feijão-caupi em monocultivo; superior-centro: feijão-caupi + *Commelina benghalensis*; superior-direito: feijão-caupi + *Waltheria indica*; no tratamento Irigado e Déficit hídrico. Inferior-esquerdo: feijão-caupi em monocultivo e em interação com *Commelina benghalensis* e *Waltheria indica* no tratamento Irigado. Inferior-direito:

feijão-caupi em monocultivo e em interação com *Commelina benghalensis* e *Waltheria indica* sob restrição hídrica. Mossoró/RN, 2017.

O déficit hídrico reduziu o NF, MSF, MSC, MSR e MST da planta daninha *C. benghalensis* (Tabela 2). A competição com o feijão-caupi intensificou os efeitos do déficit hídrico, com decréscimos, nesta mesma ordem, de aproximadamente 84, 84,8, 93,3, 53,6, e 87,9%, em comparação às plantas crescidas sem a convivência da cultura do caupi. Diferentemente do observado para o feijão-caupi, o déficit hídrico não afetou a AF de *C. benghalensis*, indicando maior capacidade conservadora dessa espécie. Resultado semelhante foi encontrado por Lima et al. (2016), avaliando os efeitos da restrição hídrica temporária na mesma espécie daninha.

Tabela 2. Número de folhas por planta (NF), área foliar (AF), massa seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR) e total (MST) de *Commelina benghalensis* em interação com feijão-caupi, submetida ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irrigado). Mossoró/RN, 2017.

Tratamentos	NF		AF (cm ² planta ⁻¹)		MSF (g planta ⁻¹)	
	Regime hídrico		Regime hídrico		Regime hídrico	
	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado
Trapoeiraba ¹	98,0 aB	136,0 aA	261,04 aA	347,28 aA	2,94 aB	3,88 aA
T + F	22,0 bB	41,75 bA	59,81 bA	188,59 bA	0,59 bB	1,14 bA
CV (%) ²	11,19		23,49		13,96	
Tratamentos	MSC (g planta ⁻¹)		MSR (g planta ⁻¹)		MST (g planta ⁻¹)	
	Regime hídrico		Regime hídrico		Regime hídrico	
	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado	Seco	Irrigado
Trapoeiraba ¹	3,31 aB	4,90 aA	0,56 aA	0,41 aA	6,82 aB	9,19 aA
T + F	0,33 bA	0,61 bA	0,19 bB	0,58 aA	1,11 bB	2,33 bA
CV (%) ²	19,85		20,62		14,91	

F= Feijão-caupi; T= Trapoeiraba; ¹Planta daninha trapoeiraba ausente da interação com o feijão-caupi; ²Coefficiente de variação; Médias seguidas com a mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha) não diferem, para cada variável, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

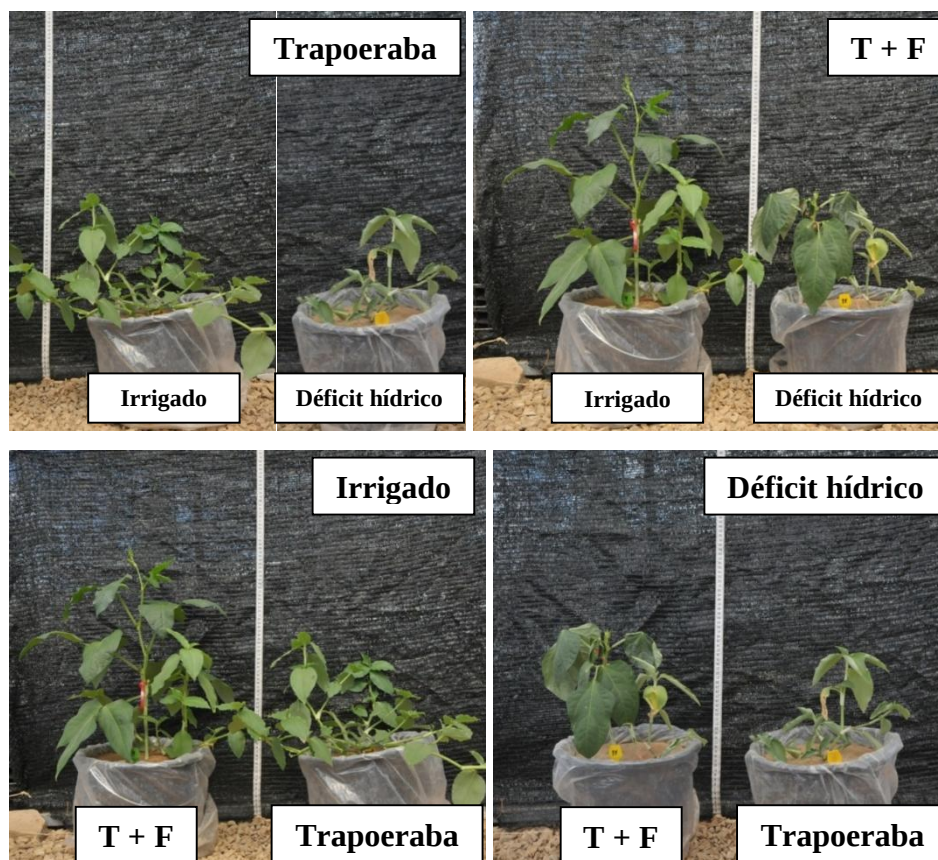


Figura 2. Superior-esquerdo: *Commelina benghalensis* em monocultivo; superior-direito: *Commelina benghalensis* + feijão-caupi; no tratamento Irrigado e Déficit hídrico. Inferior-esquerdo: *Commelina benghalensis* em monocultivo e em interação com o feijão-caupi no tratamento Irrigado. Inferior-direito: *Commelina benghalensis* em monocultivo e em interação com o feijão-caupi sob restrição hídrica. Mossoró/RN, 2017.

O déficit hídrico reduziu o NF, MSF, MSC, MSR e MST da planta daninha *W. indica*, cultivada sem interação com o feijão-caupi, com decréscimos de 43,6, 67,4, 65,1, 47,5 e 63,8%, respectivamente, em comparação às plantas que não estavam sob déficit hídrico (Tabela 3). Assim como para a *C. benghalensis*, a imposição do déficit hídrico não influenciou a AF da *W. indica* (Tabela 3).

Tabela 3. Número de folhas por planta (NF), área foliar (AF), massa seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR) e total (MST) de *Waltheria indica* em interação com feijão-caupi, submetida ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). Mossoró/RN, 2017.

Tratamentos	NF		AF (cm ² planta ⁻¹)		MSF (g planta ⁻¹)	
	Regime hídrico		Regime hídrico		Regime hídrico	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
Malva-branca ¹	18,33 aB	32,5 aA	61,57 aA	122,24 aA	0,90 aB	2,76 aA
M + F	13,0 aA	15,50 bA	14,43 aA	72,44 aA	0,27 aA	0,33 bA
CV (%) ²	27,70		27,20		20,70	
Tratamentos	MSC (g planta ⁻¹)		MSR (g planta ⁻¹)		MST (g planta ⁻¹)	
	Regime hídrico		Regime hídrico		Regime hídrico	
	Seco	Irigado	Seco	Irigado	Seco	Irigado
Malva-branca ¹	0,59 aB	1,69 aA	0,42 aB	0,80 aA	1,90 aB	5,25 aA
M + F	0,11 aA	0,24 bA	0,15 aA	0,13 bA	0,52 aA	0,70 bA
CV (%) ²	24,41		22,92		29,65	

F= Feijão-caupi; M= Malva-branca; ^{1/} Planta daninha malva-branca ausente da interação com o feijão-caupi; ^{2/} Coeficiente de variação; Médias seguidas com a mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha) não diferem, para cada variável, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

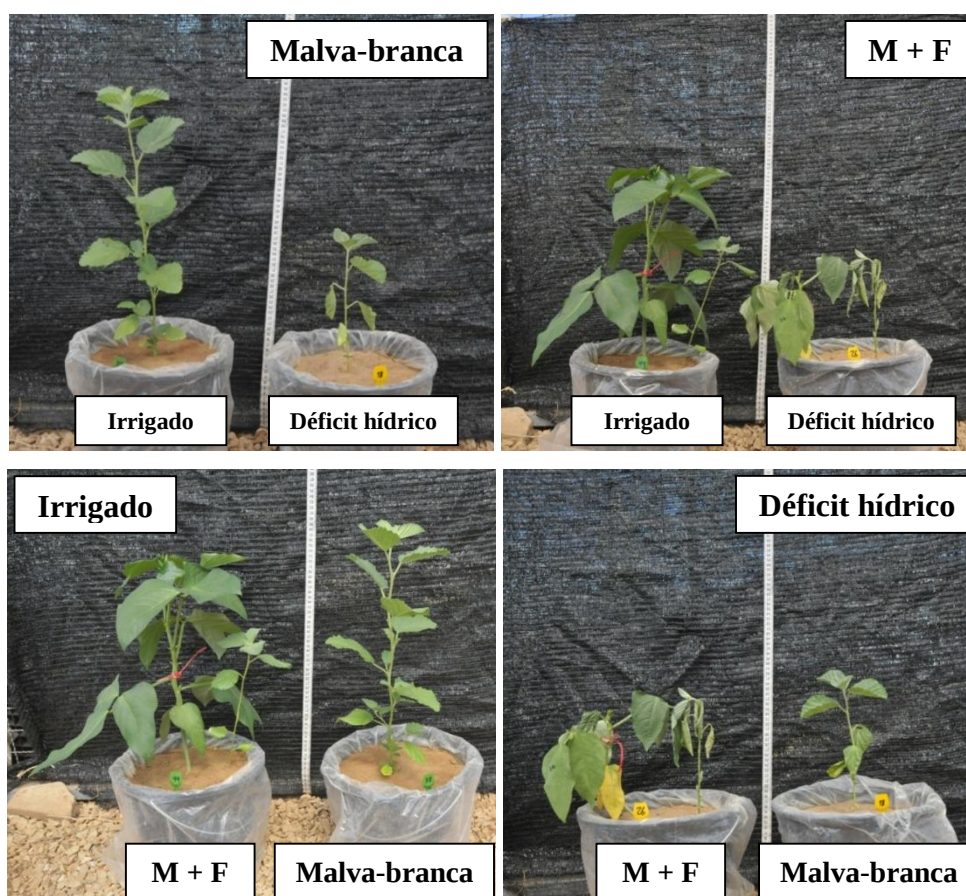


Figura 3. Superior-esquerdo: *Waltheria indica* em monocultivo; superior-direito: *Waltheria indica* + feijão-caupi; no tratamento Irigado e Déficit hídrico. Inferior-esquerdo: *Waltheria indica* em monocultivo e em interação com o feijão-caupi no tratamento Irigado. Inferior-direito: *Waltheria indica* em monocultivo e em interação com o feijão-caupi sob restrição hídrica. Mossoró/RN, 2017.

A redução da disponibilidade hídrica ocasionou estresse às plantas, afetando vários processos fisiológicos, como a abertura estomática, com diminuição da condutância estomática, da transpiração e da fotossíntese, levando, conseqüentemente, ao declínio da produção de biomassa (SINGH; REDDY, 2011; CECHEIN et al., 2015; MOTA; CANO, 2016).

Resultados semelhantes foram descritos por Cerqueira et al. (2013), que, avaliando o déficit hídrico e a competição de dois cultivares de arroz de terras altas tolerantes à seca com a planta daninha *Spermacoce verticillata*, demonstraram que a competição e/ou déficit hídrico reduziram a área foliar e a massa seca dos componentes vegetativos (parte aérea, raiz e total) dos cultivares de arroz e da planta daninha.

Em geral, espécies adaptadas a sistemas com poucos recursos muitas vezes exibem características associadas à conservação de recursos, tais como redução do crescimento (FUNK, 2013). Tal redução verificada no feijão-caupi e plantas daninhas, em condições de deficiência hídrica no solo, confirmam a reação destas plantas para manter o funcionamento celular (LARCHER, 2006).

Tais informações também foram constatadas por Lima et al. (2016) ao avaliar, em casa de vegetação, o comportamento ecofisiológico dessas mesmas plantas daninhas em condições de déficit hídrico. Em geral, foi verificada redução do crescimento e alteração da massa seca das plantas daninhas *C. benghalensis* e *W. indica* em condições de déficit hídrico temporário no solo. Os mesmos autores constataram, ainda, maior alocação de massa seca nas raízes das plantas daninhas submetidas ao déficit hídrico, estratégia para contornar a perda de biomassa na parte aérea.

No que se refere à distribuição percentual de massa seca entre os diferentes órgãos vegetativos, com exceção para a folha da planta daninha *W. indica* (Gráfico 1C), não houve efeito do déficit hídrico e/ou competição. Verificou-se, no tratamento em interação com o feijão-caupi, maior acúmulo relativo de massa seca na folha das plantas sob déficit hídrico, com 51%, em relação ao tratamento Irrigado (Figura 1C). Este resultado indica que a espécie apresenta grande capacidade de competição por água em condições severas de restrição hídrica, alocando maior massa seca nas folhas, com o intuito de manter a atividade fotossintética e, conseqüentemente, o crescimento da planta.

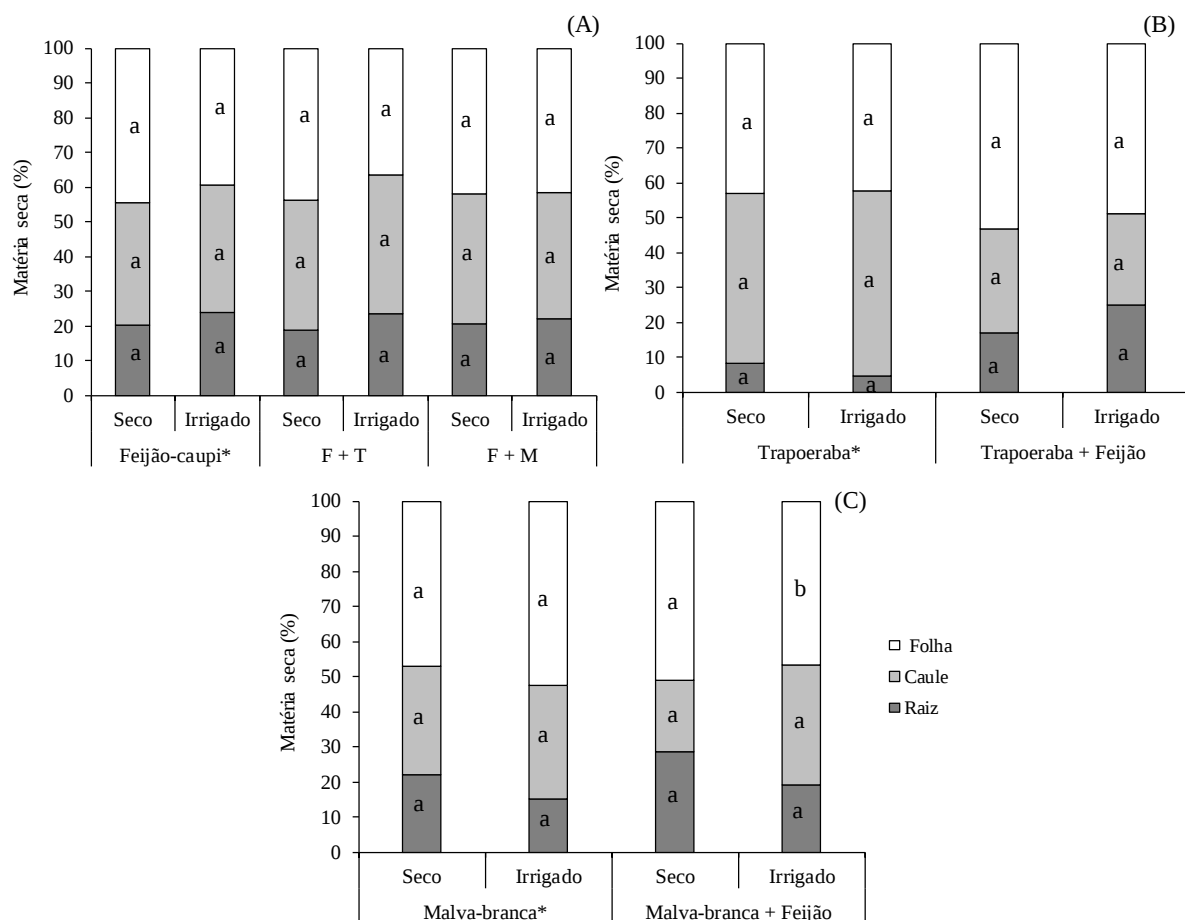


Gráfico 1. Partição de matéria seca de feijão-caupi (A), *Commelina benghalensi* (B) e *Waltheria indica* (C), em situação de competição, submetidos ao déficit hídrico (Seco) ou não (Irigado). Médias seguidas pela mesma letra, em cada variável (órgão da planta), não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade; *=Plantas cultivadas sem interação. Mossoró/RN, 2017.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O déficit hídrico reduziu o crescimento das plantas de feijão-caupi, *C. benghalensis* e *W. indica*.

A competição entre plantas aumentou os efeitos do déficit hídrico temporário no solo.

A folha de *W. indica* foi o órgão mais afetado pelo déficit hídrico.

A *W. indica* tem maior capacidade de competição por água com o feijão-caupi do que a *C. benghalensis*.

REFERÊNCIAS

- BENVINDO, R. N. et al. Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte semi-prostrado em cultivo de sequeiro e irrigado. **Comunicata Scientiae**, Piauí, v. 1, p. 23-28, 2010. Disponível em: <<https://www.comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/5/18>>. Acesso em: 20 nov. 2016.
- BERTOLLI, S. C.; SOUZA, J.; SOUZA, G. M. Caracterização fotossintética da espécie isohídrica pata-de-elefante em condições de deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, p. 196-205, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/3820/pdf_291>. Acesso em: 21 nov. 2016.
- CARVALHO, F. P. et al. Alocação de matéria seca e capacidade competitiva de cultivares de milho com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, p. 373-382, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v29n2/a15v29n2.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2016.
- CECHIN, I. et al. Differential responses between mature and young leaves of sunflower plants to oxidative stress caused by water deficit. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p. 1290-1294, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v40n6/a634cr2794.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2016.
- CECHIN, I. et al. Nitric oxide reduces oxidative damage induced by water stress in sunflower plants. **Bragantia**, Campinas, v. 74, p. 200-206, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v74n2/0006-8705-brag-74-2-200.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2016.
- CERQUEIRA, F. B. et al. Competition between drought-tolerant upland rice cultivars and weeds under water stress condition. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, p. 291-302, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v31n2/06.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2016.
- COSGROVE, D. J. Growth of the plant cell wall. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, London, v. 6, p. 850-861, 2005. Disponível em: <<http://www.nature.com/nrm/journal/v6/n11/full/nrm1746.html>>. Acesso em: 23 nov. 2016.
- CRAINE, J. M.; DYBZINSKI, R. Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. **Functional Ecology**, London, v. 27, p. 833-840, 2013. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2435.12081/epdf>>. Acesso em: 20 nov. 2016.
- CURY, J.P. et al. Produção e partição de matéria seca de cultivares de feijão em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 149-158, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v29n1/a17v29n1.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2016.
- CURY, J. P. et al. Eficiência nutricional de cultivares de feijão em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 79-88, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v31n1/09.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

DÍAZ-LÓPEZ, L. et al. *Jatropha curcas* seedlings show a water conservation strategy under drought conditions based on decreasing leaf growth and stomatal conductance. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 105, p. 48-56, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377412000042>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

DUTRA, A. F. et al. Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 10, p. 189-197, 2015. Disponível em: <http://agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v10i2a3912>. Acesso em: 24 nov. 2016.

EMBRAPA. 2013. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. rev. ampl. Embrapa, Brasília, Brasil.

FERNANDES, F. B. P. et al. Efeito de manejos do solo no déficit hídrico, trocas gasosas e rendimento do feijão-de-corda no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, p. 506-515, 2015. Disponível em: <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/3639/1149>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

FREITAS, R. M. O. et al. Crescimento de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 393-401, 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/17982/13754>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

FUNK, J. L. The physiology of invasive plants in low-resource environments. **Conservation Physiology**, Oxford, v. 1, p. 1-17, 2013. Disponível em: <<https://academic.oup.com/conphys/article/1/1/cot026/364551/The-physiology-of-invasive-plants-in-low-resource?searchresult=1>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

GONÇALVES, J. R. P. et al. **BRS Guariba: nova cultivar de feijão-caupi para o estado do Amazonas**. Embrapa Amazônia Ocidental: Manaus, 2009. 4p. (Comunicado técnico, 76).

IPA. 2008. Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações de Adubação para o Estado de Pernambuco (2ª aproximação)**. 2 ed. IPA, Recife, Brasil.

LAMEGO, F. P. et al. Tolerância a interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por cultivares de soja – I. Resposta de variáveis de crescimento. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 405-414, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v23n3/a03v23n3.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 2006.

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. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/pd/v34n4/0100-8358-pd-34-04-00701.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

MARTINS, D. A. et al. Growth and physiological characteristics of the weed false johnsongrass (*Sorghum arundinaceum* (Desv.) Stapf). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, p. 016-024, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rceres/v63n1/2177-3491-rceres-63-01-00016.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

MOTA, C. S.; CANO, M. A. O. Respostas fotossintéticas e acúmulo de massa em plantas jovens de macaúba submetida ao déficit hídrico cíclico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, p. 850-858, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/caatinga/article/view/4641/pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

NASCIMENTO, S. P. et al. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 853-860, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n8/13.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

RIVAS, R. et al. Drought tolerance in cowpea species is driven by less sensitivity of leaf gas exchange to water deficit and rapid recovery of photosynthesis after rehydration. **South African Journal of Botany**, Pietermaritzburg, v. 103, p. 101-107, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629915003920>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

SILVA, C. D. S. et al. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas a deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 7-13, 2010. Disponível em: <<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/1479/4609>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

SINGH, S. K.; REDDY, K. R. Regulation of photosynthesis, fluorescence, stomatal conductance and water-use efficiency of cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) under drought. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, Lausanne, v. 105, p. 40-50, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1011134411001588>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

SOUSA, C. C. M. et al. Crescimento e respostas enzimáticas do feijoeiro caupi sob estresse hídrico e nematoide de galhas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 2, p.113-118, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v19n2/1415-4366-rbeaa-19-02-0113.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

SOUSA, M. A. et al. Estresse hídrico e profundidade de incorporação do adubo afetando os componentes de rendimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, p. 175-182, 2009. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/3383/4786>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

SOUZA, M. S. et al. Comparação de métodos de mensuração de área foliar para a cultura da melancia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 241-245, 2012.

Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/15764/11188>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

TEIXEIRA, I. R. et al. Competição entre feijoeiros e plantas daninhas em função do tipo de crescimento dos cultivares. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 235-240, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v27n2/04.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

TREDER, K. et al. Effect of competitive interactions and water stress on the morphological characteristics of red clover (*Trifolium pratense* L.) cultivated with spring barley (*Hordeum vulgare* L.). **Acta Scientiarum Polonorum Agricultura**, Bydgoszcz, v. 15, p. 83-94, 2016. Disponível em: <<http://www.acta.media.pl/pl/action/getfull.php?id=4642>>. Acesso em: 22 nov. 2016.