



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA**

**HERCULES GUSTAVO DOS SANTOS SARMENTO**

**INTERFERÊNCIA DE *Calotropis procera* NAS CULTURAS DE MILHO E FEIJÃO  
CAUPI E SEU CONTROLE QUÍMICO**

**FORTALEZA**

**2019**

HERCULES GUSTAVO DOS SANTOS SARMENTO

INTERFERÊNCIA DE *Calotropis procera* NAS CULTURAS DE MILHO E FEIJÃO  
CAUPI E SEU CONTROLE QUÍMICO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia) da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Alek Sandro Dutra.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S255i Sarmento, Hercules Gustavo dos Santos.

Interferência de *Calotropis procera* nas culturas de milho e feijão caupi e seu controle químico / Hercules Gustavo dos Santos Sarmento. – 2019.  
58 f. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós- Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Alek Sandro Dutra.

1. Controle químico. 2. Estresse hídrico. 3. Planta daninha. 4. Potencial osmótico. 5. Variáveis fisiológicas. I. Título.

CDD 630

---

HERCULES GUSTAVO DOS SANTOS SARMENTO

INTERFERÊNCIA DE *Calotropis procera* NAS CULTURAS DE MILHO E FEIJÃO  
CAUPI E SEU CONTROLE QUÍMICO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia) da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Alek Sandro Dutra (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Alexandre Bosco de Oliveira  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Daniel Valadão Silva  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

---

Prof. Dr. Bruno França da Trindade Lessa  
Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)

---

Dra. Ana Kelly Firmino da Silva  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus onipotente.

**Dedico e ofereço**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por minha vida, serenidade, por estar sempre presente ao meu lado me guiando e por esta conquista.

À Universidade Federal do Ceará – UFC e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia pela possibilidade de realização deste projeto.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida durante o curso de doutorado.

Ao Prof. Dr. Alek S. Dutra por toda orientação, oportunidade, ensinamentos, amizade, apoio e principalmente por acreditar neste projeto.

Aos professores e pesquisadores participantes da banca examinadora, Prof. Dr. Bruno Lessa, Prof. Dr. Daniel Valadão, Prof. Dr. Alexandro Bosco e Dra. Ana Kelly Silva, pelas colaborações e sugestões do trabalho.

À todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia-UFC, em especial aos professores Patrick, Rosilene e Lamartine pelo conhecimento transmitido e, aos funcionários (UFC).

À minha família, pelo apoio, incentivo, paciência e credibilidade neste sonho tão esperado. Em especial à minha querida mãe, Zinha e meu pai Marcos que, mesmo diante da minha ausência familiar (quase 11 anos), sempre estiveram ao meu lado, sonhando com minha realização profissional.

À Marianne Barbosa, por toda ajuda no desenvolvimento dos experimentos (com o qual sempre pude contar), pelo carinho, companheirismo, momentos de alegrias e estudos vividos nestes anos e, principalmente, pelo incentivo. Mais que uma esposa, uma amiga de todas as horas.

Aos queridos amigos do curso de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia na UFC: Falkner, Hozano, Marcelo, Vanessa, Kassio, Charles, Luma, Tomil, Cristiane e outros.

Enfim, agradeço a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento deste trabalho, pelo carinho e incentivo.

Muito Obrigado!

Descobri como é bom chegar quando se tem paciência. E para se chegar, onde quer que seja, aprendi que não é preciso dominar a força, mas a razão. É preciso, antes de mais nada, querer e não perder o desejo de prosseguir.

**Amyr Klink**

## RESUMO

O *Calotropis procera* (Ailton) arbusto popularmente conhecido por algodão de seda, possui grande adaptação a regiões desérticas e áridas e solos arenosos. Ocorrem em plantações, pastagens degradadas, no litoral a beira do mar, dunas, terrenos baldios e margens de estradas, tolera solos pobres, solos ácidos e salinos. *Calotropis procera* é uma planta exótica, e plantas exóticas daninhas são altamente eficientes na competição por recursos, podendo vir a causar sérios prejuízos ambientais e econômicos, desse modo, o estudo das plantas daninhas se torna estratégico para delinear programas de manejo integrado das espécies. Assim objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da competição de *C. procera* nas culturas do milho e feijão-caupi bem como sua germinação em estresses abiótico e selecionar herbicidas para seu controle. Os experimentos foram conduzidos na Universidade Federal do Ceará (UFC). No primeiro experimento de competição foram avaliadas as características associadas ao uso da água – taxa transpiratória, condutância estomática, eficiência do uso da água, bem como à fotossíntese, concentração interna de CO<sub>2</sub> na folha, temperatura média das folhas no momento da avaliação e taxa fotossintética. No segundo, foram simulados o estresse hídrico (PEG 6000) e salino (NaCl) avaliando a germinação e o vigor das sementes. No último foi feita aplicação de diferentes herbicidas para seleção dos mesmos para o controle de *C. procera*, avaliando a taxa de transporte de elétrons, fitotoxicidade e rebrota da daninha. De acordo com os resultados a taxa fotossintética, transpiratória e condutância estomática foram influenciadas negativamente na cultura de milho e feijão pela competição com *C. procera* e o nível de competição de 16 plantas por vaso foi o que mais afetou negativamente a matéria seca da parte aérea e taxa de crescimento da cultura. As condições de estresse hídrico e salino reduziram a qualidade fisiológica das sementes. Os danos ocasionados pela redução do potencial hídrico foram mais acentuados em relação ao estresse salino e as diferentes temperaturas influenciaram nos parâmetros fisiológicos avaliados, obtendo os melhores resultados dentro da faixa de temperatura de 26,7 a 29,9 °C. Todos os herbicidas foram eficientes para o controle de *C. procera* nas fases de desenvolvimento de até 30 dias após o plantio e quando aplicados em rebrota de plantas com 150 DAP. O herbicida tembotriona apresenta efeito reduzido e mais lento quando comparado aos demais herbicidas no controle de *C. procera*.

**Palavras-chave:** Controle químico. Estresse hídrico. Planta Daninha. Potencial Osmótico. Variáveis fisiológicas.

## ABSTRACT

The *Calotropis procera* (Ailton) shrub popularly known as silk cotton, has great affinity for desert and arid regions and sandy soils. They occur in plantations, degraded pastures, on the seaside, dunes, vacant lots and roadsides, tolerate poor soils, acid soils, saline. *Calotropis procera* is an exotic plant, and weed plants are highly efficient in competition for resources and can cause serious environmental and economic damage, thus, the study of weeds becomes strategic to delineate integrated species management programs. The objective of this work was to evaluate the effect of competition of *C. procera* on maize and cowpea crops as well as their germination in abiotic stresses and to select herbicides for their control. The experiments were conducted at the Federal University of Ceará (UFC). In the first competition experiment, the characteristics associated to water use - transpiratory rate, stomatal conductance, water use efficiency, as well as photosynthesis, internal CO<sub>2</sub> concentration in the leaf, average leaf temperature at the time of evaluation and photosynthetic rate. In the second, the water stress (PEG 600) and saline (NaCl) were simulated, evaluating the germination and seed vigor. In the last experiment, different herbicides were applied to the control of *C. procera*, evaluating the rate of electron transport, phytotoxicity and regrowth of weed. According to the results the photosynthetic, transpiratory and stomatal conductance rates were negatively influenced in the corn and bean crop by competition with *C. procera* and the competition level of 16 plants per pot was the one that most negatively affected the aerial part dry matter and growth rate of the crop. The water and saline stress conditions reduced the physiological quality of the seeds and the damages caused by the reduction of the water potential were more accentuated in relation to the saline stress and the different temperatures influenced the physiological parameters evaluated, obtaining the best results within the temperature range of 26.7 to 29.9 °C. All herbicides were efficient for the control of *C. procera* in the development stages 30 DAP and when applied in regrowth of plants with 150 DAP. The herbicide tembotrione has a reduced and slower effect when compared to the other herbicides in the control of *C. procera*.

**Keywords:** Chemical Control. Osmotic Potential. Physiological Variables. Water Stress. Weeds

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Porcentagem de germinação de sementes de *Calotropis procera* submetidas a estresse hídrico induzido por PEG e estresse salino por NaCl em diferentes potenciais osmóticos ..... 33
- Figura 2 – Porcentagem de germinação na primeira contagem de sementes de *Calotropis procera* submetidas a estresse hídrico induzido por PEG a estresse salino por NaCl em diferentes potenciais osmóticos..... 35
- Figura 3 – Índice de velocidade de germinação de sementes de *Calotropis procera* submetidas a estresse hídrico induzido por PEG e estresse salino por NaCl em diferentes potenciais osmóticos ..... 35
- Figura 4 – Comprimento de plântulas de *Calotropis procera* submetidas a estresse hídrico induzido por PEG e estresse salino (NaCl) em diferentes potenciais osmóticos ..... 37
- Figura 5 – Matéria seca de plântulas de *Calotropis procera* submetidas a estresse hídrico induzido por PEG e estresse salino (NaCl) em diferentes potenciais osmóticos ..... 38
- Figura 6 – Primeira contagem e germinação de sementes de *Calotropis procera* submetidas a diferentes temperaturas ..... 39
- Figura 7 – Índice de velocidade de germinação de sementes de *Calotropis procera* submetidas a diferentes temperaturas ..... 40
- Figura 8 – Comprimento de plântulas de *Calotropis procera* submetidas a diferentes temperaturas ..... 41
- Figura 9 – Matéria seca de plântulas de *Calotropis procera* submetidas a diferentes temperaturas ..... 41
- Figura 10 – Taxa de transporte de elétrons (ETR), em relação ao tempo (Horas), para plantas de *C. procera* após aplicação de Carfentrazone etílica; 2,4-D; Glifosato; Picloram; Tembotriona; Atrazina + S-metalacloro; Picloram + 2,4-D; Carfentrazone etílica + Tembotrina ..... 56
- Figura 11 – Porcentagem de controle, em relação ao tempo (dias), para plantas de *C. procera* após aplicação de Carfentrazone etílica; 2,4-D; Glifosato; Picloram; 57

Tembotriona; Atrazina + S-metalacoloro; Picloram + 2,4-D; Carfentrazone  
etífica + Tembotrina .....

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Concentração interna de CO <sub>2</sub> na folha (C <sub>i</sub> ), temperatura média das folhas (T <sub>leaf</sub> ) e taxa fotossintética (A) de plantas de milho em competição com diferentes densidades de <i>Calotropis procera</i> .....	23
Tabela 2	– Taxa transpiratória (E) e condutância estomática (GS) e eficiência do uso água (EUA) de plantas de milho em competição com diferentes densidades de <i>Calotropis procera</i> .....	24
Tabela 3	– Matéria seca (MS) e taxa de crescimento da cultura (TCC) de plantas de milho em competição com diferentes densidades de <i>Calotropis procera</i> ....	25
Tabela 4	– Concentração interna de CO <sub>2</sub> na folha (C <sub>i</sub> ), temperatura média das folhas (T <sub>leaf</sub> ) e taxa fotossintética (A) de plantas de feijão-caupi em competição com diferentes densidades de <i>Calotropis procera</i> .....	26
Tabela 5	– Taxa transpiratória (E) e condutância estomática (GS) e eficiência do uso da água (EUA) de plantas de feijão-caupi em competição com diferentes densidades de <i>Calotropis procera</i> .....	27
Tabela 6	– Matéria seca da parte aérea (MS) e taxa de crescimento (TCC) de plantas de feijão-caupi em competição com diferentes densidades de <i>Calotropis procera</i> .....	29
Tabela 7	– Descrição dos herbicidas e doses utilizados no controle de <i>Calotropis procera</i> .....	46
Tabela 8	– Porcentagens de controle de plantas de <i>Calotropis procera</i> em função da idade de planta após a aplicação de diferentes herbicidas .....	51
Tabela 9	– Porcentagem de rebrota de plantas de <i>Calotropis procera</i> após a exposição a diferentes herbicidas ao longo da fase de desenvolvimento da planta .....	53
Tabela 10	– Coeficiente de determinação e parâmetros do modelo de regressão adotado linear para Taxa de transporte de elétrons (ETR) .....	55
Tabela 11	– Coeficiente de determinação e parâmetros do modelo de regressão adotado para controle de <i>Calotropis procera</i> .....	56

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL .....	13
2	FISIOLOGIA E CRESCIMENTO DE MILHO E FEIJÃO-CAUPI SOB INTERFERÊNCIA DA PLANTA DANINHA <i>Calotropis procera</i> (Aiton) W. T. Aiton .....	16
3	INFLUÊNCIA DE ESTRESSES ABIÓTICOS NA GERMINAÇÃO E VIGAR DE SEMENTES DE <i>Calotropis procera</i> (Aiton) W. T. Aiton .....	26
4	EFICIÊNCIA DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE <i>Calotropis procera</i> (Aiton) W. T. Aiton .....	38
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
	REFERÊNCIAS .....	52

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

*Calotropis procera* (Aiton) W. T. Aiton, é uma planta arbustiva popularmente conhecida por algodão de seda, flor-de-seda, algodão-da-praia, leiteira, paina-de-sapo, paina-de-seda, queimadeira, pé-de-balão ou janaúba. É uma planta nativa da África, Península Arábica e Sudoeste da Ásia (SOUTO *et al.*, 2008; MOREIRA FILHO e VIANA, 2007) e foi introduzida no Brasil como planta ornamental (INSTITUTO HÓRUS, 2016). Sua facilidade de adaptação a regiões desérticas e áridas (KHAN e MALIK, 1989) e solos arenosos facilitou a disseminação em vários estados da região Nordeste e de outras regiões brasileiras (MOREIRA FILHO e VIANA, 2007).

Esta espécie desenvolve-se bem nas mais diversas regiões do planeta (MOREIRA FILHO e VIANA, 2007), é comum em solos arenosos perturbados ao longo das estradas, cursos de água e lugares desertos, principalmente perto de habitação e, muitas vezes estendendo-se em pastos degradados (PARSONS e CUTHBERTSON, 2001). Ocorrem em plantações, pastagens degradadas, no litoral a beira do mar, dunas, terrenos baldios e margens de estradas. Toleram solos pobres, solos ácidos, salinos e com elevado teor de alumínio (INSTITUTO HÓRUS, 2016).

Quando são cortadas partes da planta, se obtém um fluxo abundante de seiva branca, devido ao rompimento dos tecidos. A produção do látex é uma das principais características das plantas da família Asclepiadaceae, sendo a secreção liberada como uma resposta de defesa contra os microrganismos ou insetos (MOREIRA FILHO e VIANA, 2007). Além de crescer com porte arbustivo, pode ser encontrada como uma pequena árvore de mais ou menos 2,5 m de altura, podendo até atingir 6,0 m, que tem característica xerofítica com folhas consistentes por causa da cutícula grossa (SOUTO *et al.*, 2008).

As sementes são marrons, achatadas, com uma grande quantidade de longos pêlos brancos em uma das extremidades, o que favorece sua dispersão a grandes distâncias através do vento (PARSONS e CUTHBERTSON, 2001).

Apesar de seus possíveis benefícios que são estudados na área agrícola (OLIVEIRA *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2017), como o uso na alimentação de ruminantes, incorporada na dieta alimentar dos rebanhos no período mais seco do ano (COSTA *et al.*, 2011; Almeida *et al.*, 2017) e como planta medicinal (AHMED *et al.*, 2018; AWAAD *et al.*, 2018), a *C. procera* é uma planta naturalizada, altamente eficiente na competição por recursos, podendo vir a causar sérios prejuízos ambientais e econômicos (DAEHLER, 2003). Desse modo, o estudo das plantas daninhas se torna estratégico para delinear programas de manejo integrado das espécies.

Planta-daninha é definido como qualquer planta superior que interfira nos interesses do homem e no meio ambiente (PITELLI, 2015). As plantas daninhas constituem-se em um problema sério para a agricultura, pois se desenvolvem em condições semelhantes às das plantas cultivadas. Se as condições edafoclimáticas são propícias à lavoura, são também para as espécies daninhas. Todavia, se as condições ambientais são antagônicas às espécies cultivadas, as daninhas, por apresentarem elevado grau de adaptação, podem sobreviver nessas condições e perpetuar com maior facilidade. Elas podem germinar, crescer, desenvolver e reproduzir em condições ambientais pouco favoráveis, como em condições de estresse hídrico, umidade excessiva, temperaturas pouco propícias, fertilidade desfavorável, elevada salinidade, acidez ou alcalinidade (EMBRAPA, 2006).

Quando as plantas são submetidas a uma forte competição com as daninhas, as características fisiológicas de crescimento e desenvolvimento são geralmente alteradas, o que resulta em diferenças no uso de recursos ambientais, e possíveis alterações na condutância estomática, na concentração interna de gases e, conseqüentemente, na atividade fotossintética e no uso eficiente da água (ASPIAZÚ *et al.*, 2010; MANABE *et al.*, 2014). É importante lembrar que os efeitos negativos causados pela presença das plantas daninhas não devem ser atribuídos exclusivamente à competição, mas sim a uma resultante total de pressões ambientais, que podem ser diretas (competição, alelopatia, interferência na colheita e outras) e indiretas (hospedar insetos, doenças e outras) (FREITAS *et al.*, 2009; ARAÚJO *et al.*, 2018).

A interferência de plantas daninhas constitui um dos fatores que mais influenciam o crescimento e o desenvolvimento das espécies cultivadas como o milho e o feijão caupi, cultivos importantes no âmbito da agricultura brasileira.

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de milho sendo que na safra 2017/18 a produção foi de 80.786,0 mil toneladas em uma área de 16.631,8 mil ha (CONAB 2019). A interferência de plantas daninhas na cultura do milho pode limitar o crescimento e desenvolvimento, , as perdas estimadas de rendimento em função da competição com plantas daninhas variam entre 10 e 80% (VARGAS *et al.*, 2006; LAMEGO *et al.*, 2015) e nos casos em que não tenha sido realizado nenhum método de controle, estas perdas podem chegar a aproximadamente 85% (CARVALHO *et al.*, 2007).

Já a produção de feijão caupi na safra de 2017/18 foi de 786,8 mil toneladas em uma área de 1512,7 mil ha (CONAB 2019), e um dos grandes problemas para a produção de feijão caupi, estão as plantas daninhas. Em virtude de apresentar ciclo curto, o feijão caupi torna-se extremamente susceptível à competição com plantas daninhas, especialmente no início do desenvolvimento (LAMEGO *et al.*, 2011). Corrêa *et al.*, 2015 trabalhando com períodos de

interferência de plantas daninhas na cultura do feijão caupi, observou que a interferência das plantas daninhas reduziu o rendimento de grãos do feijão caupi em 46%. Freitas *et al.*, 2009 verificaram 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%.

Para mitigar ou mesmo eliminar os prejuízos ocasionados pelas plantas daninhas, atividades de controle destas, são práticas de elevada importância para a obtenção de altos rendimentos em qualquer exploração agrícola. As possibilidades de controle de plantas daninhas incluem os métodos preventivos, cultural, mecânico, biológico e químico. (EMBRAPA, 2004; SILVA e SILVA, 2007).

O algodão de seda se disseminou por várias áreas do país, principalmente nas regiões semiáridas e o controle em áreas infestadas se torna difícil e muitas vezes inviável economicamente. De forma mecânica, as colônias podem ser controladas através do arranquio visando extrair o máximo da raiz principal, e o uso de arados ou roçadas, contribui para extensa rebrota da raiz tuberosa da planta (GRACE, 2006; PARSONS e CUTHBERTSON 2001).

Uma das maneiras mais rápidas de lidar com as plantas é a pulverização com herbicidas (controle químico). O uso de herbicidas apresenta diversas vantagens, como: menor dependência de mão de obra; eficiência mesmo em épocas chuvosas; eficiência no controle de plantas daninhas na linha de plantio sem afetar o sistema radicular das culturas e possibilidade do cultivo mínimo ou plantio direto (SILVA e SILVA, 2007). Devido à praticidade e custo, uma prática usual realizada, principalmente em grandes culturas, é a mistura de herbicidas, uma forma de melhorar o controle da daninha e também aumento do espectro de ação. Contudo, as misturas de herbicidas devem ser avaliadas para identificar quaisquer problemas de compatibilidade e conseqüentemente redução da eficiência.

Segundo Parsons e Cuthertson (2001) o controle químico de *C. procera* pode ser feito em mudas e plantas maduras com uma mistura dos herbicidas picloram + 2,4-D, molhando completamente toda a planta e em arbustos maiores fazer a aplicação na casca, e repetir a pulverização, quando necessário, até a morte completa das plantas.

Considerando a importância do conhecimento da adaptabilidade da *C. procera* em diferentes condições e possíveis interferências desta planta daninha no cultivo de culturas de importância econômica, objetivou-se: 1) avaliar o efeito da competição da planta daninha *C. procera* nas culturas do milho e feijão-caupi e suas características fisiológicas; 2) avaliar a germinação de *C. procera* sob diferentes níveis de estresse hídrico, salino e temperatura; 3) avaliar diferentes herbicidas para o controle de *C. procera*.

## 2 FISILOGIA E CRESCIMENTO DE MILHO E FEIJÃO-CAUPI SOB INTERFERÊNCIA DA PLANTA DANINHA *Calotropis procera* (Aiton) W. T. Aiton

### RESUMO

Quando as plantas são submetidas a uma forte competição com as daninhas, as características fisiológicas de crescimento e desenvolvimento são geralmente alteradas. Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da competição da planta daninha *Calotropis procera* nas características fisiológicas das culturas do milho e feijão-caupi. As cultivares utilizadas no experimento foram o milho AG 1051 e o feijão-caupi setentão. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, sendo os tratamentos constituído por duas culturas (milho e feijão-caupi), quatro densidades de algodão de seda (2, 4, 8 e 16 plantas por vaso), mais a daninha e a cultura solteira. Na floração do milho e do feijão-caupi foi realizado as avaliações fisiológicas com o analisador de gás infravermelho (IRGA), sendo avaliadas as características associadas ao uso da água – taxa transpiratória (E), condutância estomática (gs), eficiência do uso da água (EUA), bem como à fotossíntese, concentração interna de CO<sub>2</sub> na folha (Ci), temperatura média das folhas no momento da avaliação (Tleaf) e taxa fotossintética (A) e também a matéria seca da parte aérea (MS) e a taxa de crescimento da cultura (TCC). De acordo com os resultados a taxa fotossintética, transpiratória e condutância estomática foram influenciadas negativamente na cultura de milho e feijão pela competição com *C. procera*. O nível de competição de 16 plantas por vaso foi o que mais afetou negativamente a matéria seca da parte aérea e taxa de crescimento da cultura.

**Palavras-chave:** Interferência. Planta daninha. Variáveis fisiológicas. *Vigna unguiculata*. *Zea mays*

### ABSTRACT

When plants are subjected to strong competition with weeds, the physiological characteristics of growth and development are generally altered. The objective of this work was to evaluate the effect of competition of the weed *Calotropis procera* on maize and cowpea crops and their physiological characteristics. The cultivars used in the experiment were the AG 1051 maize and the Brazilian cowpea Setentão. The treatments were composed of two cultures (maize and cowpea), four silk cotton densities (2, 4, 8 and 16 plants per pot), plus weed and single culture.

In the flowering of maize and cowpea, physiological evaluations were performed with the infrared gas analyzer (IRGA). The characteristics associated to the use of water - transpiratory rate (E), stomatal conductance (gs), efficiency of water use (Ci), leaf mean temperature at the time of evaluation (Tleaf) and photosynthetic rate (A), as well as shoot dry matter (MS) and growth rate (TCC). According to the results the photosynthetic, transpiratory and stomatal conductance rates were negatively influenced in corn and bean culture by competition with *C. procera*. The competition level of 16 plants per pot was the one that most negatively affected shoot dry matter and crop growth rate.

**Keywords:** Interference. Physiological Variables. *Vigna unguiculata*. *Zea mays*. Weed

## Introdução

*Calotropis procera* (Aiton) W. T. Aiton, conhecida popularmente como algodão de seda, flor de seda e leiteira, pertence à família Apocynaceae, possui uma ampla distribuição geográfica, se espalhando pelas regiões tropicais e subtropicais de todo o mundo (RANGEL e NASCIMENTO, 2011; SHARMA *et al.*, 2012; HASSAN *et al.*, 2015).

Devido a diversos fatores, como produzir grande quantidade de sementes, fácil dispersão devido suas sementes aladas que se deslocam por grandes distâncias, se adaptam a diversos tipos de ambiente, tolera solos pobres e de difícil controle, o *C. procera* se comporta como uma planta invasora de relevada importância.

Segundo Pitelli (2015), o termo planta-daninha deve ser adotado para designar qualquer planta superior que interfira nos interesses do homem e no meio ambiente. Assim, as plantas daninhas constituem como um dos fatores que mais influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas cultivadas onde seus efeitos negativos não devem ser atribuídos exclusivamente à competição, mas a um conjunto de fatores, que podem ser de forma direta (competição, alelopatia, interferência na colheita e outras) e/ou indireta (hospedar insetos, doenças e outras) (FREITAS *et al.*, 2009; ARAÚJO *et al.*, 2018).

A interferência da comunidade infestante pode reduzir o potencial produtivo das plantas cultivadas. Quando as plantas são submetidas a uma forte interação com as daninhas, as características fisiológicas de crescimento e desenvolvimento são geralmente alteradas, o que resulta em diferenças no uso de recursos ambientais e podem ocasionar alterações na condutância estomática, na concentração interna de gases e, conseqüentemente, na atividade fotossintética e no uso eficiente da água (ASPIAZÚ *et al.*, 2010; MANABE *et al.*, 2014).

A interferência de plantas daninhas em culturas como o milho e o feijão-caupi pode limitar o crescimento e desenvolvimento, refletindo na produção, qualidade dos grãos e elevadas perdas. Culturas como o feijão-caupi pode reduzir o rendimento de grãos em 46% quando em competição com plantas daninhas (CORRÊA *et al.*, 2015). Para o milho quando não se realizava nenhum método de controle, estas perdas podem chegar a aproximadamente 85% (CARVALHO *et al.*, 2007).

Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito na fisiologia e crescimento das culturas do milho e feijão-caupi em função da convivência com a planta daninha *C. procer*.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Ceará (UFC). À classificação climática da região, conforme Köppen, é do tipo Aw' (ALVARES *et al.*, 2014), tratando-se de um clima tropical chuvoso com precipitação média anual de 1600 mm, com temperatura média de 26 °C.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, sendo os tratamentos constituídos por duas culturas (milho e feijão-caupi), quatro densidades de algodão de seda (2, 4, 8 e 16 plantas por vaso), mais a daninha e a cultura solteira, com cinco repetições.

Foram utilizadas sementes de milho, cultivar AG 1051, e do feijão-caupi, cultivar Setentão, foram semeadas em vasos de 12 litros com substrato em mistura de terra de barranco, areia e esterco na proporção de 3:1:1. De acordo com a análise realizada, o solo apresentou as seguintes características: pH em água de 6,7; P - 6,2 mg/dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> - 0,4 cmol/dm<sup>-3</sup>; Na<sup>+</sup> - 0,52 cmol/dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> 1,5 - cmol/dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> 0,95 - cmol/dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup> - 0,83 cmol/dm<sup>-3</sup>. A adubação foi realizada de acordo com recomendação de Cantarutti *et al.* (2007). Foram plantadas três sementes por vaso, realizando o desbaste cinco dias após a emergência, deixando-se apenas uma plântula.

As sementes de algodão de seda foram obtidas de frutos colhidos manualmente, diretamente nas plantas (antes da deiscência), quando apresentavam coloração verde claro, em áreas distintas de ocorrência natural na região de Fortaleza-CE. As sementes de algodão de seda foram plantadas em bandejas de poliestireno com 128 células para obtenção das mudas. Após 13 dias, as mudas foram transplantadas para os vasos contendo o milho e o feijão-caupi plantados anteriormente, constituindo os tratamentos. As plantas foram irrigadas diariamente mantendo a umidade próxima a capacidade de campo.

Na floração do milho e do feijão-caupi foi realizado as avaliações fisiológicas com o analisador de gás infravermelho (IRGA Modelo, LI- 6400XT, Licor, USA), entre 8 e 10 h da manhã, sendo amostrado no milho a primeira folha oposta e abaixo da espiga e no feijão-caupi a terceira folha completamente expandida.

Foram avaliadas as características associadas ao uso da água – taxa transpiratória ( $E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s - \text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ), eficiência do uso da água (EUA –  $\mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O}^{-1}$ ), bem como à fotossíntese, concentração interna de  $\text{CO}_2$  na folha ( $C_i - \mu\text{mol mol}^{-1}$ ), temperatura média das folhas no momento da avaliação (Tleaf - °C) e taxa fotossintética ( $A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

Foi analisado o desenvolvimento das culturas, para isto, as plantas de milho e feijão-caupi foram cortadas rente ao solo e separadas em caules e folhas e em seguida o material foi alocado em sacos de papel e colocados em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 h. A matéria seca da parte aérea (MS) foi determinada em balança de precisão. Foi calculado a taxa de crescimento da cultura ( $\text{TCC} = \text{MS}/\text{número de dias de cultivo} - \text{g dia}^{-1}$ ).

Os dados foram submetidos à análise de variância por meio do programa SAS e comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade

## Resultados e Discussão

Não foi observado alteração significativa nas características associadas à fotossíntese referente a concentração interna de  $\text{CO}_2$  na folha ( $C_i$ ) e temperatura média das folhas (Tleaf) quando plantas de milho foram cultivadas em convivência com *C. procera* nas diferentes densidades (Tabela 1). Porém, plantas de milho cultivadas livres de interferência apresentaram maior taxa fotossintética ( $A$ ) ( $53,97 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) do que em convivência à daninha *C. procera*, independentemente das densidades. Resultados semelhantes foram encontrados por Lemos *et al.* (2012) onde a taxa fotossintética encontrada para plantas de milho sem competição foi de  $59,19 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

Tabela 1 – Concentração interna de  $\text{CO}_2$  na folha ( $C_i$ ), temperatura média das folhas (Tleaf) e taxa fotossintética ( $A$ ) de plantas de milho em competição com diferentes densidades de *Calotropis procera*.

Tratamento	$C_i$ ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ )	Tleaf (°C)	A ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
Milho solteiro	239,67 ( $\pm 9,86$ ) A	21,51 ( $\pm 0,38$ ) A	53,97 ( $\pm 2,90$ ) A

Milho x 2	220,29 ( $\pm 30,73$ ) A	20,43 ( $\pm 0,71$ ) A	46,10 ( $\pm 3,33$ ) B
Milho x 4	215,29 ( $\pm 7,94$ ) A	21,10 ( $\pm 0,39$ ) A	44,52 ( $\pm 1,88$ ) B
Milho x 8	216,14 ( $\pm 24,40$ ) A	21,16 ( $\pm 0,51$ ) A	45,36 ( $\pm 2,14$ ) B
Milho x 16	218,90 ( $\pm 12,48$ ) A	21,43 ( $\pm 0,36$ ) A	45,76 ( $\pm 1,98$ ) B

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan, à 5% de significância. Fonte: elaborada pelo autor.

O milho em convivência com as densidades de 8 e 16 plantas de *C. procer*a apresentaram menor taxa transpiratória (E) em comparação com o milho solteiro (Tabela 2). A menor taxa transpiratória está associada ao fechamento estomático (SILVA *et al.*, 2010), e segundo Kerbauy (2013) a transpiração é o principal fator que controla o fluxo de água pelo xilema. Quanto maior a taxa de transpiração, maior o fluxo de seiva através do xilema, e a maioria da água transpirada é perdida pela transpiração estomática, assim existe uma correlação positiva entre a transpiração e a condutância estomática (KERBAUY, 2013).

A condutância estomática (GS) do milho solteiro foi maior do que o milho em convivência com 4, 8 e 16 plantas de *C. procer*a (Tabela 2). A planta em condições de estresse tende a fechar os estômatos como mecanismo de defesa contra a perda de água, aumentando a resistência e por consequência reduzindo a condutância estomática (TAIZ e ZEIGER, 2013). Isto sugere que a presença de *C. procer*a comporta-se como um agente estressor quando se desenvolve no mesmo espaço que o milho pois a influência na GS pode ser um fator limitante para a fotossíntese.

Tabela 2 – Taxa transpiratória (E) e condutância estomática (GS) e eficiência do uso da água (EUA) de plantas de milho em competição com diferentes densidades de *Calotropis procer*a.

Tratamento	E (mol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	GS (mol m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	EUA ( $\mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O}^{-1}$ )
Milho solteiro	7,18 ( $\pm 0,37$ ) A	0,86 ( $\pm 0,03$ ) A	8,46 ( $\pm 0,27$ ) A
Milho x 2	6,40 ( $\pm 0,67$ ) AB	0,65 ( $\pm 0,08$ ) AB	7,56 ( $\pm 0,92$ ) A
Milho x 4	6,37 ( $\pm 0,28$ ) AB	0,60 ( $\pm 0,04$ ) B	7,85 ( $\pm 0,46$ ) A
Milho x 8	5,63 ( $\pm 0,59$ ) B	0,53 ( $\pm 0,10$ ) B	7,61 ( $\pm 0,71$ ) A
Milho x 16	5,71 ( $\pm 0,55$ ) B	0,57 ( $\pm 0,06$ ) B	7,49 ( $\pm 0,53$ ) A

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan, à 5% de significância. Fonte: elaborada pelo autor.

A condutância foliar é composta pela  $G_s$  e em pequena parte pela condutância cuticular da epiderme. Quando os estômatos estão abertos, a  $G_s$  é controlada quase totalmente pelas células guardas dos mesmos, e está diretamente correlacionada à transpiração (BRODRIBB e HOLBROOK, 2003). O controle da abertura e fechamento dos estômatos depende de uma série de fatores, como radiação solar, nível de  $CO_2$  no mesófilo, umidade relativa, potencial hídrico e vento (ASPIAZÚ *et al.*, 2010). Quando a planta está condicionada a um fator estressante e a competição por plantas pode ser considerada neste cenário, a planta tende a reduzir a condutância estomática por meio do fechamento estomático. Este processo reduz a disponibilidade do  $CO_2$  no cloroplasto e essa alteração reduz a atividade de carboxilação da Rubisco (BOTA *et al.*, 2004) ocasionando redução das taxas fotossintéticas e consequentemente efeito negativo no crescimento da planta e produtividade final (TANG *et al.*, 2002; CHAVES *et al.*, 2002; FLEXAS *et al.*, 2006; NIINEMETS e KEENAN, 2014)

A eficiência do uso da água (EUA) representa a quantidade de  $CO_2$  fixado para a produção de biomassa em função da quantidade de água transpirada (FERREIRA *et al.*, 2011). Não ocorreu diferença para EUA entre os tratamentos (Tabela 2), corroborando com os resultados encontrados por Lemos *et al.* (2012) quando o milho encontrava-se em competição com picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.). Resultados mais elevados de eficiência do uso da água (EUA) são cruciais e demonstram a capacidade de tolerância ao déficit hídrico no solo, pois representa a relação da assimilação de  $CO_2$  por molécula de  $H_2O$  perdida para atmosfera (E) (SILVA *et al.*, 2008; SILVA, 2016). Assim, quando no cultivo de milho ocorrer infestação de *C. procera* a possibilidade de interferência no conteúdo hídrico pode ser reduzido ou até mesmo mínimo. Isto demonstra sua capacidade em tolerar condições de competição e manutenção do desenvolvimento em condições de competição pelo uso e aproveitamento da água disponível.

Foi constatado redução na matéria seca (MS) e taxa de crescimento da cultura (TCC) das plantas de milho com o aumento das densidades de *C. procera* (Tabela 3). A redução foi de 16,3%, 33,1%, 35,0% e 36,5 %, em relação a planta de milho solteira, nas densidades de 2, 4, 8 e 16 plantas, respectivamente. Estes resultados estão relacionados com os prejuízos ocasionados no desempenho fisiológico das plantas de milho sob quando em convivência com a planta daninha.

Diversos autores (CHIOVATO *et al.*, 2007; CARVALHO *et al.*, 2011; LEMOS *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2015) relatam que plantas de milho diminuem sua MS e TC com a competição com plantas daninhas, e de acordo com Jakelaitis *et al.* (2006), daninhas como

*Brachiaria brizantha* em convivência com o milho, ocasiona a diminuição da biomassa da parte área das plantas.

Tabela 3 – Matéria seca (MS) e taxa de crescimento da cultura (TCC) de plantas de milho em competição com diferentes densidades de *Calotropis procera*.

Tratamento	MS (g)	TCC (g dia <sup>-1</sup> )
Milho solteiro	121,80 (±13,80) A	2,43 (±0,27) A
Milho x 2	101,90 (±7,45) B	2,03 (±0,14) AB
Milho x 4	81,54 (±4,64) BC	1,63 (±0,09) BC
Milho x 8	79,22 (±1,96) BC	1,58 (±0,03) BC
Milho x 16	77,26 (±3,61) C	1,54 (±0,07) C

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan, à 5% de significância. Fonte: elaborada pelo autor.

As plantas de feijão-caupi cultivadas livre de interferência apresentaram maior concentração interna de CO<sub>2</sub> na folha (Ci) quando em convivência com a daninha nas diferentes densidades (Tabela 4). A Ci, variável fisiológica, é influenciada pela espécie, mas também altamente dependente dos fatores ambientais como disponibilidade de água, de luz, entre outros (OMETTO et al., 2003). Resposta similar foi obtida por Silva Terceiro *et al.* (2016) em feijão-caupi competindo com tiririca (*Cyperus rotundus*). A competição com poucas plantas de tiririca foi suficiente para proporcionar reduções significativas da Ci.

Tabela 4 – Concentração interna de CO<sub>2</sub> na folha (Ci), temperatura média das folhas (Tleaf) e taxa fotossintética (A) de plantas de feijão-caupi em competição com diferentes densidades de *Calotropis procera*.

Tratamento	Ci (μmol mol <sup>-1</sup> )	Tleaf (°C)	A (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )
Feijão-caupi solteiro	323,72 (±12,34) A	31,83 (±0,61) A	46,51 (±1,55) A
Feijão-caupi x 2	248,95 (±1,71) B	31,80 (±0,60) A	28,07 (±1,66) B
Feijão-caupi x 4	265,88 (±4,12) B	31,35 (±0,32) A	25,99 (±0,57) B
Feijão-caupi x 8	258,53 (±7,90) B	30,92 (±0,61) A	27,23 (±1,06) B
Feijão-caupi x 16	264,78 (±9,35) B	30,83 (±0,49) A	24,66 (±0,50) B

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan, à 5% de significância. Fonte: elaborada pelo autor.

Para a variável temperatura média das folhas (Tleaf) não foi observado diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 4). O metabolismo do vegetal ocasiona alteração na temperatura da folha e, na maioria das vezes, a temperatura da folha é superior à temperatura do ar ao seu redor. Além disso, o incremento no metabolismo pode estar associado indiretamente em função da temperatura da folha e normalmente, a diferença entre a temperatura da folha e do ar ao seu redor é de somente 1 ou 2 °C, mas em casos extremos pode exceder a 5 °C (ATKIN *et al.*, 2000). Os resultados obtidos no presente estudo sugerem que a convivência com *C. procera* não afetou o metabolismo das plantas de feijão-caupi. Estes resultados corroboram com os relatos de Silveira *et al.* (2013) sobre as características fisiológicas de mandioca após exposição a condições estressantes, onde o autor não obteve diferença significativa para Tleaf nas plantas amostradas.

As plantas de feijão-caupi cultivadas isoladas apresentaram maior taxa fotossintética (A) em relação aos tratamentos em convivência com a daninha (Tabela 4). Resultados estes corroboram aos encontrados por Manabe *et al.* (2014) onde as plantas de feijoeiro solteiras apresentaram maior A em comparação com as plantas em competição com picão-preto, caruru e capim.

Foi constatado efeito significativo na taxa transpiratória (E) apenas quando plantas de feijão-caupi foram mantidas em convivência na densidade de 16 plantas de *C. procera*, com uma redução de 11% (Tabela 5). Em contraste, todas as demais densidades afetaram a condutância estomática (GS) das plantas de feijão-caupi, obtendo-se maior redução quando em convivência com 16 plantas (22%) (Tabela 5). Os processos de transpiração e condutância estomática só ocorrem quando os estômatos estão abertos, e plantas em condições de estresse tendem a fechar seus estômatos no sentido de minimizar a perda de água e manter a turgescência (Brito *et al.*, 2013).

Tabela 5 – Taxa transpiratória (E) e condutância estomática (GS) e eficiência do uso da água (EUA) de plantas de feijão-caupi em competição com diferentes densidades de *Calotropis procera*.

Tratamento	E (mol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	GS (mol m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	EUA (μmol CO <sub>2</sub> μmol H <sub>2</sub> O <sup>-1</sup> )
Feijão caupi solteiro	8,56 (±0,40) A	0,50 (±0,09) A	5,45 (±0,21) A
Feijão caupi x 2	8,49 (±0,33) A	0,41 (±0,13) B	3,31 (±0,19) B
Feijão caupi x 4	8,20 (±0,18) A	0,42 (±0,04) B	3,17 (±0,07) B
Feijão caupi x 8	8,03 (±0,26) A	0,40 (±0,12) B	3,39 (±0,14) B

Feijão caupi x 16	7,62 ( $\pm 0,35$ ) B	0,39 ( $\pm 0,08$ ) C	3,26 ( $\pm 0,16$ ) B
-------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan, à 5% de significância. Fonte: elaborada pelo autor.

Quanto a eficiência do uso da água (EUA), o feijão-caupi solteiro obteve a melhor resposta ( $5,45 \mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O}^{-1}$ ), diferindo dos demais tratamentos sob convivência com *C. procera*. A EUA é altamente influenciada pelo tipo de metabolismo do carbono da espécie e por outras características morfofisiológicas, como densidade e abertura dos estômatos, revestimento da superfície foliar (presença de tricomas, cerosidade na folha) e posicionamento dos estômatos em relação à superfície da folha (planos ou em cavidades). A EUA é também influenciada pelos fatores ambientais, como temperatura da folha, velocidade do vento e umidade relativa do ar (ASPIAZÚ *et al.*, 2010; SILVEIRA *et al.*, 2013). No entanto, os resultados indicam que o feijão-caupi em condições de convivência com *C. procera* apresenta menos eficiência de uso água, caracterizando o fenômeno da competição por este recurso; e sobre uma condição de estresse hídrico podem sofrer danos graves não tolerando tal situação. Além disso, espécie como *C. procera* é eficiente na manutenção do conteúdo hídrico foliar apresentando alta EUA em condições de estresse hídrico (COLOMBO *et al.*, 2007) e em convivência com o feijão-caupi as chances de sobrevivência são elevadas em comparação com a cultura principal.

Plantas de feijão-caupi cultivadas em juntas à *C. procera*, nas diferentes densidades, apresentaram decréscimo na matéria seca (MS) e taxa de crescimento da cultura (TCC) comparando-se à testemunha (cultivada isoladamente) (Tabela 6). Todas as densidades analisadas ocasionaram redução na MS e TCC do feijão-caupi, porém a densidade de 16 plantas proporcionou maior redução nas variáveis analisadas.

Tabela 6 – Matéria seca da parte aérea (MS) e taxa de crescimento (TCC) de plantas de feijão-caupi em competição com diferentes densidades de *Calotropis procera*.

Tratamento	MS (g)	TCC (g dia <sup>-1</sup> )
Feijão solteiro	53,41 ( $\pm 1,92$ ) A	1,07 ( $\pm 0,03$ ) A
Feijão x 2	46,74 ( $\pm 2,78$ ) B	0,93 ( $\pm 0,05$ ) B
Feijão x 4	44,96 ( $\pm 1,32$ ) B	0,89 ( $\pm 0,02$ ) B
Feijão x 8	47,48 ( $\pm 0,74$ ) B	0,94 ( $\pm 0,01$ ) B
Feijão x 16	35,91 ( $\pm 1,68$ ) C	0,71 ( $\pm 0,03$ ) C

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan, à 5% de significância.

Fonte: elaborada pelo autor.

Resultados semelhantes foram encontrados por Ferreira *et al.* (2015) onde a matéria seca da parte aérea da soja foi drasticamente reduzida pela interferência de *Bidens pilosa* e *Urochloa brizantha*, em densidades crescentes. Manabe *et al.* (2014) também observou redução da massa seca das folhas de plantas de feijoeiro em competição com *B. pilosa*.

Os resultados obtidos fornecem evidências de que quando plantas de milho e feijão-caupi são expostas no mesmo espaço com *C. procera*, com variação da densidade, há influência negativa no desenvolvimento das culturas. Provavelmente, as alterações foram decorrentes da competição com as plantas principais por fatores como água e nutrientes. Por se tratar de culturas de importância econômica, principalmente para a região do nordeste, no caso do feijão-caupi, os resultados poderão auxiliar os produtores em aceitar a possibilidade de controle de *C. procera*, quando necessário, já que as alterações obtidas nas características fisiológicas podem refletir na produção final. No entanto, essas evidências de influência na produção final da cultura são apenas especulações, pois não foi avaliada características agrônômicas neste estudo.

## **Conclusões**

A taxa fotossintética, transpiratória e condutância estomática foram reduzidas na cultura de milho e feijão pela convivência com *Calotropis procera*.

O nível de interferência de 16 plantas por vaso foi o que mais afetou a matéria seca da parte aérea e taxa de crescimento das culturas milho e feijão caupi.

### 3 INFLUÊNCIA DE ESTRESSES ABIÓTICOS NA GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE *Calotropis procera* (Aiton) W. T. Aiton

#### RESUMO

*Calotropis procera* encontra-se distribuída em várias regiões do Brasil e informações sobre os fatores que afetam ou favorecem o estabelecimento de espécies exóticas são importantes para indicar estratégias de manejo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação de sementes de *C. procera* sob diferentes níveis de estresse hídrico, salino e temperatura. As sementes de *C. procera* foram acondicionadas em germinadores em cinco temperaturas constantes (20, 25, 30, 35 e 40 °C), em soluções contendo polietilenoglicol (PEG 6000) e cloreto de sódio (NaCl), ambos nas concentrações de 0,0; -0,2; -0,4; -0,8 e -1,2 MPa, simulando o estresse hídrico e o estresse salino, respectivamente. Foram avaliados os parâmetros de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento e matéria seca de plântulas. As condições de estresse hídrico e salino prejudicaram todos os parâmetros avaliados, e os danos causados pela redução do potencial hídrico foram mais críticos a partir de -0,4 MPa de PEG. As condições de estresse hídrico e salino reduziram a qualidade fisiológica das sementes e, danos ocasionados pela redução do potencial hídrico foram mais acentuados em relação ao estresse salino. As diferentes temperaturas influenciaram nos parâmetros fisiológicos avaliados, obtendo os melhores resultados dentro da faixa de temperatura de 26,7 a 29,9°C.

**Palavras-chave:** Estresse hídrico, Planta Daninha, Potencial Osmótico, Salinidade, Temperatura.

#### ABSTRACT

*Calotropis procera* is distributed in several regions of Brazil and information on the factors that affect or favor the establishment of exotic species are important to indicate prevention and control strategies. The objective of this work was to evaluate the germination of *C. procera* under different levels of water stress, saline and temperature. The seeds of *C. procera* were conditioned in germinators at five constant temperatures (20, 25, 30, 35 and 40°C) in solutions containing polyethylene glycol (PEG 6000) and sodium chloride (NaCl); -0.2; -0.4; -0.8 and -1.2 MPa, simulating water stress and saline stress, respectively. The parameters of germination, first germination count, germination speed index, seedling length and dry matter were

evaluated. The conditions of water stress and saline reduced the physiological quality of the seeds and damages caused by the reduction of the water potential were more accentuated in relation to the saline stress. The different temperatures influenced the physiological parameters evaluated, and the best results were within the temperature range of 26.7 to 29.9°C.

**Keywords:** Osmotic Potential. Salinity. Temperature. Water Stress. Weed.

## Introdução

O algodão de seda (*Calotropis procera* (Aiton) W. T. Aiton) planta nativa da África, Península Arábica e Sudoeste da Ásia, foi introduzida no Brasil como planta ornamental. Esta planta apresenta ampla distribuição geográfica em áreas tropicais e subtropicais e pode ser encontrada nas regiões Nordeste, Sudeste e Centro Oeste do Brasil (RAHMAN e WILCOCK 1991; COSTA *et al.*, 2009).

*C. procera* tem um porte arbustivo, uma aparência cerosa com abundante fluxo de seiva branca apresentando sementes aladas envoltas por uma plumagem, o que facilita sua dispersão pelo vento (PARSONS e CUTHBERTSON 2001; SOUTO *et al.*, 2008).

Quando espécies com alta capacidade de dispersão e adaptação são removidas de seu habitat nativo e introduzidas em um habitat exótico, elas podem encontrar condições microclimáticas e ecológicas favoráveis, por exemplo, ausência de predadores e competidores.(RICHARDSON *et al.*, 2000).

A germinação das sementes é regulada pela interação de seu estado fisiológico e das condições de ambiente. Cada espécie vegetal exige um conjunto de requisitos específicos quanto à disponibilidade de água, temperatura, luz, profundidade de semeadura e salinidade para que ocorra o processo de germinação (MONDO *et al.*, 2010).

O déficit hídrico é um dos principais fatores limitantes da germinação, por retardar a protrusão da raiz primária, reduzir a porcentagem de sementes que completam o processo ou inibir completamente a germinação, pois para cada espécie existe um valor de potencial hídrico externo abaixo do qual a germinação não ocorre (MARCOS FILHO, 2005; VELÁZQUEZ-MÁRQUEZ *et al.*, 2015).

A temperatura, por sua vez, influencia a velocidade e a porcentagem final de germinação, afetando tanto a absorção de água pela semente quanto às reações bioquímicas que regulam o metabolismo envolvido nesse processo (AZERÊDO *et al.*, 2011). A temperatura ideal para a máxima germinação de sementes de diferentes espécies é variável, afetando a

percentagem, velocidade e a uniformidade de germinação (MARCOS FILHO, 2005; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

Outro fator de extrema importância trata-se da salinidade, que é caracterizada pela presença de altas concentrações de sais solúveis no solo. A presença destes sais no solo afeta diretamente a germinação devido a entrada de íons em quantidade tóxica nas sementes e à diminuição do potencial osmótico, no que resulta em menor capacidade de absorção de água pelas sementes, com isto restringindo os eventos relacionados ao processo germinativo (MARCOS FILHO, 2005; MEDEIROS *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2014).

Espécies como *C. procera* que tende a desenvolver-se em condições adversas com alta adaptabilidade torna-se uma séria ameaça às espécies nativas. Nesse sentido, a identificação de fatores que afetam ou favorecem o estabelecimento de espécies exóticas e/ou naturalizadas, torna-se importante para a orientação de estratégias de prevenção e controle dessas espécies nas diversas regiões do mundo (SMITH e KNAPP, 2001).. Assim o objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação de *C. procera* sob diferentes temperaturas e níveis de estresse hídrico e salino.

## **Material e métodos**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes, do Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará/UFC em Fortaleza-CE. Foram utilizadas sementes de algodão de seda provenientes de frutos maduros colhidos de infestações naturais da espécie na região de Fortaleza-CE.

Os frutos do algodão de seda foram colhidos manualmente, diretamente nas plantas (antes da deiscência), quando apresentavam com coloração verde claro. Após a colheita, os frutos foram acondicionados em sacos de papel, identificados e armazenados em condições ambientais (27-30 °C), até a abertura natural de todos os frutos. Na sequência, as sementes foram extraídas dos frutos e posteriormente o línter foi removido manualmente.

As sementes de *C. procera* foram acondicionadas em câmara de germinação (Tipo BOD) em cinco temperaturas constantes (20, 25, 30, 35 e 40 °C) para simular o estresse por temperatura. As sementes foram expostas a soluções contendo polietilenoglicol (PEG 6000) e cloreto de sódio (NaCl), ambos nas concentrações de 0,0; -0,2; -0,4; -0,8 e -1,2 MPa, visando simular o estresse hídrico e estresse salino, respectivamente.

Para todos os ensaios, as sementes foram distribuídas uniformemente sobre duas folhas de papel toalha umedecidas com água na quantidade 2,5 vezes o peso do papel seco (BRASIL,

2009). Nos tratamentos com estresse salino e hídrico, o papel foi umedecido com as soluções e suas respectivas concentrações. No nível zero foi utilizada apenas água destilada para umedecer o substrato de papel.

Para todos os ensaios a primeira contagem de germinação e o índice de velocidade de germinação foram realizados em conjunto com o teste de geminação: no teste da primeira contagem foram contabilizadas as plântulas normais presentes no sétimo dia após a semeadura e na determinação do índice de velocidade de germinação (IVG) foi utilizada a metodologia estabelecida por Maguire (1962). As leituras de germinação foram realizadas diariamente até os 15 dias, sendo consideradas sementes germinadas as que originaram plântulas normais (BRASIL, 2009) com comprimento mínimo de 0,3 mm e extensão radicular igual ou superior a 2 mm.

No final do teste de germinação de plântulas foi determinado, com o auxílio de uma régua milimetrada, o comprimento das plântulas consideradas normais, sendo os resultados expressos em centímetros (cm).

A determinação da massa seca de plântulas foi realizada utilizando 15 plântulas normais obtidas no final do teste de germinação; e em seguida as plântulas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C durante 72 h. Decorrido esse período, as amostras foram colocadas para resfriar no dessecador e pesadas em balança de precisão de 0,001 g. O peso final foi obtido por meio da divisão do número total de plântulas normais em cada repetição, com os resultados expressos em mg/plântula.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições por tratamento. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e análise de regressão pelo programa Sisvar, sendo adotados os modelos de regressão linear e polinomial, os quais apresentaram significância menor que 5% de probabilidade e de maior ordem ( $R^2$ ), empregando-se assim a equação que melhor se ajustou aos dados.

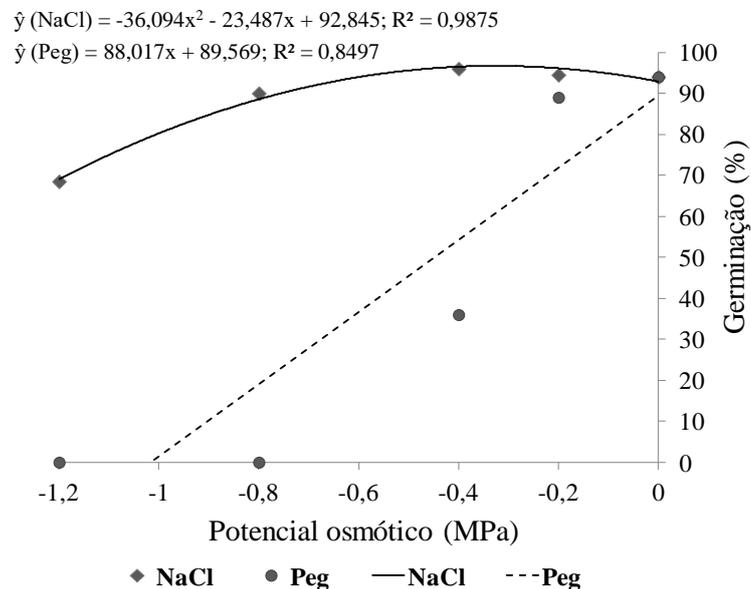
## **Resultados e Discussão**

Constatou-se efeito significativo dos agentes osmóticos (NaCl e PEG) em todas as características avaliadas (Figura 1, 2, 3, 4, 5). A germinação das sementes de *C. procerca* foi mais afetada pelo estresse hídrico causado por PEG do que o estresse salino por NaCl (Figura 1). Para o estresse salino foi verificado redução significativa da germinação apenas no potencial de -1,2 MPa, com redução de 20% em relação a testemunha. Já para o déficit hídrico pelo PEG

no potencial de -0,4 MPa ocorreu uma redução drástica na germinação, cerca de 58%, em relação a testemunha, chegando a zero no potencial osmótico de -0,8 MPa.

Segundo Santos *et al.* (2016), trabalhando duas espécies da caatinga (*Poincianella pyramidalis* e *Anadenanthera colubrina*) sob déficit hídrico e salinidade, verificaram que a porcentagem de germinação na concentração de -1,2 Mpa foi reduzida a menos de 4% para o estresse salino com NaCl e a zero para PEG. Duarte *et al.* (2018) observou que 26% das sementes de Angico Branco germinação no potencial hídrico de -1,2 MPa.

Figura 1 - Porcentagem de germinação de sementes de *Calotropis procera* submetidas a estresse hídrico induzido por PEG e estresse salino por NaCl em diferentes potenciais osmóticos.



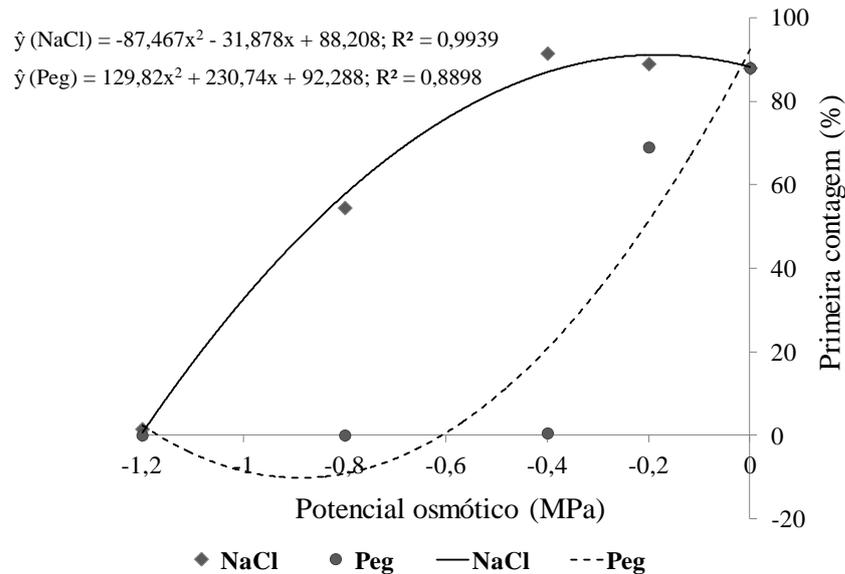
Fonte: elaborada pelo autor.

O vigor das sementes avaliado pelo teste de primeira contagem e velocidade de germinação (Figura 2, 3) foram reduzidos progressivamente com a diminuição dos potenciais osmóticos, observando um efeito mais drástico para o estresse hídrico promovido pelo PEG. Na primeira contagem de germinação houve uma redução a partir de -0,2 MPa, de 19%, chegando a zero no potencial de -0,4 MPa. A partir de -0,8 MPa, sementes de *C. procera* foram afetadas quando expostas em condições de estresse salino promovido pelo NaCl, porém a redução foi mais lenta em comparação com o estresse hídrico.

Para o IVG, o efeito do estresse hídrico foi mais prejudicial do que o estresse salino. Para os dois potenciais, a partir de -0,2 MPa, houve redução do IVG em 10,8% e 27% para NaCl e PEG, respectivamente. A partir de -0,4 Mpa nenhuma plântula de *C. procera* foi contabilizada

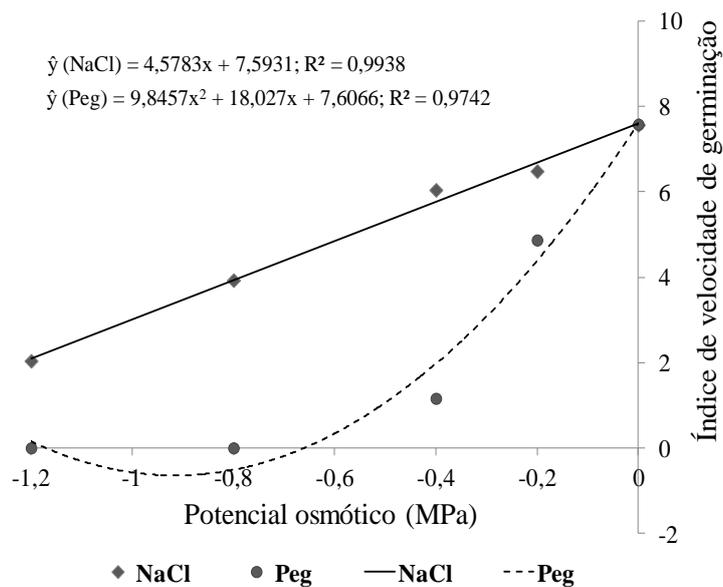
no substrato umedecido com PEG, enquanto que o estresse salino tende a diminuir com o aumento do potencial osmótico.

Figura 2 - Porcentagem de germinação na primeira contagem de sementes de *Calotropis procera* submetidas a estresse hídrico induzido por PEG e estresse salino por NaCl em diferentes potenciais osmóticos.



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 3 - Índice de velocidade germinação de sementes de *Calotropis procera* submetidas a estresse hídrico induzido por PEG e estresse salino por NaCl em diferentes potenciais osmóticos.



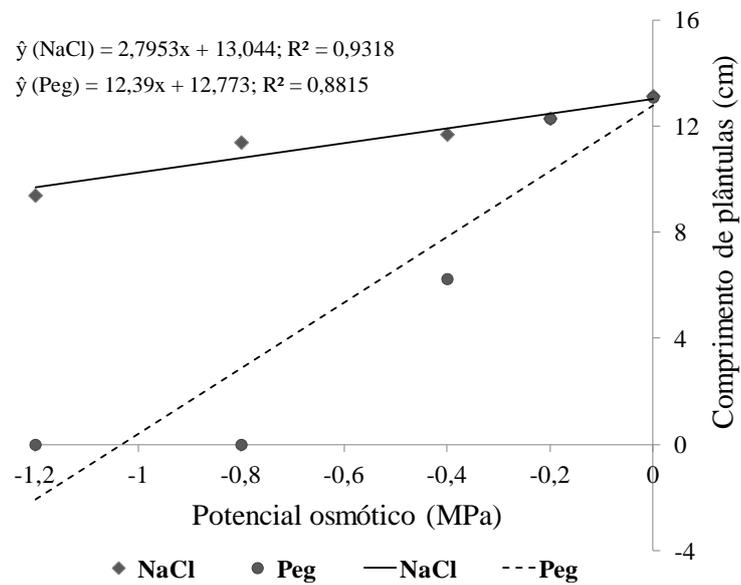
Fonte: elaborada pelo autor.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Pereira, et al. (2014), em estudo de estresse hídrico induzido por soluções de PEG e de NaCl em sementes de Nabiça e Fedegoso, em que sob potencial de -0,4 Mpa de PEG não houve primeira contagem de germinação e IVG, já para o NaCl os parâmetros foram inibidos com um potencial de -0,8 Mpa. Sementes de *Melaleuca quinquenervia* expostas em condições de estresse hídrico e salino, obteve redução da primeira contagem e IVG sob um potencial osmótico de NaCl e PEG de -0,2 Mpa, atingindo 0% com um potencial osmótico de -0,8 Mpa (Martins et al., 2011)

As concentrações crescentes de NaCl e PEG reduziram o comprimento das plântulas e massa seca das plântulas (Figura 4 e 5). As plântulas oriundas do tratamento com o NaCl reduziram gradativamente o comprimento em comparação com a exposição apenas a água (testemunha). Constatou-se uma redução de 3,72 cm no comprimento em plântulas provenientes de sementes exposta a concentração de -1,2 MPa. Similarmente, para matéria seca a redução obtida foi de 22% com relação a testemunha para o potencial de -1,2 MPa.

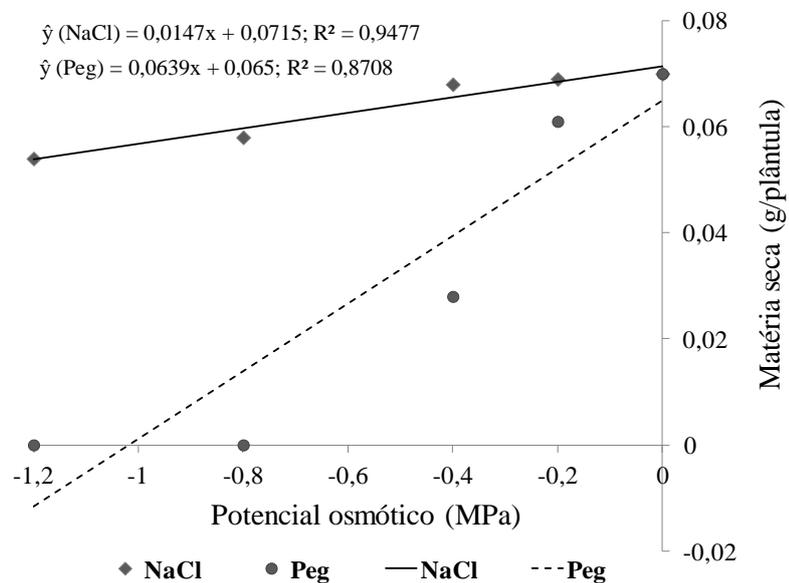
Quanto aos efeitos do estresse hídrico no comprimento de plântula e matéria seca, foi observado que o aumento das concentrações de NaCl, leva uma redução drástica com efeitos mais expressivos a partir do potencial osmótico de -0,4 MPa. Resultados semelhantes foram encontrados por Guedes et al. (2013) trabalhando com germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico, onde observaram que com o aumento do potencial osmótico foi reduzindo de forma rápida o comprimento e matéria seca das plântulas chegando a zero no potencial de -0,6 MPa. Soares et al. (2015) avaliando sementes de soja verificou que com o aumento do potencial salino ocorre redução no comprimento e matéria seca de plântulas porém os resultados foram mais expressivos no potencial de -0,8 MPa. Isto sugere que o efeito em processos fisiológicos das sementes apresenta variação e reflete na capacidade de germinar ou não em determinadas condições de estresses.

Figura 4 - Comprimento de plântulas de *Calotropis procera* submetidas a estresse hídrico induzido por PEG e estresse salino (NaCl) em diferentes potenciais osmóticos.



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 5 - Matéria seca de plântulas de *Calotropis procera* submetidas a estresse hídrico induzido por PEG e estresse salino (NaCl) em diferentes potenciais osmóticos.



Fonte: elaborada pelo autor.

As sementes de *C. procera* mostraram-se ser mais tolerante a salinidade do que ao déficit hídrico. A salinidade é um dos estresses abióticos que mais limita o crescimento, desenvolvimento e a produtividade das plantas. A resposta positiva das plantas ao estresse

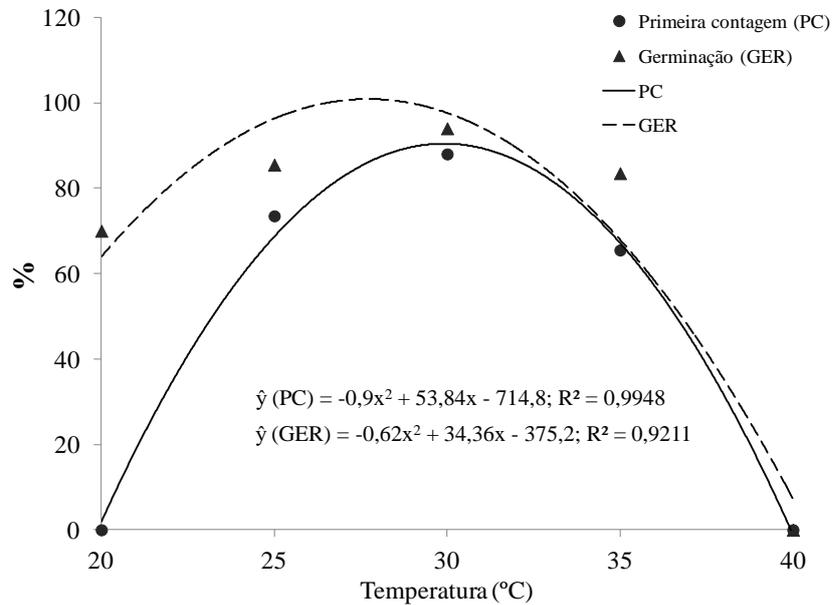
salino se dá através de fenômenos que envolve alterações morfológicas e de crescimento, além de processos fisiológicos e bioquímicos (MARCOS FILHO, 2005; FREIRE et al., 2011).

Com relação a influência da temperatura em processos fisiológicos das sementes, observa-se na Figura 6 e 7 as curvas e equações das variáveis analisadas. O valor máximo obtido para primeira contagem, germinação e IVG foram nas temperaturas de 29,9, 29,2 e 27,7°C, respectivamente.

A germinação é o resultado de uma série de reações bioquímicas observando a existência de uma estreita dependência da temperatura. Como em qualquer reação química, existe uma temperatura ótima na qual o processo se realiza mais rápida e eficientemente, e as temperaturas máxima e mínima, ultrapassadas as quais a germinação é zero. Esta faixa de temperatura é variável entre as diferentes espécies. Neste estudo, as sementes de *C. procer*a apresentaram grande variação quanto sua germinação, em ampla faixa de temperatura, 20 e 35°C, com mais de 70% de germinação. Porém, a temperatura máxima que proporcionou maior porcentagem de germinação foi de 27,7 °C. Assim, a avaliação da qualidade fisiológica seria o principal procedimento utilizado que permitiria conhecer o potencial das sementes em diferentes condições, indicando que, acima e abaixo dos limites máximo e mínimo, respectivamente, pode ocorrer a morte das sementes ou termo dormência, inviabilizando seu restabelecimento.

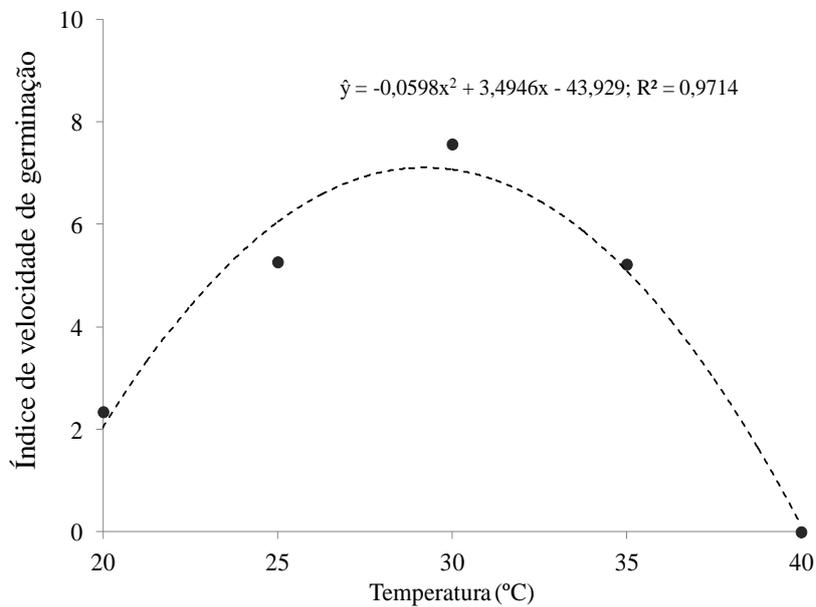
Segundo Borges e Rena (1993), a maioria das espécies tropicais apresenta bom desempenho germinativo na faixa de 20 a 30 °C, corroborando com os resultados obtidos para sementes de *C. procer*a.

Figura 6 - Primeira contagem e germinação de sementes de *Calotropis procera* submetidas a diferentes temperaturas.



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 7 - Índice de velocidade de germinação de sementes de *Calotropis procera* submetidas a diferentes temperaturas.



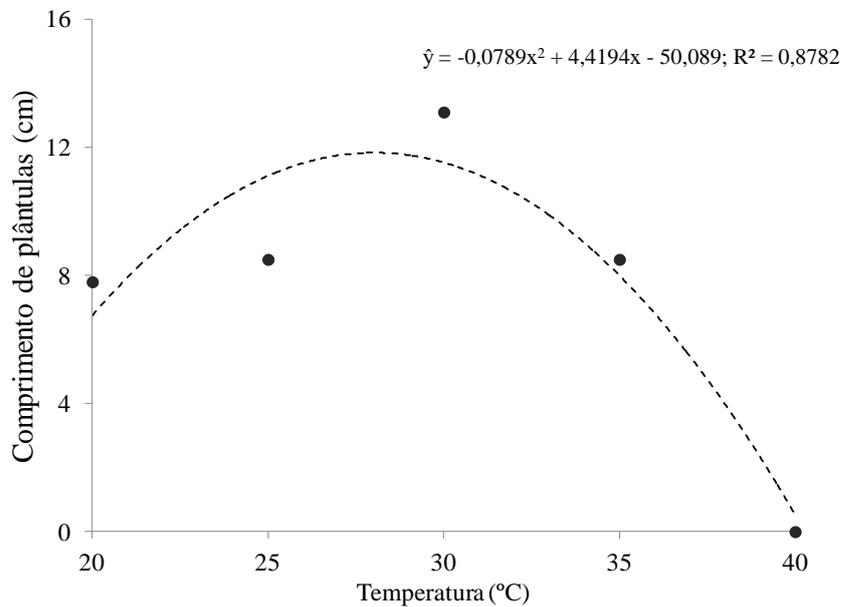
Fonte: elaborada pelo autor.

Resultados diferentes deste foram encontrados por Oliveira et al. (2011) na germinação de sementes de *Aspidosperma tomentosum* em diferentes temperaturas, onde a melhor porcentagem de germinação e IVG foram obtidos na temperatura de 20°C. No trabalho de Yamashita e Guimarães (2011) com sementes de *Conyza canadenses*, as melhores temperaturas

para germinação e o IVG foram de 25 e 30°C. Isto evidencia que não há uma temperatura uniforme para todas as espécies, a temperatura é um dos fatores ambientais que mais afetam a germinação interferindo também na velocidade e porcentagem de germinação (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

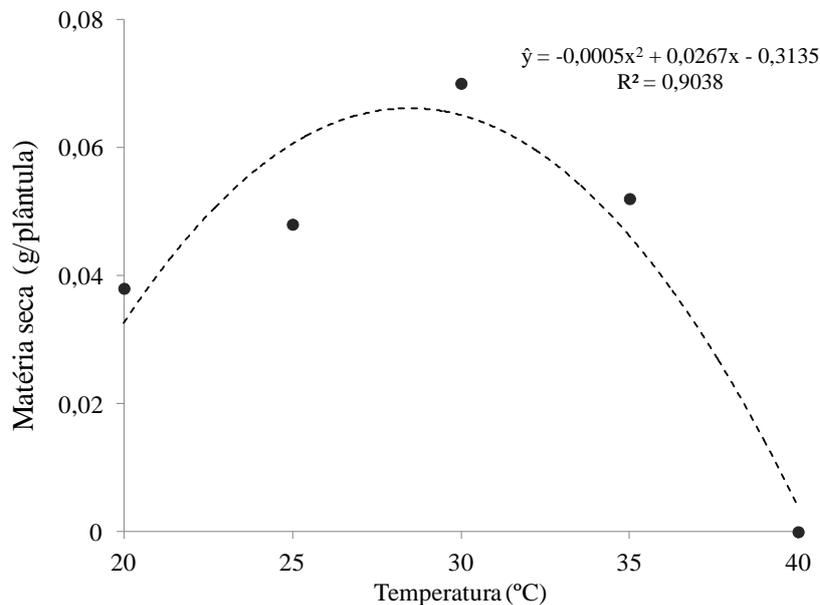
Em relação ao comprimento e matéria seca de plântulas, observa-se que o ponto máximo para os parâmetros avaliados foram de 28,0 e 26,7°C, respectivamente (Figura 7 e 8). Guedes et al. (2010), trabalhando com de sementes de *Amburana cearenses*, verificaram que as melhores temperaturas para comprimento e matéria seca de plântulas foram de 25 e 30°C. Oliveira et al. (2011) observou que a temperatura de 30°C foi a melhor para o comprimento e peso seco de plântulas de *Aspidosperma tomentosum*. A temperatura influencia a velocidade e a porcentagem final de germinação, afetando tanto a absorção de água pela semente quanto às reações bioquímicas que regulam o metabolismo envolvido nesse processo e interferência no alongamento celular e conseqüentemente no desenvolvimento final das plântulas resultantes (AZEREDO et al., 2011).

Figura 8 - Comprimento de plântulas de *Calotropis procera* submetidas a diferentes temperaturas.



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 9 - Matéria seca de plântulas de *Calotropis procera* submetidas a diferentes temperaturas.



Fonte: elaborada pelo autor.

De modo geral, os resultados inferiores encontrados quando as sementes foram expostas a condições de estresse salino, hídrico e temperatura pode estar relacionado por não possibilitar uma uniformidade na retenção e absorção suficiente de água, acarretando maior dificuldade no processo de embebição contínua de água pela semente, retardando e influenciando processos germinativos e reduzindo a porcentagem e a velocidade de germinação. *Calotropis procera* é considerada uma planta rústica e informações/conhecimento da sua adaptabilidade a diferentes respostas de estresses são de grande importância para entender sua distribuição nas diferentes condições e regiões brasileiras.

## Conclusões

As condições de estresse hídrico e salino reduziram a qualidade fisiológica das sementes e; danos ocasionados pela redução do potencial hídrico foram mais acentuados em relação ao estresse salino.

As diferentes temperaturas influenciaram nos parâmetros fisiológicos avaliados, obtendo melhores resultados dentro da faixa de temperatura de 26,7 a 29,9 °C.

#### **4 EFICIÊNCIA DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE *Calotropis procera* (Aiton) W. T. Aiton**

##### **RESUMO**

A *C. procera* desenvolve-se bem nas mais diversas regiões, e avaliar a eficiência de diferentes herbicidas e suas misturas para seu controle é de suma importância. Assim o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de herbicidas para o controle químico de *Calotropis procera*. A condução do experimento foi em esquema de parcelas sub-subdivididas, tendo nas parcelas os herbicidas (carfentrazone etílico; 2,4-D; glyphosate; picloram; tembotrione; atrazina + s-metolacoloro; picloram + 2,4-D; carfentrazone etílico + tembotriona) nas subparcelas cinco fases de desenvolvimento da planta daninha (30, 60, 90, 120 e 150 dias) e nas subsubparcelas duas avaliações (Taxa de transporte de elétrons e Fitotoxicidade), no delineamento em blocos casualizado, com quatro repetições. Após a aplicação dos herbicidas, foi avaliada taxa de transporte de elétrons utilizando o Analisador de gás infravermelho (IRGA Modelo, LI-6400XT, Licor, USA), nos intervalos de 1, 24, 72, 120 e 168 horas após a aplicação e também foram realizadas avaliações visuais de fitotoxicidade atribuindo notas de 0 a 100% aos 03, 06, 09, 12, 15, 18 e 21 dias após a aplicação. Aos 60 dias após a aplicação dos tratamentos foi avaliado o índice de rebrota. Todos os herbicidas foram eficientes para o controle de *C. procera* nas fases de desenvolvimento 30 DAP e quando aplicados em rebrota de plantas com 150 DAP. O herbicida tembotriona apresenta efeito reduzido e mais lento quando comparado aos demais herbicidas no controle de *C. procera*.

**Palavras-chave:** Controle químico, Fitotoxicidade, Planta daninha, Taxa de Transporte de Elétrons.

##### **ABSTRACT**

Silk cotton develops well in the most diverse regions, and evaluating the efficiency of different herbicides and their mixtures for their control is of paramount importance. Thus the objective of the work was to select herbicides for the control of *Calotropis procera* through photosynthetic efficiency and visual evaluations of phytotoxicity. The herbicides (carfentrazone ethyl 2,4-D, glyphosate, picloram, tembotrione, atrazine + s-metolachlor, picloram + 2,4-D, carfentrazone + tembotrione) were used in the plots of the sub- (30, 60, 90, 120 and 150 days) and in the sub-subplots two evaluations (Electron Transport Rate and

Phytotoxicity), in the randomized block design, with four replications. After the application of the herbicides, the electron transport rate was evaluated using the infrared gas analyzer (IRGA Model, LI-6400XT, Licor, USA), at the intervals of 1, 24, 72, 120 and 168 hours after application. visual evaluations of phytotoxicity were performed, assigning grades from 0 to 100% at 03, 06, 09, 12, 15, 18 and 21 days after planting. At 60 days after application of the treatments, the regrowth index was evaluated. All herbicides were efficient for the control of *C. procer*a in the development stages 30 DAP and when applied in regrowth of plants with 150 DAP. The herbicide tembotrione has a reduced and slower effect when compared to the other herbicides in the control of *C. procer*a.

**Keywords:** Chemical Control. Phytotoxicity. Weeds. Electron Transfer Rate.

## Introdução

O Algodão de seda *Calotropis procer*a (Aiton) W. T. Aiton desenvolve-se bem nas mais diversas regiões do planeta, crescendo abundantemente em regiões áridas e semiáridas, solos perturbados e pastagens. É uma espécie resistente a seca e tolerante ao sal, com capacidade de sobreviver em uma variedade de tipos de solo (SHARMA *et al.*, 2012; HASSAN *et al.*, 2015).

A *C. procer*a tem um crescimento rápido, sua dispersão é favorecida por apresentar sementes aladas envolta por uma plumagem que facilita seu transporte pelo vento. Esta espécie é considerada ruderal, ou seja, ocupa áreas modificadas pelo homem. No entanto, esse rápido estabelecimento, formando comunidades, faz com que essa planta seja considerada como uma daninha (SOUTO *et al.*, 2008). Paradoxalmente, a algodão de seda tem sido avaliada como eventual fonte de alimentação para ruminantes (TORRES *et al.*, 2010; COSTA *et al.*, 2011; ALMEIDA *et al.*, 2017) e como planta medicinal (SILVA *et al.*, 2010; AHMED *et al.*, 2018; AWAAD *et al.*, 2018).

As plantas exóticas/naturalizadas presentes em comunidades infestantes são altamente eficientes na competição por recursos, podendo vir a causar sérios prejuízos ambientais e econômicos (DAEHLER, 2003). Trabalhos têm sido realizados com o objetivo de entender o comportamento das espécies daninhas e, conseqüentemente, controla-las de forma satisfatória, reduzindo as chances de interferência na cultura de interesse, e há várias opções de moléculas para o controle químico das plantas daninhas (ARALDI ET AL., 2012).

Misturas de herbicidas tem sido utilizada para melhorar o espectro de controle das plantas daninhas. Quando se mistura dois ou mais herbicidas pode ocorrer um efeito sinérgico

ou complementar, um herbicida pode melhorar a ação do outro e conseqüentemente uma maior eficiência no controle (RONCHI *et al.*, 2002; GAZZIERO, 2015). Assim, avaliar a eficiência quando dois ou mais herbicidas são misturados é de suma importância, reduzindo as possibilidades de ineficiência do controle químico.

Para se verificar a intoxicação das plantas devido a ação dos herbicidas são utilizados aparelhos (Analisador de gás infravermelho IRGA, Fluorômetro) para medir a eficiência fotossintética através da taxa de transporte de elétrons. Esses equipamentos vão identificar a inibição ou redução na transferência de elétrons entre os fotossistemas das plantas através da fluorescência da clorofila, que pode ser observada até mesmo em folhas intactas (ARALDI *et al.*, 2012; TAIZ *et al.*, 2017).

Durante a fase de transporte de elétrons da fotossíntese nas plantas, a luz é absorvida por pigmentos do complexo antena, que, ao excitarem os elétrons, transferem energia para os centros de reação dos fotossistemas II e I, quando ocorre excesso de energia, esta pode ser dissipada na forma de fluorescência (TAIZ *et al.*, 2017). Portanto, é uma das formas de monitoramento da inibição ou redução na transferência de elétrons entre os fotossistemas das plantas submetidas à aplicação de herbicidas.

Embasados nestas informações, objetivou-se selecionar herbicidas para o controle de *Calotropis procera*, através da eficiência fotossintética e avaliações visuais de fitotoxicidade.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado no Setor de Agricultura do Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrária da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE. A condução do experimento foi em esquema de parcelas sub-subdivididas, tendo nas parcelas os herbicidas (Tabela 7), nas subparcelas cinco fases de desenvolvimento da planta daninha e nas subsubparcelas duas avaliações (Taxa de transporte de elétrons e Fitotoxicidade), no delineamento em blocos casualizado (DBC), com quatro repetições.

Tabela 7 – Descrição dos herbicidas e doses utilizados no controle de *Calotropis procera*.

Nome comum	Nome comercial	Doses (g i.a ha <sup>-1</sup> )
Carfentrazona etílica	Aurora CE <sup>®</sup>	40
2,4-D	DMA 806 BR <sup>®</sup>	1005
Glifosato	Glifosato Nortox	1920

Picloram	Padron <sup>®</sup> SL	960
Tembotriona	Soberan SC <sup>®</sup>	100,8
Atrazina + S-metolacloro	Primestra Gold <sup>®</sup>	1480 + 1160
Picloram + 2,4 D	Padron <sup>®</sup> SL + DMA 806 BR <sup>®</sup>	960 + 1005
Carfentrazona etílica + Tembotriona	Aurora CE <sup>®</sup> + Soberan 40 <sup>®</sup> SC	40 + 960

Fonte: elaborada pelo autor.

As sementes foram obtidas de frutos do algodão de seda colhidos manualmente diretamente nas plantas (antes da deiscência), quando apresentaram coloração verde claro, em áreas distintas de ocorrência natural na região de Fortaleza-CE. As sementes foram plantadas diretamente em vasos de 12 litros, com substrato em mistura de terra de barranco, areia e esterco na proporção de 3:1:1. De acordo a análise realizada o solo apresentou as seguintes características: pH em água de 6,7; P - 6,2 mg/dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> - 0,4 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>-3</sup>; Na<sup>+</sup> - 0,52 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> 1,5 - cmol<sub>c</sub>/dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> 0,95 - cmol<sub>c</sub>/dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup> - 0,83 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>-3</sup>. Foi realizada a adubação de acordo com recomendação de Cantarutti *et al.* (2007) para adubação em vaso. As plantas foram irrigadas diariamente mantendo a umidade próxima a capacidade de campo.

As aplicações dos herbicidas foram realizadas aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias (150 dias é referente a rebrota do corte feito aos 120 dias) utilizando-se pulverizador costal, pulverizando-se o equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup> de calda, sendo que foi reduzido o pH da água para 5. Após a aplicação dos herbicidas, foi avaliada a taxa de transporte de elétrons (ETR) utilizando o Analisador de gás infravermelho (IRGA Modelo, LI- 6400XT, Licor, USA), medindo na porção mediana das folhas de algodão de seda. Os intervalos utilizados para avaliação foram de 01, 24, 72, 120 e 168 horas após a aplicação.

Foram realizadas avaliações visuais de fitotoxicidade aos 03, 06, 09, 12, 15, 18 e 21 dias após o plantio. A avaliação de fitotoxicidade foi baseada no vigor e clorose da planta, comparada com a testemunha, sendo atribuído 0% quando não existiu injúria e 100% quando houve controle total das plantas pelos herbicidas. O controle foi considerado baixo ou insuficiente quando menor que 50% dos indivíduos mortos, controle regular de 50-70%, controle bom 70-80%, controle satisfatório ou eficaz 80-90% e controle excelente 90-100% (Matte et al., 2018). Aos 60 dias após a aplicação dos herbicidas, foi determinada a porcentagem de plantas rebrotadas.

Os dados foram submetidos às análises de variância e de regressão. Na análise de regressão, o fator tempo após aplicação foi analisado em cada fase de desenvolvimento. A comparação de médias foi realizada usando-se o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para os fatores quantitativos, os modelos foram escolhidos com base na significância dos modelos de regressão, utilizando-se o teste t a 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e no fenômeno biológico de interesse. Para execução das análises estatísticas foram utilizados os programas estatísticos SAS e SISVAR.

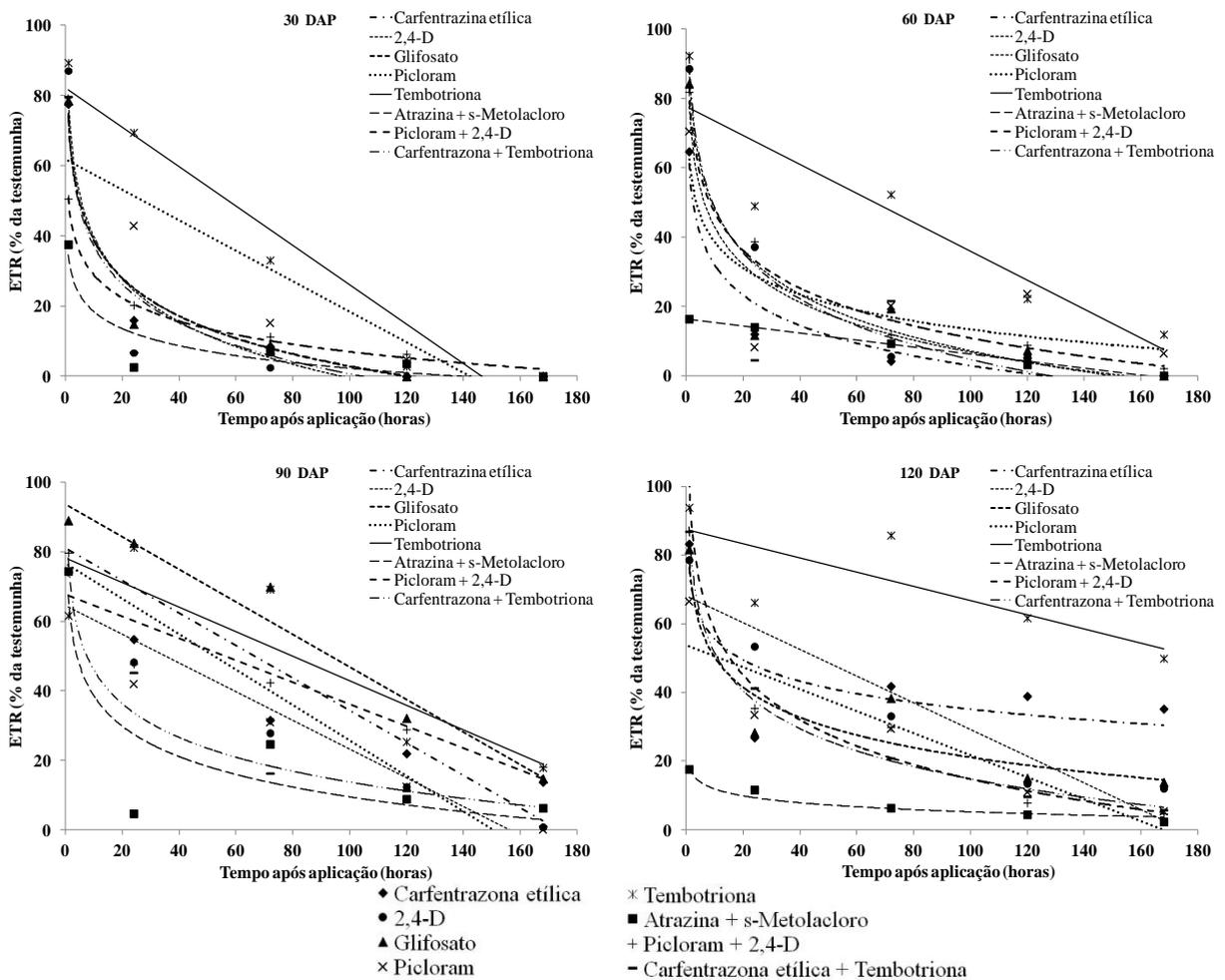
## Resultados e Discussão

Todos os herbicidas utilizados proporcionaram efeito em plantas de *C. procer*a após pulverização. Foi observada interação significativa entre os fatores herbicidas e os dias após sua aplicação para todas as variáveis analisadas. No entanto alguns herbicidas causaram um efeito reduzido em função da fase de desenvolvimento que a planta se encontrava. Na Figura 1 e Tabela 10 encontram-se as curvas e equações da variável de taxas de transporte de elétrons (ETR), observado redução da taxa de transporte de elétrons para todos os dias de aplicação dos herbicidas, após as horas de avaliação.

Aos 30 dias após o plantio (DAP) todos os herbicidas reduziram drasticamente a taxa de transporte de elétrons com 168 horas após aplicação, com resultados expressivos para o herbicida 2,4-D com resultados inferiores a 2,5% com menos de 70 horas de exposição. Com 60 DAP os herbicidas carfentrazina etílica, 2,4-D, glifosato, picloram, atrazina + s-metolacloro e carfentrazona + tembotriona reduziram o ETR no mínimo a 9,3 com 72 h após aplicação

Figura 10 - Taxa de transporte de elétrons (ETR), em relação ao tempo (Horas), para plantas de *C. procer*a após aplicação de Carfentrazona etílica; 2,4 D; Glifosato; Picloram; Tembotriona; Atrazina + S-metolacloro; Picloram + 2,4 D; Carfentrazona etílica + Tembotriona.

alcançando zero com 168 h. Apenas o picloram reduziu a ETR a zero quando plantas com 90 DAP foram expostas aos produtos, porém, os demais herbicidas reduziram significativamente o ETR obtendo variação de 0,7% a 17,8% nesta fase de desenvolvimento após 168 h da aplicação do produto. Aos 120 DAP nenhum dos herbicidas conseguiu reduzir a zero a ETR de forma significativa. No entanto, os herbicidas picloram, atrazina + s-metolacloro, picloram + 2,4-D e carfentrazona + tembotriona foram eficientes na redução a níveis inferiores a 10% na ETR no final das 120 h após exposição dos produtos. Já os herbicidas que menos reduziram a ETR no final das avaliações, ou seja, 168 horas após aplicação dos produtos, foram o Temboriona e Carfentrazona etílica com redução de apenas 50 e 65% em relação a testemunha (Figura 1).



Fonte: elaborada pelo autor.

O herbicida que obteve a menor ETR foi o Atrazina + S-metolacloro constatando efeito na primeira avaliação feita uma hora após a aplicação do herbicida, com diminuição na ETR. Isto se deve ao modo de ação deste herbicida que ocorre na inibição do fotossistema II. A inibição da fotossíntese ocorre pela ligação dos herbicidas ao sítio de ligação da Qb, ocasionando o bloqueio do transporte de elétrons de Qa para Qb, assim interrompendo a fixação de CO<sub>2</sub> e produção de ATP e NADPH<sub>2</sub> (OLIVEIRA JR. *et al.*, 2011; TAIZ *et al.*, 2017).

Na figura 2 e Tabela 11 estão apresentadas as curvas e equações da variável controle de plantas avaliadas em função do tempo após aplicação. Observou-se que em todas as fases de desenvolvimento da planta houve ajuste para a equação linear positiva após aplicação ao longo do tempo para a variável controle de plantas, ou seja, à medida que foi passando o tempo após aplicação dos herbicidas, o efeito dos produtos foi aumentando (Figura 2).

Plantas com 30 DAP foram mais suscetíveis às aplicações quando comparadas as demais fases de desenvolvimento. Com seis dias após aplicação dos herbicidas carfentrazona etílica, 2,4-D, glifosato e carfentrazona etílica + tembotriona ocasionaram danos significativos

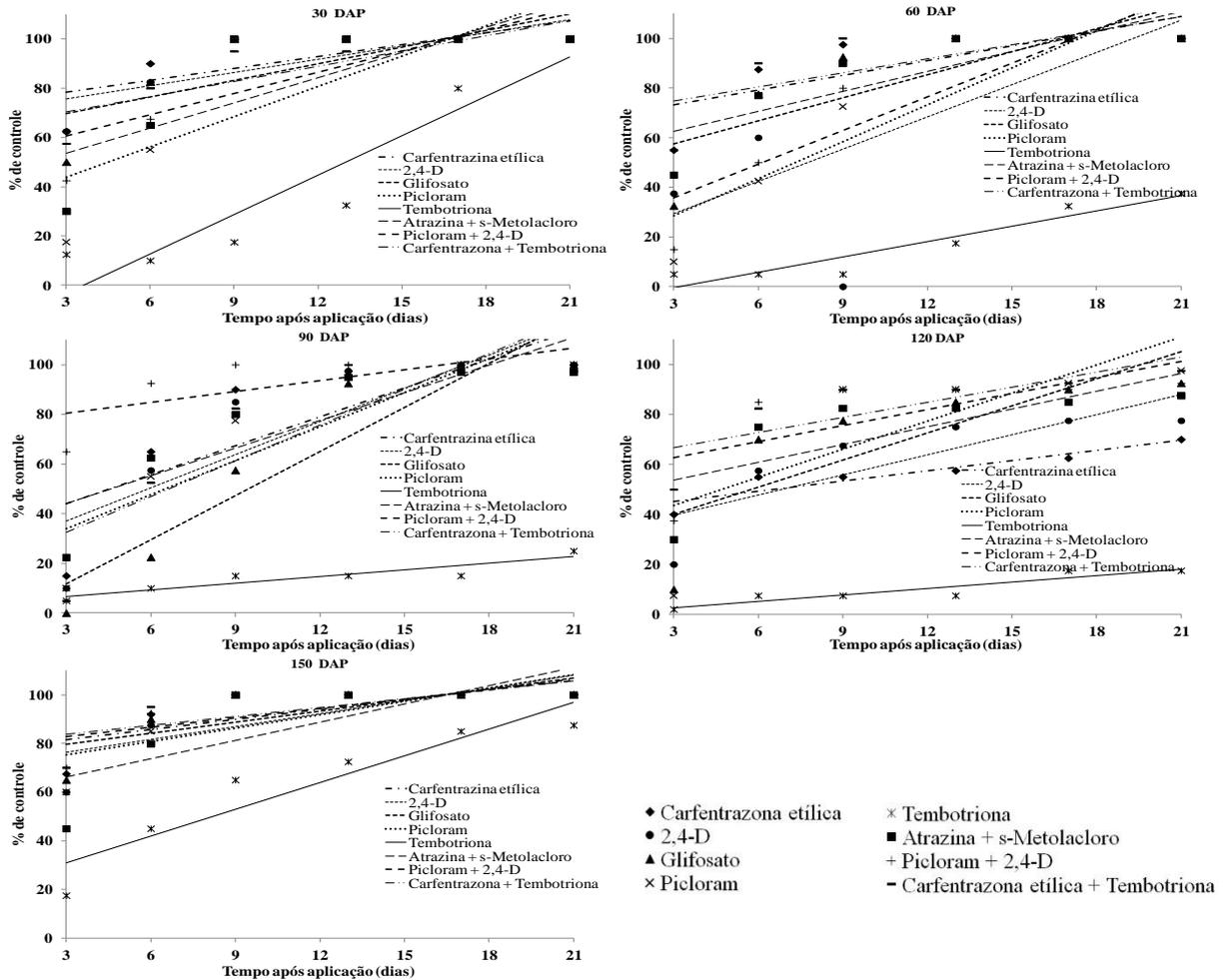
às plantas com o percentual superior a 80%. Com nove dias, todos os herbicidas ocasionaram 100% de controle; com exceção do tembotriona e carfentrazona etílica + tembotriona. Foi observado ainda que nesta fase de desenvolvimento o tembotriona foi o herbicida com menos efeito no controle. Aos 60 DAP e após seis dias de exposição das plantas aos herbicidas constatou-se maior percentual de controle para os herbicidas carfentrazona etílica, glifosato, atrazina + s-metolacloro e carfentrazona etílica + tembotriona, com níveis de controle variando de 77% a 90%. Apenas o tembotriona não foi eficiente para o controle de 100,0% das plantas até o final das avaliações (Figura 2).

Noventa dias após o plantio e após seis horas de aplicação dos produtos apenas o herbicida picloram em mistura com 2,4-D obteve resultados significativos com percentual de 92,5% de controle das plantas. Com exceção do tembotriona, os demais herbicidas iniciaram a ação mais expressiva a partir de nove dias após aplicação do produto com controle de 100% das plantas até o final das avaliações. Já aos 120 DAP o controle significativo das plantas foi obtido a partir de seis dias após aplicação dos herbicidas glifosato, picloram, atrazina + s-metolacloro, picloram + 2,4-D e carfentrazona etílica + tembotriona (Figura 2).

Todos os herbicidas, após nove dias de exposição, foram eficientes quando aplicados em rebrota de plantas com 150 DAP com 100% de controle, com exceção do tembotriona que ocasionou efeito reduzido (Figura 2).

Trabalhos realizados por Marques *et al.* (2011) e Giroto *et al.* (2012), com as espécies *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria plantaginea* e *Panicum maximum* mostraram que ocorreu efeito linear positivo da fitotoxicidade com o passar dos dias de avaliação para todos os herbicidas (hexazinonepor eles estudados (hexazinome, tebuthiuron, diuron, fluazifop, haloxyfop e sethoxydim).

Figura 11- Porcentagem de controle, em relação ao tempo (dias), para plantas de *C. proserpastrata* após aplicação de Carfentrazona etílica; 2,4 D; Glifosato; Picloram; Tembotriona; Atrazina + S-metolacloro; Picloram + 2,4 D; Carfentrazona etílica + Tembotriona.



Fonte: elaborada pelo autor.

Observa-se que houve variação no efeito quando os herbicidas foram aplicados nas diferentes fases de desenvolvimento da planta daninha (Tabela 8). Os herbicidas carfentrazone etílica, 2,4-D, glifosato e a mistura carfentrazone etílica + tembotriona obtiveram os melhores resultados no controle de plantas de *C. procerá*, alcançando melhores índices, superior a 88,0% de controle quando foram aplicados na fase inicial da cultura, com 30 DAP. Aos 60 DAP os herbicidas que apresentaram às melhores porcentagens de controle foram carfentrazone etílica, glifosato, atrazina + s-metolacloro e carfentrazone etílica + tembotriona. Aos 90 DAP apenas o picloram + 2,4-D atingiu uma porcentagem de controle eficaz com 93,0%. Quando a planta estava em estágio mais avançado de desenvolvimento, aos 120 DAP, apenas os herbicidas carfentrazone etílica + tembotriona e picloram + 2,4-D, obteve controle superiores a 83,7%.

Dan *et al.* (2010) trabalhando com o herbicida tembotriona, observou que plantas onde foi aplicado o herbicida em estágio de três folhas teve incrementos sobre a porcentagem de fitointoxicação, em plantas mais desenvolvidas não ocorreu este incremento na fitointoxicação,

indicando que as plantas em estádios mais avançados de desenvolvimento toleram mais a ação desse herbicida.

Tabela 8 – Porcentagens de controle de plantas de *Calotropis procera* em função da idade da planta após a aplicação de diferentes herbicidas

Herbicidas	Fase em desenvolvimento (dias após o plantio)				
	30	60	90	120	150
Carfentrazona etílica	92,1 a	90,0 a	77,1 b	56,6 c	93,3 a
2,4-D	90,8 a	79,2 c	75,0 c	62,5 c	91,3 a
Glifosato	88,7 a	83,7 a	62,1 c	71,0 b	92,5 a
Picloram	78,5 b	70,8 b	73,0 b	75,4 b	90,8 a
Tembotriona	42,1 b	17,1 c	14,2 c	10,0 c	62,1 a
Atrazina+s-metolacloro	82,5 a	85,4 a	75,8 b	73,7 b	87,5 a
Picloram + 2,4-D	85,0 b	74,2 c	93,0 a	81,0 b	93,8 a
Carfentrazona etílica + Tembotriona	88,0 a	90,1 a	73,3 b	83,7 a	94,2 a
Testemunha	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, à 5% de significância.

Fonte: elaborada pelo autor.

Com relação a rebrota de *C. procera* (Tabela 7) após 60 dias das avaliações verificou-se que quando a planta é exposta aos herbicidas até 30 DAP e/ou quando aplicados em rebrota de plantas com 150 DAP o controle é eficiente pois não foi constatado rebrota após o controle. Na fase de desenvolvimento de 60 DAP verificou-se ausência de rebrota das plantas após exposição a todos os herbicidas, com exceção das plantas expostas ao tembotriona que 100% das plantas rebrotaram. Em contraste, nas fases de desenvolvimento de 90 e 120 DAP, mesmo com a aplicação dos herbicidas foi verificado rebrota em algumas plantas e, portanto, merece atenção.

Estes resultados corroboram com os encontrados por Mendes *et al.* (2016) trabalhando com Amarelinho (*Tecoma stans*) e os herbicidas picloram e triclopy, onde as plantas que foram cortadas e depois aplicados os herbicidas, não houve rebrota aos 60 dias. De acordo com Oliveira Junior (2001), a destoxificação dos herbicidas no metabolismo das plantas pode ocorrer devido à produção de enzimas, as quais metabolizam a molécula do herbicida, e em alguns casos uma única enzima pode possuir característica de ampla especificidade, permitindo a espécie metabolizar e destoxificar-se de diferentes herbicidas e tolerar a ação dos produtos.

Tabela 9 - Porcentagem de rebrota de plantas de *Calotropis procera* após a exposição a diferentes herbicidas ao longo da fase de desenvolvimento da planta

Herbicidas	Fase em desenvolvimento (dias após o plantio)				
	30	60	90	120	150
Carfentrazona	0,0B	0,0B	100,0A	100,0A	0,0B
2,4-D	0,0B	0,0B	25,0B	50,0B	0,0B
Glifosato	0,0B	0,0B	100,0 A	50,0B	0,0B
Picloram	0,0B	0,0B	0,0B	50,0B	0,0B
Tembotriona	0,0B	100,0A	100,0A	100,0A	0,0B
Atrazina+s-Metolacloro	0,0B	0,0B	100,0A	100,0A	0,0B
Picloram+2,4-D	0,0B	0,0B	100,0A	100,0A	0,0B
Carfentrazona etílica+Tembotriona	0,0B	0,0B	25,0B	50,0B	0,0B
Testemunha	100,0A	100,0A	100,0A	100,0A	100,0A

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, à 5% de significância.

Fonte: elaborada pelo autor.

No geral, nas fases de desenvolvimento, 30, 60, 90 e 120 DAP, apenas o herbicida tembotriona não foi eficiente no controle das plantas até a última avaliação e as fases iniciais de desenvolvimento foram as mais afetadas. A idade da planta é um fator determinante na seletividade dos herbicidas e com avanço das fases de desenvolvimento da planta daninha seu controle é mais difícil, inviabilizando em muitos casos, o sucesso no controle (Marques *et al.*, 2011). Plantas mais desenvolvidas apresentam maiores barreiras à absorção de herbicidas e, conseqüentemente, maior capacidade de recuperação das injúrias causadas pelos produtos químicos.

Cabe ressaltar que, o herbicida que apresentou menor efeito na redução da ETR (Figura 1) e controle das plantas (Figura 2), em comparação com os outros herbicidas em todas as avaliações foi o tembotriona. O mecanismo de ação deste herbicida está associado com a inibição da enzima 4-hidroxifenilpiruvato dioxigenase (4-HPPD) agindo na rota de biossíntese de carotenoides o que ocasiona no final o branqueamento das folhas. Porém esta produção de tecidos albinos não implica necessariamente que este herbicida iniba diretamente a síntese de clorofila (ABILT *et al.*, 2009; OLIVEIRA JR. *et al.*, 2011), o que explicaria a manutenção de algumas plantas com índice de ETR em relação a todos os outros herbicidas. Além disso, algumas plantas apresentam a capacidade de metabolizar rapidamente alguns herbicidas que atua como inibidores da enzima HPPD produzindo metabólitos sem atividade tóxica, como o

tembotriona (SYNGENTA, 2007). Isto pode explicar a ação reduzida da toxicidade deste herbicida nesta planta daninha já que ela é considerada rústica e com grande capacidade de tolerar condições adversas.

No entanto, a mistura deve ser avaliada antes do uso com o intuito de evitar fracasso no controle e gastos desnecessários. Assim, torna-se necessário mais investigações de misturas possíveis com os herbicidas analisados neste estudo impedindo a realização de misturas com outras moléculas não compatíveis. Outro fator de importância está relacionado com as informações da atuação dos diferentes herbicidas comerciais nas diferentes fases de desenvolvimento da planta indicando a melhor época de atuação das moléculas químicas em função da idade da planta. Tais informações levam a adoção do controle químico de *C. procera* no momento mais suscetível da cultura proporcionando eficiência no controle e consequentemente redução dos possíveis danos desta planta daninha quando instaladas em áreas comerciais com culturas de importância econômica.

## **Conclusões**

Os herbicidas carfentrazone etílica; 2,4-D; glyphosate; picloram; tembotrione; atrazina + s-metolacoloro; picloram + 2,4-D; carfentrazona etílica + tembotriona foram eficientes para o controle de *Calotropis procera* nas fases de desenvolvimento 30 DAP e quando aplicados em rebrota de plantas com 150 DAP.

O herbicida tembotriona apresenta efeito reduzido e mais lento quando comparado aos demais herbicidas no controle de *Calotropis procera*.

Tabela 10 - Coeficiente de determinação e parâmetros do modelo de regressão adotado linear para Taxa de transporte de elétrons (ETR).

Herbicidas	Equação (parâmetro do modelo - $\hat{Y}$ )							
	DAT							
	30	R <sup>2</sup>	60	R <sup>2</sup>	90	R <sup>2</sup>	120	R <sup>2</sup>
Carfentrazone	74,26- 15,51ln(x)	0,974	61,135-12,65ln(x)	0,953	105,37-17,35ln(x)	0,994	76,295-8,953ln(x)	0,712
2,4-D	80,17- 17,54ln(x)	0,913	89,206-17,82ln(x)	0,984	64,443-0,413x	0,993	68,099-0,3896x	0,891
Glifosato	74,89- 15,67ln(x)	0,961	79,124-15,72ln(x)	0,913	93,60-0,4679x	0,995	79,49-12,69ln(x)	0,901
Picloram	61,75-0,43x	0,823	63,93-10,99ln(x)	0,765	76,653-0,5106x	0,786	53,8300,3212x	0,835
Tembotriona	82,20-0,56x	0,935	77,787-0,4185x	0,835	78,235-0,3534x	0,751	87,442-0,207x	0,629
Atrazina+s- Motolacloro	34,53- 7,02ln(x)	0,873	16,376-0,1012x	0,992	67,659-12,65ln(x)	0,797	18,491-2,894ln(x)	0,947
Picloram+2,4-D	73,70- 15,87ln(x)	0,928	83,305-15,73ln(x)	0,988	67,626-0,3159x	0,852	101,67-18,88ln(x)	0,979
Carfentrazone etilica+Tembotriona	50,80- 9,53ln(x)	0,997	92,651-19,11ln(x)	0,867	81,041-0,4668x	0,768	88,266-15,96ln(x)	0,995
Testemunha	-		-		-		-	

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 11 - Coeficiente de determinação e parâmetros do modelo de regressão adotado para controle plantas de *Calotropis procera*.

Herbicidas	Equação (parâmetro do modelo - $\hat{Y}$ )									
	DAT									
	30	R <sup>2</sup>	60	R <sup>2</sup>	90	R <sup>2</sup>	120	R <sup>2</sup>	150	R <sup>2</sup>
Carfentrazona	73,517+1,6145x	0,53	67,273+1,972x	0,56	32,43+3,8823x	0,64	41,019+1,3607x	0,86	77,341+1,3834x	0,52
2,4-D	70,218+1,7927x	0,61	16,512+4,3251x	0,59	23,71+4,46x	0,72	31,701+2,6783	0,67	70,945+1,7657x	0,65
Glifosato	62,856+2,2516x	0,57	48,17+3,094x	0,627	6,0349+5,9233x	0,87	29,23+3,6177x	0,63	74,989+1,5227x	0,64
Picloram	31,62+4,0983x	0,63	13,706+4,9676	0,80	20,198+4,5842x	0,77	32,261+3,7527x	0,56	69,845+1,825x	0,58
Tembotriona	19,204+5,3294x	0,88	6,6991+2,068x	0,90	3,8589+0,8963x	0,84	0,1429+0,8499x <sup>2</sup>	0,85	19,921+3,6663x	0,87
Atrazina+s-Motolaclo	43,38+3,4017x	0,62	54,584+2,6739x	10,70	32,821+3,7257x	0,74	46,49+2,3704	0,55	58,812+2,4946x	0,59
Picloram+2,4-D	51,841+2,8834x	0,63	22,131+4,5248x	0,77	76,089+1,4633	0,31	56,12+2,149x	0,56	79,033+1,2997x	0,62
Carfentrazona etflica+Tembotriona	64,258+2,0572x	0,71	69,1+1,8898x	0,51	18,069+4,8056x	0,73	60,589+2,014	0,73	80,133+1,2203x	0,57
Testemunha	-		-		-		-		-	

Fonte: elaborada pelo autor.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A competição com a planta daninha *Calotropis procera* alterou negativamente o crescimento e características fisiológicas de milho e feijão-caupi

As condições de estresse abiótico reduziram a qualidade fisiológica das sementes e, danos ocasionados pela redução do potencial hídrico foram mais acentuados em relação ao estresse salino e as diferentes temperaturas influenciaram nos parâmetros fisiológicos avaliados.

Nas fases de desenvolvimento 30 DAP e quando aplicados em rebrota de plantas com 150 DAP todos os herbicidas foram eficientes para o controle de *C. procera*.

## REFERÊNCIAS

ABIT, J. M.; AL-KHATIB, K.; REGEHR, D. L.; TUINSTRA, M. R.; CLAASSEN, M. M.; GEIER, P. W.; STAHLMAN, P. W.; GORDON, B. W.; CURRIE, R. S. Differential response of grain sorghum hybrids to foliar-applied mesotrione. **Weed Technology**, Champaign, v. 23, n. 1, p. 28-33, 2009.

AHMED, W.; AZMAT, R.; KHAN, S. M.; KHAN, M. S.; QAYYUM, A.; MEHMOOD, A.; KHAN, S. U.; HUSSAIN, I. Pharmacological studies of *Adhatoda vasica* and *Calotropis procera* as resource of bio-active compounds for various diseases. **Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences**. v. 31, n. 5, p. 1975-1983, 2018.

ALMEIDA, I. V. B.; NEDER, D. G.; BATISTA, F. R. C.; DUTRA, W. F. caracterização e seleção precoce de genótipos de flor-de-seda (*Calotropis procera*) com potencial forrageiro. **Revista Caatinga**. v. 30, n. 3, p. 794 –801, 2017.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. Vol. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

ARALDI, R.; GIROTTO, M.; VELINI, E.D.; GOMES, G.L.G.C.; JASPER, S.P.; CARBONARI, C.A.; TRINDADE, M.L.B. Eficiência fotossintética e consumo de água de *Ipomoea Triloba* após aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 517-524, 2012

ARAÚJO, L. S.; BRANQUINHO, J. A. S.; SILVEIRA, P. M.; SILVA, L. G. B.; VALENTE, M. S.; SIQUEIRA, M. V. R.; CUNHA, P. C. R. Produtividade de milho (*Zea mays*) consorciado com *Urochloa brizantha* em diferentes espaçamentos de plantio no sudeste de Goiás. **Revista Agrarian**, v. 11, n. 42, p. 307-318, 2018.

ASPIAZÚ, I.; SEDIYAMA, T.; RIBEIRO JR, J. I.; SILVA, A. A.; CONCENCO, G.; FERREIRA, E. A.; GALON, L.; SILVA, A. F.; BORGES, E. T.; ARAÚJO, W. F. Water use efficiency of cassa plants under competition conditions. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 699-703, 2010.

ATKIN, O. K. et al. Leaf respiration of snow gum in the light and dark. Interactions between Temperature and Irradiance. **Plant Physiology**, v. 122, n. 3, p. 915-923, 2000.

AWAAD, A. A.; ALKANHAL, H. F.; EL-MELIGY, R. M.; ZAIN, G. M.; ADRI, V. D. S.; HASSAN, D. A.; ALGASOUMI, S. L. Anti-ulcerative colitis activity of *Calotropis procera* Linn. **Saudi Pharmaceutical Journal**. v. 26, n. 1, p. 75-78, 2018.

AZERÊDDO, G. A.; PAULA, R. C.; VALERI, S. V. Temperatura e substrato para a germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 92, p. 479-488, 2011.

BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Coord.) **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.83-136.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 395 p.

BRODRIBB, T. J.; HOLBROOK, N. M. Stomatal closure during leaf dehydration, correlation with other leaf physiological traits. **Plant Physiology**, v. 132, n. 1, p. 2166–2173, 2003.

BOTA, J.; FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress. **New Phytologist**, v. 162, n. 1, p. 671–681, 2004.

CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. de.; PRIETO, H. E.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; BARROS, N. F. de.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência do Solo, 2007. p.769-850.

CARVALHO, L. B.; BIANCO, S. I.; PITELLI, R. A.; BIANCO, M. S. Estudo comparativo do acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de milho var. BR-106 e *Brachiaria plantaginea*. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 293-301, 2007.

CARVALHO, F. P.; SANTOS, J. B.; CURY, J. P.; SILVA, D. V.; BRAGA, R. R.; BYRRO, E. C. M. Alocação de matéria seca e capacidade competitiva de cultivares de milho com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 29, n. 2, p. 373-382, 2011.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **SEMENTES: Ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p

CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S.; MAROCO, J.; RODRIGUES, M. L.; RICARDO, C. P.; OSÓRIO, M. L.; CARVALHO, I.; FARIA, T.; PINHEIRO, C. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. **Annals of Botany**, v. 89, n. 1, p. 907–916, 2002.

CHIOVATO, M. G.; GALVÃO, J. C. C.; FONTANÉTTI, A.; FERREIRA, L. R.; MIRANDA, G. V.; RODRIGUES, O. L.; BORBA, A. N. Diferentes densidades de plantas daninhas e métodos de controle nos componentes de produção do milho orgânico. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 277-283, 2007.

COLOMBO, R.; MARÍN, O.; IRAZÁBAL, S.; TEZARA, W. Relaciones hídricas, fotosíntesis, y anatomía foliar de dos especies del género *Calotropis*. **INCI**, v. 32, p. 791-796, 2007.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, safra 2018/19. v.6, n.4, 2019.

CORRÊA, M. J. P.; ALVES, G. L.; ROCHA, L. G. F.; SILVA, M. R. M. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do feijão caupi. **Revista de Ciências Agroambientais**. v. 13, n.2, p.50-56, 2015.

COSTA, R. G.; MEDEIROS, A. N.; ALVES, A. R.; MEDEIROS, G. R. Perspectivas de utilização da flor-de-seda (*Calotropis procera*) na produção animal. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 276-285, 2009.

COSTA, R.G.; SILVA, N.V.; AZEVEDO, P.S.; MEDEIROS, A.N.; CARVALHO, F.F.R.; QUEIROGA, R.C.R.E.; MEDEIROS, G.R. Quality of lambs fed silk flower hay (*Calotropis procera* SW) in the diet. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 6, p. 6-9, 2011.

DAEHLER, C.C. Performance comparisons of co-occurring native and alien invasive plants: Implications for Conservation and Restoration. **Annual Reviews**, v. 34, n. 1, p. 183-211, 2003.

DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; DAN, L. G. M.; PROCÓPIO, S. O.; FERREIRA FILHO, W. C.; MENEZES, C. C. E. Tolerância do sorgo granífero ao herbicida tembotrione. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 615-620, 2010.

DUARTE, M. M.; KRATZ, D.; CARVALHO, R. L. L.; NOGUEIRA, A. C. Influência do estresse hídrico na germinação de sementes e formação de plântulas de angico branco. *Advances in Florestry Science*. v. 5, n. 3, p. 375-379, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2004**. Disponível em: link <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/control.htm>. Acesso em: 03 jan. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Principais misturas de herbicidas recomendados para cultura de soja no preparo convencional e no sistema plantio direto. **Documentos online**, Passo Fundo, 2006. Disponível em: link [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do62\\_18.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do62_18.htm). Acesso em: 13 jan. 2019.

FERREIRA, E. A.; ASPIAZÙ, I.; GALON, L.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. F.; REIS, L. A. C. Características fisiológicas da soja em relação a espécies de plantas daninhas. **Revista Trópica**, v. 5, n. 1, p. 39-47, 2011

FERREIRA, E. A.; MATOS, C. C.; BARBOSA, E. A.; MELO, C. A. D.; SOLVA, D. V.; SANTOS, J. B. Aspectos fisiológicos de soja transgênica submetida à competição com plantas daninhas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 2, p. 115-121, 2015.

FLEXAS, J.; RIBAS-CARBÓ, M.; BOTA, J.; GALMÉS, J.; HENKLE, M.; MARTINES-CAÑELLAS, S.; MEDRANO, H. Decreased Rubisco activity during water stress is not induced by decreased relative water content but related to conditions of low stomatal conductance and chloroplast CO<sub>2</sub> concentration. **New Phytology**, v. 172, N. 1, p. 73–82, 2006.

FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M.; DIAS, T. J.; LUNA SOUTO, A. G. Necessidade hídrica do maracujazeiro amarelo cultivado sob estresse salino, biofertilização e cobertura do solo. **Revista Caatinga**, v.24, n.1, p.82-91, 2011.

FREITAS, F. C. L.; MEDEIROS, V. F. L. P.; GRANGEIRO, L. C.; SILVA, M. G. O.; NASCIMENTO, P. G. M. L.; NUNES, G. H. Interferência de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Planta daninha**. v.27, n.2, p. 241-247, 2009.

- GASSEN, D. N. **O risco da mistura de herbicida com inseticida em milho.** In: GASSEN, D. N. (ed.) Informativos técnicos Cooplantio. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, p. 125-128, 2002.
- GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 83-92, 2015
- GRACE, B. S. The biology of Australian weeds 45. *Calotropis procera* (Aiton) W.T. Aiton. **Plant Protection Quarterly**, v. 21, n. 4, p. 152-160, 2006.
- GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; GONÇALVES, E. P.; BRAGA JUNIOR, J. M.; VIANA, J. S.; COLARES, P. N. Substratos e temperaturas para testes de germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (Alemão) A.C. Smith. **Revista Árvore**, v. 34, n. 1, p. 57-64, 2010.
- GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; VIANA, J. S.; GONÇALVES, E. P.; LIMA, C. R.; SANTOS, S. R. N. Germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 45-53, 2013.
- HASSAN, L.M.; GALAL, T.M.; FARAHAT, E.A.; EL-MIDANY, M.M. The biology of *Calotropis procera* (Aiton) W.T. **Trees**, v. 29, n. 2, p. 311-320, 2015.
- INSTITUTO HORUS. **Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental.** The Nature Conservancy. Disponível em: <http://www.institutohorus.org.br/>. Acesso em: 18 dezembro 2018.
- JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; PEREIRA, J. L.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; VIVIAN, R. Efeitos de densidade e época de emergência de *Brachiaria brizantha* em competição com plantas de milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 373-378, 2006.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2ed. 2013. 431 p.
- KRAUSE, G. H.; WINTER, K. Photoinhibition of photosynthesis in plants growing in natural tropical forest gaps: a chlorophyll fluorescence study. **Acta Botanica**, v. 109, n. 6, p. 456-462, 1996.
- LAMEGO, F. P.; BASSO, C. J.; VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M.; SANTI, A. L.; RUCHEL, Q.; KASPARY, T. E.; GALLON, M. Seletividade dos herbicidas smetolachlor e alachlor para o feijão-carioca. **Planta Daninha**, v. 29, p. 877-883, 2011.
- LAMEGO, F. P.; CARATTI, F. C.; REINEHR, M.; GALLON, M.; SANTI, A. L.; BASSO, C. J. Potencial de supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura de verão. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 1, p. 97-105, 2015.
- LEMONS, J. P.; GALVÃO, J. C. C.; SILVA, A. A.; FONTANETTI, A.; CORRÊA, M. L. P.; CECON, P. R. Morfofisiologia de plantas de Milho em competição com Picão-preto e Trapoeraba submetidas a roçada. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 487-496, 2012

MAGUIRE, J. D. Speed of germination: aid in selection an evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MANABE, P. M. S.; MATOS, C. C.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; SEDIYAMA, T.; MANABE, A.; SILVA, A. F.; ROCHA, P. R. R.; GALON, L. Características fisiológicas de feijoeiro em competição com plantas daninhas. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, p. 1721-1728, 2014.

MARCOS FILHO, J.; **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MARQUES, R.P.; RODELLA, R.A.; MARTINS, D. Controle químico em pós-emergência de espécies de *Brachiaria* em três estádios vegetativos. **Arquivo Instituto Biológico**, v.78, n.3, p.409-416, 2011.

MARTINS, C. C.; PERERIA, M. R. R.; MARCHI, S.R. Germinação de sementes de *Melaleuca quinquenervia* em condições de estresse hídrico e salino. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p.1-6, 2011.

MATTE, W. D.; OLIVEIRO JR, R. S.; MACHADO, F. G.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D. F.; GUTIERREZ, F. S. D.; SILVA, J.R.V. Eficácia de [Atrazine + Mesotrione] para o controle de plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.17, n. 2, 2018.

MEDEIROS, P. R. F.; DUARTES, S. N.; DIAS, C. T. S. Tolerância da cultura do pepino à salinidade em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 406–410, 2009.

MENDES, R. R.; BIFFE, D. F.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA, R. S.; ROSA, E. L.; CUBA, A. L. F.; BALADELI, R. B. Controle de amarelinho (*Tecoma stans*) em pastagem com aplicações localizados de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v. 15, n. 4, p. 303-312, 2016.

MONDO, V.H.V.; CARVALHO, S.J.P.; DIAS, A.C.R.; FILHO, J.M.;Efeitos da luz e temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de plantas daninhas do gênero *digitaria*. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p.131-137, 2010

MOREIRA FILHO, E. C.; VIANA, B. L. **Flor de seda: considerações gerais**. 2007. Disponível em: link <http://www.cca.ufpb.br/lavouraxerofila/pdf/fs.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2018.

NIINEMETS, Ü.; KEENAN, T. Photosynthetic responses to stress in Mediterranean evergreens: Mechanisms and models. **Environmental and Experimental Botany**, v. 103, p. 24–41, 2014.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 291-314.

OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOQUE, M.H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. 348p.

- OLIVEIRA, A. K. M.; RIBEIRO, J. W. F.; PEREIRA, K. C. L.; SILVA, C. A. Germinação de sementes de *Aspidosperma tomentosum* Mart. (Apocynaceae) em diferentes temperaturas. **Revista brasileira de Biociências**, v. 9, n. 3, p. 392-397, 2011.
- OLIVEIRA, K. J. B.; LIMA, J. S. S.; SOARES, A. P. S.; BEZZERA NETO, F.; LINHARES, P. C. A. produção agroeconômica da rúcula fertilizada com diferentes quantidades de *Calotropis Procera*. **Terceiro Incluído**. v. 5, n. 2, p. 373-384, 2015.
- PARSONS, W. T.; CUTHBERTSON, E. G. **Noxious Weeds of Australia**. 2. ed. Austrália: CSIRO Publishing, 2001. 186 p.
- PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, C. C.; MARTINS, D. Estresse hídrico induzido por soluções de PEG e de NaCl na germinação de sementes de Nabiça e Fedegoso. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 687-696, 2014.
- PITELLI, R. A. O termo Planta-Daninha. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, 2015
- RAHMAN, M. A.; WILCOCK, C. C. 1991. **A taxonomic revision of Calotropis (Asclepiadaceae)**. Nordic Journal of Botany 11:301-308.
- RANGEL, E. S. E.; NASCIMENTO, M. T. Ocorrência de *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) como espécie invasora de restinga. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 3, p. 657-663, 2011.
- RICHARDSON, D. M.; PYSEK, P.; REJMÁNEK, M.; BARBOUR, M.G.; PANETTA, F.D.; WEST, C.J. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. **Diversita Distribuição**, v. 6, p. 93-107, 2000.
- RONCHI, C. P.; SILVA, A. A.; MIRANDA, G. V.; FERREIRA, L. R.; TERRA, A. A. Misturas de herbicidas para o controle de plantas daninhas do gênero *Commelina*. **Planta Daninha**, v.20, n.2, p.311-318, 2002.
- SANTOS, C. A.; SILVA, N. V.; WALTER, L. S.; SILVA, E. C. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Germinação de sementes de duas espécies da caatinga sob déficit hídrico e salinidade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 87, p. 219-224, 2016.
- SHARMA, A.K.; KHARB, R.; KAUR, R. Pharmacognostical aspects of *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. **International Journal Pharma and Bio Sciences**, v. 2, n. 3, p. 480-488, 2012.
- SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 367 p.
- SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M.; ARAÚJO, F. P.; MELO, N. F.; NETO, A. D. A. Physiological responses to salt stress in young umbu plants. **Environment and Experimental Botany**, v. 63, n. 1, p. 147-157, 2008.
- SILVA, M.C.C.; SILVA, A.B.; TEIXEIRA, F.M.; SOUSA, P.C.P.; RONDON, R.M.M.; JÚNIOR, J.E.R.H.; SAMPAIO, L.R.L.; OLIVEIRA, S.L.; HOLONDA, A.N.M.; VASCONCELOS, S.M.M. Therapeutic and biological activities of *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v. 3, n. 4, p. 332-336, 2010.

- SILVA, D. V.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, G. S.; SOUZA, M. F.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; SEDIYAMA, T.; CECON, P. R. Crescimento e rendimento do milho sob interferência da tiririca. **Semina**, v. 36, n. 5, p. 3077-3084, 2015.
- SILVA TERCEIRO, E. N.; PESSÔA, U. C. M.; SOUZA, A. S.; SOARES FILHO, A. A.; PIMENTA, T. A. Aspectos fisiológicos do feijão-caupi e crescimento de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) sob competição em solo compactado. **Revista Verde**, v. 11, n.1, p.14-22, 2016.
- SILVA, A. F. A.; SOUZA, E. G.; BARROS JÚNIOR, A. P.; NETO, F. B.; SILVEIRA, M. Desempenho agrônomo de rabanete adubado com *Calotropis procera* (Ait) R. Br. Em duas épocas de cultivo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 328-336, 2017
- SILVEIRA, H. M.; FERREIRA, E. A.; SILVA, D. V.; NETO, N. D. C.; CARVALHO, F. P.; SANTOS, J. B.; SIVA, A. A. características fisiológicas de cultivares de Mandioca após aplicação do mesotrione. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 403-409, 2013.
- SMITH, A. K.; KNAPP, M. D. Variation among biomes in temporal dynamics of aboveground primary production. **Science**, v. 291, p. 481-484. 2001.
- SOARES, M. M.; SANTOS JUNIOR, H. C.; SIMÕES, M. G.; PAZZIN, D.; SILVA, L. J. Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 4, p. 370-378, 2015.
- SOUTO, P. C.; SALES, F. C. V.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; SOUSA, A. A. Biometria de frutos e número de sementes de *Calotropis procera* (Ait.). R. Br no semiárido da Paraíba. **Revista Verde**, v. 3, n. 1, p. 108-113, 2008.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.
- TANG, A.C.; KAWAMITSU, Y.; KANECHI, M.; BOYER, J. S. Photosynthetic oxygen evolution at low water potential in leaf discs lacking an epidermis. **Annals of Botany**, v. 89, n. 1, p. 861–870, 2002.
- TORRES, J.F.; BRAGA, A.P.; LIMA, G.F.C.; RANGEL, A.H.N.; LIMA JÚNIOR, D.M.; MACIEL, M.V. Utilização do feno de flor-de-seda (*calotropis procera* ait. r. br) na alimentação de ovinos. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 4, n. 1, p. 42-50, 2010.
- VARGAS, L.; PEIXOTO, C. M; ROMAN, E. S. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 2006. 20 p. (**Documentos Online, 61**). Disponível em: link [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do61.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do61.htm). Acesso em: 16 jan. 2017.
- VELAZQUEZ-MARQUEZ, S.; CONDE-MARTÍNEZ, V.; TREJO, C.; DELGADO-ALVARADO, A.; CARBALLO, A.; SUAREZ, R.; MASCORRO, J.O.; TRUJILLO, A.R. Effects of water deficit on radicle apex elongation and solute accumulation in *Zea mays* L. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 96, p. 29-37, 2015.

YAMASHITA, O. M.; GUIMARÃES, S. C. Germinação de sementes de *Conyza canadenses* e *Conyza bonariensis* em diferentes condições de temperatura e luminosidade. **Planta Daninha**, v. 29, n. 2, p. 333-342, 2011.

YOUNG, A. L.; FRANK, H. A. Energy transfer reactions involving carotenoids: quenching of chlorophyll fluorescence. **Journal Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 36, n. 1, p. 3-15, 1996.