

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO EM FEIJÃO-CAUPI PARA IDENTIFICAÇÃO DE**  
**GENÓTIPOS COM TOLERÂNCIA À SECA**

**SEBASTIÃO PEREIRA DO NASCIMENTO**

**TERESINA**  
**Estado do Piauí, Brasil**  
**Abril - 2009**

**EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO EM FEIJÃO-CAUPI PARA IDENTIFICAÇÃO DE  
GENÓTIPOS COM TOLERÂNCIA À SECA**

**SEBASTIÃO PEREIRA DO NASCIMENTO  
ENGENHEIRO AGRÔNOMO**

**Orientador: Dr. Edson Alves Bastos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Piauí – UFPI, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em agronomia, área de concentração em produção vegetal.

**TERESINA  
Estado do Piauí, Brasil  
Abril - 2009**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco

T244e Nascimento, Sebastião Pereira do.  
Efeito do déficit hídrico em feijão-caupi para  
identificação de genótipos com tolerância à seca  
[manuscrito] / Sebastião Pereira do Nascimento. – 2009.  
109 f.

Cópia de computador (printout).

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação  
em Agronomia da Universidade Federal do Piauí, 2009.

“Orientador: Dr. Edson Alves Bastos”, “Co-  
orientador: Dr. Francisco Rodrigues Freire Filho”

1. Feijão-caupi (*Vigna unguiculata*). 2. Rendimento de  
grãos. 3. Semi-Árido – Nordeste. I. Título.

CDD: 635. 659 2

**EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO EM FEIJÃO-CAUPI PARA IDENTIFICAÇÃO DE  
GENÓTIPOS COM TOLERÂNCIA À SECA**

**SEBASTIÃO PEREIRA DO NASCIMENTO**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Agronomia e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Agronomia, nível de mestrado da Universidade Federal do Piauí – UFPI, em 17 de abril de 2009.

Apresentada à Comissão Examinadora, integrada por:

---

Dr. Edson Alves Bastos  
(Orientador)

---

Dr. Francisco Rodrigues Freire Filho  
(Membro)

---

Dr. Reinaldo Lúcio Gomide  
(Membro)

---

Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho  
(Membro)

**TERESINA**  
**Estado do Piauí, Brasil**  
**Abril - 2009**

“Eu posso prever o caminho de  
corpos celestiais, mas não posso  
dizer nada a respeito do movimento  
de uma pequena gota de água”

**Galileo Galilei**

## AGRADECIMENTOS

A *Deus*, pelo amor, esperança, fé e presença constante em minha vida.

À minha mãe Helena Terto, pelo exemplo de luta, garra, fibra e serenidade, e especialmente por ter sido meu referencial na busca de ser um cidadão.

À Alcinéia Pereira do Nascimento e Pedro Alberto Campos Ribeiro, meus segundos pais (assim os considero), pela oportunidade e ensinamentos proporcionados nesta longa jornada.

Ao meu pai José Gregório do Nascimento, pelos conhecimentos empíricos repassados e motivação para busca do conhecimento técnico-científico.

A todos da minha família, fonte inesgotável de inspiração para busca de meus ideais, em especial aos sobrinhos, na esperança que eles também tenham a oportunidade e vontade para vencer na base do conhecimento.

Aos pesquisadores Dr. Edson Alves Bastos e Francisco Rodrigues Freire Filho pela orientação e ensinamentos para convivência com o mundo científico, bem como pelos bons momentos durante o estágio na Embrapa Meio-Norte e na confecção deste trabalho.

Ao Dr. Reinaldo Lúcio Gomide, coordenador nacional do projeto “Fenotipagem de gramíneas e cereais para tolerância à seca”, pelo aporte financeiro da execução desta pesquisa.

Aos pesquisadores da Embrapa Meio-Norte Eugênio Celso Emérito, Milton José Cardoso, Maurisrael de Rocha, Kaesel Jackson Damasceno e Marisônia Noronha e especialmente ao Dr. Aderson Soares de Andrade Júnior, pelo caráter, companheirismo, bem como pelos conhecimentos repassados.

À professores Dra. Cristina Chances Muratori, Dr. Disraeli Reis da Rocha e Dr. Cândido Athayde Sobrinho, pela confiança, e recomendação ao programa de pós-graduação em agronomia.

À Daniele Savana, pelos momentos de descontração e impaciência, e aos amigos do Mestrado em Ciência Animal e Agronomia, especialmente aos companheiros Prof<sup>o</sup>. Clemilton Ferreira, Renato Rocha e Fernando Araújo pelos conhecimentos compartilhados.

Aos amigos (parceiros) de estágio da Embrapa Meio-Norte: Eddie Leal, Rafael Maschio, Michel Barros, Adilberto Lemos, Simone Raquel e especialmente ao Everaldo Moreira, companheiro de fé.

Aos companheiros do feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte: Anchieta Fontenele, Erina Vitória, Manoel Gonçalves e Paulo Monteiro, pelo apoio na implantação dos experimentos.

À CAPES, pelo concessão da bolsa de mestrado.

Meus eternos agradecimentos.

## SUMÁRIO

|  |      |
|--|------|
| <i>Lista de Abreviaturas</i>   | viii |
| <i>Lista de Figuras</i>  | ix   |
| <i>Lista de Tabelas</i>  | x    |
| RESUMO   | xi   |
| ABSTRACT   | xii  |
| 1. INTRODUÇÃO  | 1    |
| 1.1. Objetivos Gerais e Específicos  | 2    |
| 1.2. Justificativa   | 3    |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA   | 4    |
| 2.1. Aspectos Gerais do Feijão-Caupi   | 4    |
| 2.1.1. Origem, Classificação Botânica e Distribuição   | 4    |
| 2.1.2. Ciclo Fenológico e Características Morfológicas   | 4    |
| 2.1.3. Importância Socioeconômica  | 6    |
| 2.1.4. Necessidade Hídrica   | 7    |
| 2.2. Estresse Hídrico  | 9    |
| 2.3. Características Morfológicas, Fisiológicas e Bioquímica das plantas às condições de disponibilidade de água no solo | 10   |
| 2.3.1. Índice de Área Foliar   | 10   |
| 2.3.2. Condutância Estomática  | 12   |
| 2.3.3. Potencial Hídrico Foliar  | 13   |
| 2.3.4. Temperatura Foliar  | 14   |
| 2.3.5. Teor de Clorofila   | 15   |
| 2.4. Tolerância à Seca   | 16   |
| 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS  | 19   |
| <b>CAPÍTULO 1 – CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS E PRODUTIVAS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI SOB DÉFICIT HÍDRICO</b>           | 32   |
| RESUMO   | 33   |
| ABSTRACT   | 33   |
| 1. INTRODUÇÃO  | 34   |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS  | 36   |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO  | 38   |
| 4. CONCLUSÕES  | 46   |

|   |    |
|---|----|
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS   | 46 |
| <b>CAPÍTULO 2 – IDENTIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI PARA<br/>TOLERÂNCIA À SECA</b> | 51 |
| RESUMO  | 52 |
| ABSTRACT  | 53 |
| 1. INTRODUÇÃO   | 53 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS   | 55 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO   | 58 |
| 4. CONCLUSÕES   | 66 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS   | 66 |
| 6. ANEXOS   | 70 |
| <b>3. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>  | 72 |
| <b>ANEXOS</b>   | 74 |



**LISTA DE ABREVIATURAS**

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>CE</b>            | Com estresse                            |
| <b>DAS</b>           | Dias após semeadura                     |
| <b>DBC</b>           | Delineamento em blocos casualizados     |
| <b>g<sub>s</sub></b> | Condutância estomática                  |
| <b>ha</b>            | Hectare                                 |
| <b>IAF</b>           | Índice de área foliar                   |
| <b>ICF</b>           | Índice de clorofila (teor de clorofila) |
| <b>MCG</b>           | Massa de cem grãos                      |
| <b>NGV</b>           | Número de grãos por vagem               |
| <b>NVP</b>           | Número de vagem por planta              |
| <b>PG</b>            | Produtividade de grãos                  |
| <b>SE</b>            | Sem estresse                            |
| <b>T<sub>f</sub></b> | Temperatura foliar                      |
| <b>Ψ<sub>f</sub></b> | Potencial hídrico foliar                |

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

**Figura 1.** Relação entre Temperatura foliar e Temperatura ambiente de 20 genótipos de feijão-caupi submetidos ao déficit hídrico na fase reprodutiva, nos experimentos sem e com estresse hídrico, no período de agosto a outubro de 2008 45

### CAPÍTULO 2

**Figura 1.** Variação na umidade média do solo até uma profundidade de 0,70 m, ao longo do ciclo fenológico dos genótipos de feijão-caupi, sem e com estresse hídrico 70

**Figura 2.** Índice de área foliar (IAF) máximo e médio de 20 genótipos de feijão-caupi submetidos ao estresse hídrico na fase reprodutiva, para as condições sem e com estresse hídrico, no período de agosto a outubro de 2008 70

**Figura 3.** Índice de clorofila total (ICF) máximo e médio de 20 genótipos de feijão-caupi submetidos ao estresse hídrico na fase reprodutiva, para as condições sem e com estresse hídrico, no período de agosto a outubro de 2008 70

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

**Tabela 1.** Características físicas do solo da área experimental, Teresina, PI 37

**Tabela 2.** Características Químicas do solo da área experimental, Teresina, PI 37

**Tabela 3.** Valores médios de potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), temperatura foliar ( $T_f$ ) e de produtividade grãos (PG) de 20 genótipos de feijão-caupi, sob dois regimes hídricos em Teresina, PI 41

### CAPÍTULO 2

**Tabela 1.** Valores médios do número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (MCG), e produtividade de grãos (PG) de 20 genótipos de feijão-caupi, sob dois regimes hídricos 71

Nascimento, Sebastião Pereira do. **Efeito do déficit hídrico em feijão-caupi para identificação de genótipos com tolerância à seca**. Teresina-PI, 2009. 109p. Dissertação (Trabalho de pós-graduação em agronomia). Comitê de orientação: Dr. Edson Alves Bastos (Orientador), Dr. Francisco Rodrigues Freire Filho (Co-orientador). Universidade Federal do Piauí.

**Resumo:** O feijão-caupi é cultivado na Ásia, na América e principalmente na África. No Brasil seu cultivo ocorre predominantemente nas regiões Norte e Nordeste, onde se constitui na principal dieta alimentar. Apresenta-se com baixos índices de produtividades, devido principalmente a ocorrência de déficit hídrico. O trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do déficit hídrico sobre o desempenho fisiológico, produtivo e bioquímico do feijão-caupi com vistas à seleção de genótipos com tolerância à seca. Foram realizados dois experimentos: um com irrigação plena e outro com estresse hídrico aplicado durante o pré-florescimento ao início da formação das vagens. A pesquisa constou de estudos sobre as características fisiológicas e produtivas de genótipos de feijão-caupi sob déficit hídrico (Capítulo I); Avaliação de genótipos de feijão-caupi para tolerância à seca (Capítulo II). Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições e 20 tratamentos (genótipos), a saber: Pitiúba, Tvu 36, TE-898, Capela, Canapuzinho, Canapu-BA, Canapuzinho-PE, CNCx 689-128G, BR17-Gurguéia, BRS-Paraguaçu, Patativa, BRS Xiquexique, Pingo-de-ouro-1, Pingo-de-ouro-2, Pingo-de-ouro-1-2, Canapuzinho-2, Epace-10 IPA-206, Tracuateua-192. Foram avaliados variáveis fisiológicas, bioquímicas, componentes de produção e produtividade de grãos. Foi utilizado um sistema de irrigação por aspersão convencional e o manejo da irrigação foi feito com base na evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman-Monteith e coeficientes de cultura locais. O déficit hídrico foi obtido aplicando-se, aproximadamente, metade da lâmina requerida pelo feijão-caupi. O déficit hídrico reduziu em 72% a condutância estomática, 62% o potencial de água nas folhas, por outro lado aumentou em 11,7% a temperatura foliar, em 23% o índice médio de área foliar, 16% o índice médio de clorofila, 175% o número médio de vagens por planta, 16% e em 60% a produção de grãos. Os genótipos BRS-Paraguaçu, Pingo-de-ouro-1-2, Canapu-BA e CNCx 689-128G e TE898 apresentaram características fisiológicas e produtivas de tolerância à seca, no entanto, os genótipos Santo Inácio e Tracuateu-192 não toleram déficit hídrico moderado.

**Palavras chave:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp, Índice de área foliar, Condutância Estomática, Potencial de água na folha, produtividade de grãos.

Nascimento, Sebastião Pereira do. **Effect of water deficit in cowpea to identify genotypes with drought tolerance**. Teresina-PI, 2009. 109p. Dissertação (Trabalho de pós-graduação em agronomia). Comitê de orientação: Dr. Edson Alves Bastos (Orientador), Dr. Francisco Rodrigues Freire Filho (Co-orientador). Universidade Federal do Piauí.

**Abstract:** The cowpea is grown in Asia, across the American continent and especially in Africa. In Brazil its cultivation is done mainly in the Regions North and Northeast, where it is the main diet. This crop presents in these regions with low yields, mainly due to water deficit. The objective of this work was to evaluate the effect water stress on physiological, productivity and biochemistry performances for select genotypes of cowpea with drought tolerance. Two experiments were conducted: one with full irrigation and the other with water stress applied during the crop reproductive phase. The research consisted of physiological and productive characteristics in cowpea genotypes under water deficit (Chapter I); Evaluation of cowpea genotypes for drought tolerance (Chapter II). A randomized complete block design with four replications and 20 treatments (genotypes), namely, Pitiúba, Tvu 36, TE-898, Capela, Canapuzinho, Canapu-BA, Canapuzinho-PE, CNCX 689-128G, BR17-Gurguéia, BRS-Paraguaçu, Patativa, BRS Xiquexique, Pingo-de-ouro-1, Pingo-de-ouro-2, Pingo-de-ouro-1-2, Canapuzinho-2, Epacé-10, IPA-206, Tracuateua-192. Physiological variables were evaluated, biochemistry, components production and grain yield, was used a system of conventional sprinkler and irrigation management was based on reference evapotranspiration estimated by Penman-Monteith method and coefficients of local culture. The water deficit was achieved by applying approximately half of the blade required by cowpea. The water deficit reduced by 72% in stomatal conductance, 62% the leaf water potential, however, increased by 11.7% the leaf temperature, 23% of the average leaf area index, 16% the average rate of chlorophyll, 175% the average number of pods per plant, 16% and 60% grain production. The genotypes BRS-Paraguaçu, Pingo-de-ouro-1-2, Pingo-de-ouro-1, Canapu-BA e CNCx 689-128G and TE898 showed characteristics of drought tolerance, however, Santo Inácio and Tracuateua-192 not tolerate moderate water deficit.

**Key words:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp, leaf area index, stomatal conductance, leaf water potential, grain yield.

## 1. INTRODUÇÃO

A área ocupada com feijão-caupi no mundo está em torno de 11 milhões de hectares, sendo 7,8 milhões de hectares, (69% desta) no Oeste e Centro da África. O restante da área cultivada está localizada na América do Sul, América Central e Ásia, com pequenas áreas espalhadas pelo sudoeste da Europa, sudoeste dos Estados Unidos e Oceania. Os principais produtores mundiais são Nigéria, Níger e Brasil (Langyintuo et al., 2003; Singh et al., 2003). A cultura do feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] representa fundamental importância socioeconômica para o Nordeste e Norte do Brasil, constituindo-se uma das principais fontes protéicas das populações dessas regiões. Nas condições de cultivo da espécie, principalmente no Nordeste brasileiro, em certos locais e épocas do ano, prevalecem condições ambientais adversas de deficiência de água e temperaturas elevadas.

No Brasil, o feijão-caupi é cultivado predominantemente no sertão semi-árido da região Nordeste e em pequenas áreas na Amazônia. Representa 95% a 100% do total das áreas plantadas com feijão-caupi nos Estados do Amazonas, Maranhão, Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte (Maia, 1996; Souza, 2002). No Nordeste, os maiores produtores são os Estados do Ceará, Piauí, Bahia e Maranhão, os quais também apresentam as maiores áreas plantadas (CONAB, 2008).

O cultivo de culturas anuais em todo Brasil, tanto em sistema irrigado quanto de sequeiro, são submetidos a diferentes condições ambientais, com diferentes níveis de umidade do ar, temperatura do ar, irradiância solar e condições hídricas, que afetam o crescimento, desenvolvimento, produção da cultura e sua qualidade (Fancelli & Dourado Neto, 2005).

A ocorrência de ligeiros *déficits* hídricos no início do desenvolvimento da cultura pode servir para estimular maior desenvolvimento radicular das plantas, porém, estresse hídrico próximo e anterior ao florescimento pode ocasionar severa retração do crescimento vegetativo, limitando a produção (Ellis et al., 1985). O estresse hídrico afeta a bioquímica, a fisiologia, a morfologia e os processos de desenvolvimento das plantas, reduzindo a fotossíntese de três maneiras: pela redução na área foliar disponível para interceptar a radiação solar, pela redução da difusão do CO<sub>2</sub> para dentro da folha e pela redução da habilidade dos cloroplastos para fixar o CO<sub>2</sub> que neles penetram (Jones, 1985). O estresse hídrico causa, a curto prazo, reduções na condutância estomática e no crescimento das folhas e, a longo prazo, reduções no crescimento do caule das plantas (Gollan et al., 1986). Bezerra et al. (2003), estudando o feijão-caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas, observaram que o déficit hídrico afetou

significativamente a produtividade de grãos, o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem. Perez (1995) verificou que os valores críticos de potencial hídrico foliar variam entre as espécies, entre cultivares e entre estádios do desenvolvimento. O déficit hídrico em feijão-caupi provoca menor crescimento, com progressiva redução da área foliar e matéria seca total, principalmente para os períodos mais prolongados e, principalmente no período reprodutivo, porém esta cultura apresenta alta capacidade de recuperação pós estresse (Leite et al., 1999).

A baixa produtividade desta cultura no estado do Piauí, atribuída em parte à sua adaptação ecológica, mostra a necessidade do melhor conhecimento do aproveitamento hídrico das cultivares usadas na região, visando melhor aproveitamento da água disponível no solo em combinação com a distribuição de chuvas. Dessa forma, a seleção de cultivares com potencial para tolerância a seca é de grande importância para regiões sujeitas a veranicos (períodos prolongados sem chuva) ou mesmo em regiões de baixa pluviosidade, como o semi-árido nordestino

Nesse contexto, a pesquisa objetivou de maneira comparativa avaliar 20 genótipos de feijão-caupi, submetidos ao déficit hídrico do solo durante a fase reprodutiva, visando identificar os melhores genótipos quanto às características morfofisiológicas e bioquímicas para tolerância à seca, para auxiliar o programa de melhoramento genético da cultura no processo de recombinação e seleção de novas variedades tolerantes à seca.

### **1.1. OBJETIVOS**

#### **GERAL:**

- Avaliar o efeito do déficit hídrico sobre o desempenho morfofisiológico, bioquímico e produtivo do feijão-caupi, visando selecionar genótipos com características de tolerância à seca, para programas de melhoramento genético.

#### **ESPECÍFICOS:**

- Avaliar o efeito do déficit hídrico sobre o potencial hídrico foliar, condutância estomática, temperatura foliar e produtividade de grãos nas condições edafoclimáticas de Teresina, PI, com vistas a selecionar genótipos com características de tolerância à seca.

- Avaliar o efeito do déficit hídrico sobre o índice de área foliar, teor de clorofila, componentes de produção e rendimento de grãos de feijão-caupi nas condições de solo e clima de Teresina, PI, e identificar genótipos com características de tolerância a seca.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

Dentre os fatores limitantes da produção vegetal, o déficit hídrico ocupa posição de destaque, pois, além de afetar diretamente as relações hídricas nas plantas, alterando-lhes o metabolismo, é fenômeno que ocorre em grandes extensões de áreas cultiváveis. Apesar de sua grande importância sócio-econômica, o feijão-caupi ainda é cultivado de forma rudimentar no semi-árido brasileiro, onde a produtividade média é muito baixa. Na região Nordeste, a deficiência hídrica é um dos fatores importantes que limitam a produtividade, causando reduções acima de 50% em média da produção de feijão-caupi. Portanto, o presente estudo se justifica na medida em que se busca identificar materiais com tolerância à seca e com capacidade de manter níveis satisfatórios de produtividade.

A seleção de genótipos com características de tolerância à seca pode ser muito útil em programas de melhoramento e com o uso da biologia molecular (marcadores moleculares), em um curto espaço de tempo, pode-se lançar cultivares comerciais com tolerância à seca e, dessa forma, contribuir para o aumento da produção de alimentos no mundo, especialmente nas regiões áridas ou com má distribuição de chuvas.



## **2. REVISÃO DE LITERATURA:**

### **2.1. Aspectos Gerais do Feijão-Caupi**

#### **2.1.1. Origem, Classificação Botânica e Distribuição**

Acredita-se que o feijão-caupi seja originário da África, tendo sido observado os maiores níveis de diversidade em países da África Ocidental, tais como a Nigéria (Ng, 1995). Foi domesticado nos sistemas agrícolas compostos pelo sorgo e milheto, predominantes nas regiões semi-áridas do Oeste da África, onde se encontra uma das maiores áreas de produção de feijão-caupi (Singh et al., 2002).

O feijão-caupi, também denominado feijão macaçar, feijão-de-corda ou feijão macassar, é uma dicotiledônea pertencente à ordem Fabales, família Fabace, subfamília Faboideae, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinae*, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Onofre, 2008).

Watt (1978) e Freire-Filho (1988) citam que sua introdução no Brasil ocorreu pelo estado da Bahia, a partir do qual, o feijão-caupi foi levado pelos colonizadores para outras áreas da região Nordeste e para outras regiões do país. Por outro lado, Simon et al. (2007) sugerem que mais de um evento de introdução de diferentes regiões da África devam ter ocorrido, especialmente considerando que houve migração de escravos africanos de diferentes regiões para nosso país. Embora o uso do feijão-caupi seja muito semelhante ao do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), observa-se sua predominância nos trópicos semi-árido, úmido e sub-úmido, condições climáticas às quais se apresenta melhor adaptado (Smartt, 1990).

#### **2.1.2. Ciclo fenológico e Características Morfológicas**

O feijão-caupi é uma espécie relativamente bem estudada, contudo em relação às suas fases de desenvolvimento há poucas informações. Possivelmente, devido ao fato de apresentar grande variabilidade genética para todos os caracteres e em especial para o porte da planta (Campos et al., 2000).

Mafrá (1979) propôs modelos teóricos para o desenvolvimento de cultivares de hábito de crescimento determinado, indeterminado e decumbente ou volúvel. Sendo este, possivelmente, o primeiro trabalho que tentou estabelecer uma escala de desenvolvimento para o feijão-caupi. Essas escalas são importantes porque permitem relacionar a necessidade de uma prática agrônômica ou a ocorrência de algum fator adverso com um determinado estágio de desenvolvimento da planta (Campos et al., 2000). Segundo estes autores o ciclo fenológico em feijão-caupi se comporta da seguinte forma:

#### **Fase vegetativa:**

V0 – Semeadura; V1 – Os cotilédones encontram-se emergidos na superfície do solo; V2 – As folhas unifolioladas encontram-se completamente abertas, suas duas margens estão completamente separadas; V3 – A primeira folha trifoliolada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos; V4 – A segunda folha trifoliolada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos; V5 – A terceira folha trifoliolada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos; V6 – Os primórdios do ramo secundário surgem nas axilas das folhas unifolioladas, podendo também ser observados nas axilas das primeiras folhas trifolioladas; V7 – A primeira folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta; V8 – A segunda folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta; V9 – A terceira folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta.

#### **Fase reprodutiva:**

R1 – Surgem os primórdios do primeiro botão floral no ramo principal; R2 – Antese da primeira flor, geralmente oriunda do primeiro botão floral; R3 – Início da maturidade da primeira vagem, geralmente oriunda da primeira flor. Esse estágio é caracterizado pelo início da mudança de coloração das vagens devido ao início da secagem das mesmas; R4 – Maturidade de 50% das vagens da planta; e R5 – Maturidade de 90% das vagens da planta. Sugere ainda que haja um comportamento diferenciado dos genótipos de feijão-caupi nos sistemas de cultivo de sequeiro e irrigado na fase vegetativa (V3, V4, V7, V8 e V9) e reprodutiva (R2 e R5).

Câmara (1997) relata que o tempo de duração entre os diferentes estágios de desenvolvimento da planta, pode variar de acordo com a cultivar, temperatura, clima e época de sementeira, entre outros fatores.

Segundo Paiva et al. (1972), o feijão-caupi, quanto ao ciclo pode ser classificado em: ciclo curto – quando a maturidade é atingida até 60 dias após a sementeira; ciclo médio – quando a maturidade é atingida entre 60 e 90 dias após a sementeira; e ciclo tardio – a

maturidade é atingida após 90 dias da sementeira. Entretanto Freire Filho et al. (2000) fizeram as seguintes modificações: ciclo superprecoce – a maturidade é atingida até 60 dias após a sementeira; ciclo precoce – a maturidade é atingida entre 61 e 70 dias após a sementeira; ciclo médio – a maturidade é atingida entre 71 e 90 dias após a sementeira e ciclo tardio – a maturidade é atingida a partir de 91 dias após a sementeira;

O feijão-caupi é uma planta herbácea anual, propagada por sementes, apresenta autofecundação e uma taxa muito baixa de alogamia ou fecundação cruzada (Teófilo et al., 1999), e as flores, completas, têm os órgãos masculinos e femininos bem protegidos pelas pétalas, em número de cinco, de coloração branca, amarela ou violeta (Teófilo et al., 2001). Apresenta dois tipos de hábitos de crescimento principais: o determinado e o indeterminado. No primeiro tipo, o caule produz um número limitado de nós e pára de crescer quando emite uma inflorescência (Araújo et al., 1981). Nas plantas de ramificação indeterminada, o caule continua crescendo e emitindo novos ramos secundários e gemas florais. Este tipo é o mais comumente cultivado no Brasil. Ocorrem quatro tipos principais de porte da planta que são ereto, semi-ereto, semi-prostado e o prostado (Freire Filho et al., 2005). E de acordo com os mesmos autores, atualmente observa-se entre os produtores que têm lavoura manual ou parcialmente mecanizada a demanda por plantas que sejam fáceis de serem colhidas manualmente, e os com a lavoura totalmente mecanizada a demanda é por plantas que possibilitem a colheita totalmente mecanizada.

### **2.1.3. Importância Socioeconômica**

O feijão-caupi é uma das principais culturas anuais dos trópicos, onde sua importância econômico-social é explicitada pelos mais de 11 milhões de hectares plantados ao redor do mundo (Langyintuo et al., 2003). A área cultivada com feijão-caupi no Brasil é de aproximadamente 1 milhão de hectares dos quais cerca de 900 mil (90%) estão situados na região Nordeste do Brasil (Lima et al., 2007). Nesta região a área, produção e a produtividade são de 2.229.000 ha, 1.126.900 t e 506,0 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Os maiores produtores são os Estados do Ceará (280.000 t), Piauí (82.600 t), Bahia (50.249 t) e Maranhão (40.400 t), os quais também apresentam as maiores áreas plantadas (CONAB, 2008). Esses dados são extremamente importantes, uma vez que refletem a participação da cultura no contexto de geração de empregos, de renda e da produção de alimentos no país e a credencia para receber

maior atenção por parte das políticas de abastecimento e por parte dos órgãos de apoio à pesquisa.

O feijão-caupi possui uma grande variabilidade genética que o torna versátil, sendo usado para várias finalidades e em diversos sistemas de produção. É possuidor também de uma grande plasticidade, adaptando-se bem a diferentes condições ambientais, e tem uma grande capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*. Além disso, contém os dez aminoácidos essenciais ao ser humano e tem excelente valor calórico. Em virtude dessas características, é uma espécie de grande valor atual e estratégico (Freire Filho et al., 2005). Segundo Araújo & Watt, 1988 o feijão-caupi contribui com 41% do feijão consumido nas áreas urbanas não metropolitanas do Nordeste, onde constitui-se no alimento básico para a população, exercendo a função de supridor das necessidades alimentares das camadas carentes. Suas propriedades nutricionais são superiores às do feijão-comum, e o baixo custo de produção, fazem com que esta cultura seja considerada extremamente importante em termos sociais e econômicos, para a região.

O consumo humano do feijão-caupi pode ser na forma de vagem verde, cuja colheita é feita quando as vagens estão bem desenvolvidas, mas ainda com baixo teor de fibras; na forma de grãos verdes, colhidas no início da maturação e na forma de grão seco, onde as vagens são colhidas secas, no ponto de maturação de campo (Vieira et al., 2000). Observa-se uma expansão na área e um aumento no consumo desta leguminosa nos últimos anos, tornando-se excelente alternativa de comercialização para os agricultores das regiões Norte e Nordeste e Centro-Oeste.

#### **2.1.4. Necessidade Hídrica**

O requerimento de água do feijão-caupi é variável com seus estádios de desenvolvimento. O consumo de água aumenta de um valor mínimo na germinação até um valor máximo na floração e na formação de vagens, decrescendo a partir do início da maturação (Nóbrega et al., 2001), podendo variar de 300 a 450 mm/ciclo bem distribuídos nos diferentes estádios de desenvolvimento e é dependente da cultivar, do solo e das condições climáticas locais. O consumo hídrico diário raramente excede 3,0 mm, quando a planta está na fase inicial de desenvolvimento. Para as condições edafoclimáticas de Teresina, Lima (1989) encontrou para a variedade BR 10-Piauí valores da ordem de 2,1 mm dia<sup>-1</sup>. Durante o período compreendido entre o pleno crescimento, florescimento e enchimento de vagens, seu consumo

pode se elevar para 5,0 a 5,5 mm diários, conforme valores relatados por Bezerra & Freire Filho (1984). Lima et al. (2006) estudando o balanço hídrico no solo cultivado com feijão-caupi, concluíram que a evapotranspiração para o ciclo e média diária foram de 383,02 mm e 4,12 mm, respectivamente. O maior consumo de água ocorreu na fase reprodutiva, com valor médio de 3,65 mm dia<sup>-1</sup>. Calvache et al. (1998) observaram valores médios nessa fase, de 4,6 mm dia<sup>-1</sup>.

Na região de Tabuleiros Costeiros (Parnaíba, PI), Andrade et al. (1993) obtiveram uma evapotranspiração para a cultura do feijão-caupi de 5 mm dia<sup>-1</sup>, no início do ciclo, até atingir um pico de 9 mm dia<sup>-1</sup>, aos 32 dias após o plantio, quando a cultura alcançou pleno desenvolvimento vegetativo. O consumo de água em todo o ciclo foi de 380 mm, correspondendo a um consumo médio de 6,3 mm dia<sup>-1</sup>. Cardoso et al. (1998), nas mesmas condições, com uma lâmina de 338,8 mm durante todo o ciclo da cultivar BR 17-Gurguéia, obtiveram um consumo médio de 6,8 mm dia<sup>-1</sup>. Nascimento et al. (2008) alcançaram valores de rendimento de grãos da ordem de 1.637 kg ha<sup>-1</sup> para o genótipo de feijão-caupi CNCx 689-128G, com um lâmina de irrigação de 303 mm. Com aplicação de uma lâmina de irrigação de 300 mm, Lima Filho (2000) alcançou para a cultivar de feijão-caupi Pitiúba rendimento de grãos de 1.550 kg ha<sup>-1</sup>. Andrade Júnior et al. (2002) obtiveram rendimentos de 2.809 kg ha<sup>-1</sup> e 2.103 kg ha<sup>-1</sup> para as cultivares de feijão-caupi, BR-17 Gurguéia e BR-14 Mulato, respectivamente, em experimento realizado no litoral piauiense. Os referidos rendimentos foram obtidos com o emprego de 449,1 mm e 389,9 mm de água, respectivamente. Isso demonstra que o feijão-caupi, quando cultivado com um padrão de tecnologia para obtenção de altas produtividades, é uma planta que responde a lâminas crescentes de irrigação até um ponto de máximo econômico produtivo.

Para a obtenção da máxima produtividade de grãos, inúmeros trabalhos (Carvalho et al., 1992 e Azevedo & Miranda, 1996) mostram que as lâminas de irrigação variam de 370 a 570 mm com reflexo direto na produtividade de grãos de 1.376 a 2.905 kg ha<sup>-1</sup>. Segundo Saunders et al., (1981) e Souza et al. (1986), a lâmina mínima de irrigação requerida para o feijão-caupi cultivado na região semi-árida do Nordeste brasileiro varia de 350 a 400 mm. Leite et al. (1999) acrescentam a importância do conhecimento do crescimento da cultura em função da água disponível no solo, instrumento fundamental para explicar perdas de produção em condições de déficit hídrico.

De acordo com Gomide et al. (1998), as respostas das culturas à variação de níveis hídricos tem sido propósito de pesquisas científicas, buscando o aumento na eficiência do uso

de água pelas plantas, com vista à otimização das práticas de manejo, bem como ao maior entendimento dos efeitos do déficit hídrico no crescimento e na produção de matéria seca.

## 2.2. Estresse Hídrico

Estresse é um desvio significativo das condições ótimas para a vida, e induz mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, os quais são reversíveis em princípio, mas podem se tornar permanente (Larcher, 2000). É um fator externo que exerce uma influência desvantajosa para a planta (Taiz & Zeiger, 2004).

Diversos fatores ambientais podem afetar o desempenho dos vegetais, tais como temperaturas muito baixas ou altas, bem como a seca. Fatores edáficos, como drenagem deficiente, salinidade, acidez e falta ou excesso de elementos nutritivos, também podem prejudicar o feijão-caupi. Um estresse de água nas plantas ocorre quando o potencial mátrico do solo permanece bastante baixo por um certo tempo (Aspinall & Paleg, 1981). Existem vários parâmetros que expressam o déficit hídrico no solo. Entre eles existe o conceito de quantidade total de água armazenada, definido como a quantidade de água armazenada entre o ponto de murcha permanente e a capacidade de campo (Carlesso & Zimmermann, 2000).

O feijão-caupi é classificado como planta sensível, tanto à deficiência hídrica quanto ao excesso de água no solo. Em qualquer lugar que as plantas cresçam, elas estarão sujeitas às condições de múltiplos estresses, os quais poderão limitar seu desenvolvimento e suas chances de sobrevivência. As múltiplas, mas não necessariamente letais condições desfavoráveis que ocorrem tanto permanentemente como esporadicamente em uma localidade são conhecidas como “estresse” (Larcher, 2000). Como as demais culturas, o rendimento do feijão-caupi é bastante afetado pela disponibilidade de água no solo. Deficiências ou excessos de água nas suas diferentes fases de desenvolvimento causam redução no seu rendimento em diferentes proporções (Blum, 1996; Yordanov et al., 2003).

O déficit hídrico é um dos fatores que afetam a produção agrícola com maior frequência e intensidade, influenciando praticamente todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento vegetal, diminuindo a taxa de fotossíntese pela redução da área foliar e afetando vários outros processos fisiológicos, além de alterar o ambiente físico das culturas (Fontana et al., 1992). Seus efeitos deletérios dependem da sua intensidade, duração, época de ocorrência e da interação com outros fatores que interferem no rendimento das culturas (Santos & Carlesso, 1998; Cunha & Bergamaschi, 1999; Bezerra et al., 2003).

O estresse hídrico reduz o peso de nódulos, o nitrogênio acumulado e a produção de matéria seca da parte aérea do feijão-caupi, principalmente quando a deficiência hídrica for imposta na segunda e quinta semanas após a semeadura (Stamford et al., 1990). Essas reduções devem estar associadas ao fato de que o estresse hídrico afeta vários processos fisiológicos relacionados com a assimilação de nitrato e fixação simbiótica de nitrogênio nas leguminosas, reduzindo o peso da matéria fresca dos nódulos e da parte aérea das plantas (Costa et al., 1996). A alteração destes processos fisiológicos reflete no decréscimo da produtividade de grãos ou sementes.

### **2.3. Características Morfológicas, Fisiológicas e Bioquímica das plantas às condições de disponibilidade de água no solo**

#### **2.3.1. Índice De Área Foliar**

O índice de área foliar (IAF) consiste na relação da área foliar da planta com a área do terreno ocupada por ela. Assim é possível avaliar o crescimento e o desenvolvimento de um cultivo irrigado e de sequeiro com base nesse índice, uma vez que a escassez ou o excesso de água afetam diretamente o desenvolvimento das folhas (Magalhães, 1979). A área foliar é representada pela superfície fotossinteticamente ativa da planta sendo o crescimento relacionado com a produção vegetal (Turner, 1979). Inúmeros estudos levados a efeito com as plantas cultivadas necessitam do conhecimento de suas áreas foliares em determinada ou determinadas fases de seu desenvolvimento. A área foliar, de uma maneira geral, apresenta-se como importantíssimo parâmetro na determinação da capacidade fotossintética, da densidade ótima de plantio, da relação solo-água-planta, ou em investigações sobre nutrição de várias culturas. Ela relaciona-se, pois, com o metabolismo da planta, produção de matéria seca e produtividade (Oliveira, 1977; Severino et al., 2004).

Existem diversos métodos para determinação da área foliar, sendo eles classificados como destrutivos, não destrutivos, diretos ou indiretos. Os métodos diretos ou destrutivos requerem, na sua maioria, o destacamento das folhas e são, por sua vez, impraticáveis em alguns estudos (Marshall, 1968). Considerando a necessidade de utilização de método mais rápido e não destrutivo para determinação da área foliar, é que muitos pesquisadores estão

utilizando o LAI-2000 (LI-COR, 1982), que é um sensor passivo e desenvolvido para estimar o índice de área foliar (Moreira, 2001).

Segundo Denadai & Klar (1995), o menor teor de água no solo reduz o potencial total de água na folha, diminuindo o seu componente de pressão, responsável pelos turgor celular e crescimento das folhas. Para Fancelli & Dourado Neto (2005), o déficit hídrico limita a alongação e a divisão celular, implicando menor crescimento e menor área foliar. Entretanto, a umidade excessiva do solo pode induzir clorose generalizada na planta, afetando diretamente o desenvolvimento foliar (Fancelli & Dourado Neto, 1999). aumento no teor de água no solo pode favorecer um intenso desenvolvimento vegetativo da cultura e valores de IAF excessivamente altos. Isso implica menor disponibilidade de luz para a planta em virtude do auto-sombreamento, o que reduz a eficiência fotossintética e o rendimento de grãos. Segundo Fernández et al., 1996, são as folhas que determinam o uso da água pelas plantas e sob efeito de déficit hídrico as plantas reduzem sua área foliar. Quando a área foliar é restringida, a quantidade de biomassa seca produzida é menor, uma vez que o aproveitamento da energia luminosa é alterado em consequência da diminuição da superfície responsável pela interceptação da radiação luminosa (Nogueira, 1997).

A formação do dossel da cultura desempenha papel importante em seu rendimento, interceptando a radiação solar, influenciando, sobremaneira, nos processos fotossintéticos e de transpiração da cultura, além de evitar o aparecimento de ervas daninhas, sendo, portanto, fatores cruciais na determinação do rendimento final da cultura (Smit & Singels, 2006).

Lima Filho (2000), Bastos et al. (2002) e Freire Filho et al. (2005) encontraram valores máximos de IAF variando de 2,8 a 4,3 para a cultura do feijão-caupi. Um IAF acima de 3 representa para o feijão-caupi máximo desenvolvimento do dossel, possibilitando uma maior interceptação de luz solar, resultando em maior taxa fotossintética líquida (Summerfield, 1985).

Segundo Brito (2000), a redução na disponibilidade de água no solo diminuiu a área foliar do maracujazeiro mais do que o número de folhas, o que indica maior prejuízo na alongação do que na divisão celular. Esse mesmo autor afirma que existe uma grande variabilidade na tolerância à seca entre as espécies vegetais. Embora a seca tanto possa enfraquecer as funções vitais como estimular reações adaptativas que capacitem as plantas a sobreviverem em períodos prolongados de déficit hídrico (Perez, 1995).

A redução da área foliar em plantas sob déficit hídrico pode se traduzir numa estratégia de sobrevivência, com o intuito de diminuir a área disponível à transpiração (Correia & Nogueira, 2004). Dois mecanismos morfofisiológicos que a cultura apresenta para



evitar a seca são o enrolamento foliar (reduzindo a projeção de área foliar, e, por conseguinte, a radiação incidente) e o fechamento estomático, limitando a transpiração (Lisson et al., 2005). Esses mecanismos podem variar, consideravelmente, podendo ser correlacionado com a tolerância à seca (Inman-Bamber & Smith, 2005), daí a importância do estudo em variedades específicas. Entretanto, a influência do déficit hídrico nesse fator não é amplamente investigado. Inman-Bamber (2004) ressalta que o tempo de exposição à seca afeta negativamente o crescimento da parte aérea, sobretudo, a produção de folhas, acelerando a senescência foliar da planta, podendo, ainda, levar a uma redução na interceptação da radiação solar, na eficiência do uso da água e na fotossíntese, bem como ao aumento da radiação transmitida para a superfície do solo. Em adição, Oliveira et al. (2007) afirmam que o estudo da área foliar em variedades de cana-de-açúcar permite correlacioná-la com o potencial produtivo das mesmas, seja em massa seca, quantidade de açúcar ou taxas de crescimento.

A planta tem que equilibrar a necessidade de conservar água e assimilar CO<sub>2</sub> atmosférico, fazendo com que a área foliar desempenhe papel importante na difusão do dióxido de carbono e no vapor de água entre os estômatos.

### **2.3.2. Potencial Hídrico Foliar**

O potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) mede o estado de energia da água nas plantas e é mensurada através de uma metodologia simples descrita por Scholander, et al. (1965). Para avaliar o grau de déficit hídrico de uma planta é comum utilizar-se de variáveis relacionadas às folhas, como o conteúdo relativo de água foliar e o potencial hídrico, sendo este último o mais utilizado em estudos fisiológicos (Angelocci, 2002). O potencial de água da folha, bem como o conteúdo relativo de água são reduzidos com o declínio da disponibilidade de água do solo (Kramer & Boyer 1995; Lawlor & Cornic, 2002), levando à perda da turgescência e ao fechamento estomático (Mansur & Barbosa, 2000).

As relações hídricas das plantas têm sido investigadas por diversos autores sob condições de deficiência hídrica, por meio do potencial hídrico foliar e conteúdo relativo d'água na folha. Hsaio (1973) relata que o potencial hídrico foliar é aceito como medida indicadora das condições hídricas do vegetal, e segundo o mesmo autor a redução do  $\Psi_f$  durante o déficit hídrico, quando comparado ao controle irrigado, pode ser correlacionado com a produtividade.

Quanto menor a quantidade de água no solo, mais negativo deve ser o potencial desenvolvido pelos vegetais (Larcher, 2000), formando um gradiente que favoreça a absorção de água pelas plantas. Os valores médios de potencial hídrico, indicados para os diferentes grupos de plantas, dependem do tipo de solo (textura e tamanho dos poros do solo) e do tipo de vegetação, podendo ser ainda menores devido à adaptação das plantas em relação à deficiência hídrica (Larcher, 2000). Segundo Boyer (1978), os valores aproximados de potenciais de água letais varia de -1,4 a -6,0 MPa, sendo que para o feijão-caupi está entre -1,5 a -2,5 MPa, classificando-o como planta moderadamente tolerante ao déficit de água no solo. Turk e Hall (1980) observaram  $\Psi_f$  de -1,80 MPa, Ferreira et al. (1991), verificaram  $\Psi_f$  de -1,2 e -1,3 MPa para os tratamentos irrigado e estressado na fase vegetativa, respectivamente, e Costa et al. (1997), estudando déficit na fase vegetativa e reprodutiva de plantas de feijão-caupi verificou reduções expressivas no  $\Psi_f$ . Vale ressaltar estes valores podem variar em razão de diversos fatores, tais como a fase de desenvolvimento, das condições climáticas, da cultivar e dos horários em que São determinados (Nogueira et al., 1998).

Segundo Turner (1986) as plantas que toleram a seca em baixos níveis de potencial hídrico foliar, o fazem através da manutenção da turgescência celular e da tolerância à dessecação.

### **2.3.3. Condutância Estomática**

As plantas, ao absorverem  $\text{CO}_2$ , inevitavelmente, perdem água pelas folhas. Essa perda de água ocorre principalmente por meio dos estômatos, que apresentam mecanismos para controlar o seu grau de abertura. Esse controle é atribuído à condutância estomática foliar, que é frequentemente utilizada como indicador da deficiência hídrica (Mc Dermitt, 1990). O controle estomático é importante propriedade fisiológica por meio da qual as plantas limitam a perda de água, ocasionando reduções na condutância estomática e, geralmente, reduzindo as trocas gasosas como forma de resposta das plantas a diversos fatores, incluindo o déficit hídrico (Paiva et al., 2005).

De acordo com Gholz et al. (1990), a disponibilidade de água no solo afeta o crescimento das plantas por controlar a abertura dos estômatos e, conseqüentemente, a produção de fitomassa. O decréscimo de água no solo diminui o potencial de água na folha e sua condutância estomática, promovendo o fechamento dos estômatos. Esse fechamento

bloqueia o fluxo de CO<sub>2</sub> para as folhas, afetando o acúmulo de fotoassimilados, o que pode reduzir a produtividade.

Paiva et al. (2005) encontraram redução da condutância estomática em resposta a baixos valores de potencial hídrico do solo e a altos valores de déficit de pressão de vapor. Por outro lado observaram aumento da condutância estomática a altos valores de potencial hídrico do solo e baixos valores de déficit de pressão de vapor. Nogueira et al. (2000) estudando o comportamento estomático em dois genótipos de amendoim verificaram que a temperatura foliar e a transpiração sofreram reduções significativas com a diminuição da disponibilidade hídrica no solo. Verificaram ainda que quando foram regadas após 25 dias de deficiência de água no solo houve um aumento em torno de 30% da transpiração em relação às plantas estressadas, havendo, portanto, uma redução na resistência difusiva. Isso evidencia que, sob condições de deficiência hídrica, a abertura dos estômatos não ocorre somente em resposta à radiação solar, mas, sobretudo, em função do potencial hídrico do solo, conforme afirmaram autores como Dubê et al. (1974) e Turner (1974).

#### **2.3.4. Temperatura Foliar**

As plantas cultivadas estão constantemente expostas a estresses abióticos ou bióticos, e às interações destes, que causam modificações no crescimento, metabolismo e rendimento agrícola. Lawlor (2002) destaca que os principais fatores abióticos limitantes da produtividade das culturas são: seca, salinidade, baixas e altas temperaturas, enchentes, poluentes e excesso de radiação.

Guimarães et al. (2006) constataram que a temperatura do dossel correlacionou-se significativamente com o potencial da água nas folhas e, devido a sua medição ser rápida e não-destrutiva, mostrou tratar-se de uma técnica útil no processo de seleção de genótipos de feijão-comum para regiões sujeitas a deficiência hídrica.

Segundo Oliveira et al. (2005) a temperatura da folha e a transpiração apresentaram estreita relação com a resistência estomática. A diferença de temperatura foliar em plantas com e sem estresse fundamenta-se no estado hídrico das plantas, no comportamento estomático e na perda de calor latente por meio da transpiração. Entretanto, todo esse processo muda para cada espécie, conforme a intensidade e duração do estresse hídrico.

A manutenção da temperatura foliar igual ou ligeiramente inferior à temperatura do ar comprova a capacidade de refrigeração das diversas cultivares ou espécies, via transpiração,

no intuito de manter a planta protegida das faixas térmicas muito elevadas. Esse é um comportamento desejável e foi observado em várias espécies vegetais (Ludlow & Muchow, 1990). Também, foi sugerido que a variação da temperatura foliar em relação à temperatura do ar pode ser usada como indicador da condição hídrica da planta, o qual, devidamente obtido, pode ser utilizado como indicador do momento de irrigar (Millar, 1972).

O aumento da temperatura do ar e da folha tende a aumentar a diferença de concentração de vapor folha-ar, de modo que o aumento da temperatura do ar tende a provocar um acréscimo da transpiração, até o ponto em que a regulação estomática passa a atuar no sentido de não permitir uma perda excessiva de água. Dados de literatura mostram que sob condições de déficit hídrico a temperatura foliar apresenta-se geralmente mais elevada do que a temperatura do ar (Nogueira et al., 1998). Valor superior a uma unidade para a relação entre temperatura foliar e ambiente indica estresse térmico, e pode ser usado também como indicador do estado hídrico das plantas (Berengena 1987; Jung & Scott, 1980).

Segundo Távora & Melo (1991), os valores da diferença de temperatura entre a atmosfera e a superfície foliar acompanham de perto aqueles obtidos com a resistência estomática e a transpiração, constituindo, assim, um excelente parâmetro para aferição indireta das condições hídricas da planta. Nogueira et al. (1998), propuseram o uso da temperatura foliar, da resistência estomática e a acumulação de prolina na caracterização das condições hídricas da cultura. Nogueira et al. (1998) em amendoim, Rocha (2001) em feijão-de-corda e Oliveira et al. (2005) em feijão-comum, reportam que a elevação da temperatura foliar em resposta ao déficit hídrico pode ser explicada pela redução na perda de calor latente pela transpiração que normalmente reduz nestas condições.

A relação entre temperatura foliar e a temperatura ambiente, tem sido empregadas por diversos pesquisadores como indicadores das condições hídricas das plantas. Essa variável indicadora tem a vantagem de não utilizar amostras destrutivas. A temperatura foliar é usada como indicativo do momento de irrigar, pois revela se a planta está sofrendo com a insuficiência de água no solo (Cascardo et al., 1993; Taiz & Zeiger, 2004).

### **2.3.5. Teor de Clorofila**

Clorofila é o pigmento que dá cor verde às plantas, absorve todos os outros comprimentos de ondas e reflete os comprimentos de ondas da cor verde. A clorofila é um composto com estrutura chamada porfirina, que é a mistura de duas substâncias: a clorofila A

(verde azulada) e a clorofila B (verde amarelada). Segundo Taiz & Zeiger (2004) as clorofilas localizam-se nos cloroplastos, sendo esta organela o local da fotossíntese, a qual possui duas reações importantes: a *fotoquímica*, nas membranas dos tilacóides e a *bioquímica*, no estroma do cloroplasto. Tais organelas, além das clorofilas, contêm outros pigmentos denominados de acessórios, tais como os carotenóides (carotenos e xantofilas). As moléculas de clorofila têm a capacidade de transformar os raios de luz em energia química, por meio do processo de fotossíntese (Santos & Carlesso, 1998). As plantas são transformadoras primárias de energia solar e sua eficiência é fator determinante na produtividade agrícola.

O déficit hídrico caracteriza-se como um dos estresses ambientais responsáveis pela perda de pigmentos nas folhas, fazendo com que o ciclo de vida da planta seja alterado. Em adição, a relação entre clorofila *a* e *b* em plantas terrestres pode ser usada como indicativo de resposta ao sombreamento e a senescência prematura, e a relação entre clorofila e carotenóides é usada em menor proporção para diagnosticar a taxa senescência sob estresse hídrico (Hendry & Price, 1993).

Segundo Engel & Poggiani (1991), a eficiência fotossintética está ligada ao teor de clorofila das plantas, afetando o crescimento e influenciando a adaptabilidade das mesmas aos diversos ambientes. De acordo com Lee (1988), estudos realizados evidenciaram que o teor de clorofila varia muito entre as espécies, assim como entre genótipos de uma mesma espécie. Nessa situação, estudos que visam à seleção de variedades que apresentem tolerância aos estresses abióticos, se constituem em uma alternativa viável para aumentar a produtividade.

A clorofila, principal pigmento responsável pela captação da energia luminosa utilizada no processo de fotossíntese, constitui um dos principais fatores relacionados à eficiência fotossintética de plantas e conseqüentemente ao crescimento e adaptabilidade a diferentes ambientes.

O medidor portátil de clorofila *clorofiLOG* permite leituras instantâneas do teor relativo de clorofila na folha sem, no entanto, destruí-la, fazendo com que tal método seja caracterizado pela simplicidade e rapidez, possui grande correlação com valores obtidos em laboratórios, além de possibilitar uma avaliação não destrutiva do tecido foliar (FALKER, 2008). Assim, parâmetros fisiológicos, como medida indireta do teor de clorofila nas folhas pode ser utilizado como ferramenta para diagnosticar a integridade do aparato fotossintético quando as plantas estão submetidas a adversidades ambientais, tendo em vista que são técnicas rápidas, precisas e não destrutivas (Van Den Berg & Perkins, 2004; Torres Netto et al., 2005).

## 2.4. Tolerância à Seca

Larcher (2000) define seca como um período sem precipitação apreciável ou durante o qual ocorre redução no conteúdo de água no solo, o que, pode resultar em conseqüências danosas para as plantas. Um estresse causado pela seca pode ser também resultado da absorção inadequada de água pelas plantas, por exemplo, que crescem em solos rasos, incapazes de proporcionar um desenvolvimento favorável do sistema radicular. Estresse é em geral definido como um fator externo, que exerce uma influência desvantajosa sobre a planta. O conceito de estresse está relacionado ao de tolerância ao estresse, que é a aptidão da planta para enfrentar um ambiente desfavorável. Um ambiente estressante para uma planta pode não o ser para outra, ou seja, a tolerância à seca varia de espécie para espécie (Kerbaudy, 2004).

A seca é o principal entrave da produtividade agrícola mundial (Kramer & Boyer, 1995; Reddy et al., 2004). Para Turner (1997) a capacidade dos vegetais produzirem quando cultivados em áreas sujeitas ao déficit hídrico é referida como tolerância à seca. As espécies, em geral são classificadas em: a) escapam da seca, b) toleram a seca com alto potencial hídrico e c) toleram a seca com baixo potencial hídrico (Turner, 1986).

Plantas cultivadas sob condições adequadas de suprimento hídrico são, normalmente, menos tolerantes ao déficit hídrico e, quando da ocorrência rápida do déficit hídrico, os mecanismos morfofisiológicos são severamente afetados, pois a planta necessitaria adaptar-se rapidamente a esta situação de déficit; entretanto, quando o déficit hídrico ocorre gradualmente e/ou no início do ciclo, mais facilmente ocorre a adaptação das plantas. A tolerância da planta ao déficit hídrico parece ser um importante mecanismo de resistência para manter o processo produtivo em condições de baixa disponibilidade de água às plantas. Nas áreas semi-áridas, mais sujeitas à distribuição irregular das chuvas e a veranicos longos, devem ser usadas cultivares mais rústicas, mais tolerantes a estresses hídricos e com maior capacidade de recuperação após uma estiagem. Para áreas mais favorecidas e sistemas de produção em que são feitas correção de acidez de solo, aplicação de fertilizantes, controle de ervas e controle de pragas e de doenças, como no caso da região dos cerrados, devem ser usadas cultivares que respondam à melhoria na qualidade do ambiente.

Apesar de ser considerada uma cultura tolerante à seca, pesquisas têm mostrado que a ocorrência de déficit hídrico no feijão-caupi, principalmente nas fases de florescimento e enchimento de grãos, pode provocar severas reduções na produtividade de grãos (Cordeiro et al., 1998; Santos et al., 1998). O vegetal tende a adaptar-se a situações não tão favoráveis desenvolvendo-se mais precocemente e apresentando um produto final de melhor qualidade

mesmo que em menor quantidade, para garantir-se enquanto espécie no ambiente, caracterizando assim certo grau de tolerância à falta de água no solo.

A tolerância à seca apresenta alta variabilidade entre espécies (Kramer & Boyer, 1995). Vale salientar que as espécies oleaginosas apresentam alto potencial de expansão no Nordeste do Brasil, pois são tolerantes às condições de seca (Beltrão, 2001). A pluviosidade na região Nordeste apresenta-se de forma irregular, sujeita a estiagens e veranicos, aumentando sobremaneira a condição de deficiência de água para as culturas.

Segundo Singh (1995), mais de 60% do cultivo de feijão-caupi em países da América Latina, África e Ásia sofrem redução na produção devido à falta d'água, pois o requerimento hídrico da planta, durante o seu ciclo, não é satisfeito.

Segundo Nepomuceno (2001) o desenvolvimento de cultivares mais tolerantes a períodos de deficiência hídrica no solo, bem como o desenvolvimento de mecanismos que auxiliem as plantas a tolerar períodos prolongados de seca, serão essenciais na manutenção da produção agrícola brasileira e mundial. Cultivares de feijão-comum e feijão-caupi apresentam diferentes respostas fisiológicas quando submetidos a variações de temperatura do ar, déficit de saturação de vapor do ar, radiação fotossinteticamente ativa e condição hídrica. As diferentes reações de cada genótipo a essas variações permitem que eles possam tolerá-las quando em níveis críticos, mantendo ainda assim taxas adequadas de fotossíntese (Costa et al., 2002). A produtividade das plantas, limitadas pela seca, depende da quantidade disponível de água naquele ambiente e da eficiência do seu uso pelo organismo. Assim, uma planta capaz de obter mais água ou que tenha maior eficiência no seu uso, resistirá melhor à seca. (Taiz e Zeiger, 2004).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; RODRIGUES, B.H.N.; FRIZZONE, J.A.; CARDOSO, M.J.; BASTOS, E.A.; MELO, F.B. Níveis de irrigação na cultura do feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.17-20, 2002.

ANDRADE, C. L. T.; SILVA, A. A. G.; SOUZA, I. R. P.; CONCEIÇÃO, M. A. F. **Coefficientes de cultivo e de irrigação para o caupi**. Parnaíba: EMBRAPA-CNPAL, 1993. 6p. (EMBRAPA-CNPAL. Comunicado Técnico, 9).

ANGELOCCI, L. R. 2002. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera**. Introdução ao tratamento biofísico. Editado pelo autor, Piracicaba.

ARAÚJO, J. P. P. de; SANTOS, A. A. dos; CARDOSO, M. J.; WATT, E. E. Nota sobre a ocorrência de uma inflorescência ramificada em caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Subsp, *unguiculata* no Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.12, n.1/2, p.187-193, 1981.

ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E. E. **O caupi no Brasil**. Brasília : IITA/Embrapa, 1988. p.99-136.

ASPINALL, D.; PALEG, L.G. The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Now York: **Academic Press**, 1981. p. 205-241: *Proline accumulation: Physiological aspects*.

AZEVEDO, J. A.; MIRANDA, L. N. **Produtividade do feijão em resposta à adubação fosfatada e regimes de irrigação em solo de Cerrado**. II - Manejo da irrigação. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 22, 1996, Manaus. Resumos Expandidos... Manaus: Editora da Universidade do Amazonas, 1996. p.12-13.

BELTRÃO, M., E. N. Potencial da cultura do gergelim para a região Nordeste, em especial para o Estado da Bahia. **Bahia Agrícola**, v.4, n.2, nov., 2001.



BERENGENA, J. **Fundamentos del riego y del drenaje**: Necesidade de água y programación de riegos. Brasília: PRONI, 1987. 170p. (Curso de Especialização em Engenharia de Irrigação).

BEZERRA, F. M. L.; ARARIPE, M. A. E.; TEÓFILO, E. M.; CORDEIRO, L. G.; SANTOS, J. J. A. Feijão caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n.1, 2003.

BLUM, A. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v.20, n.2, p.135-148, 1996.

BOYER, J. S. Water deficits and photosynthesis. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.) **Water deficits and plant growth**. New York, Academic Press., v. 4, p.154-191, 1978.

BRITO, I. N. de. **Efeito do manejo da água disponível no solo sobre o crescimento de mudas do maracujazeiro**, 2000. 33f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia.

CALVACHE, A. M.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. Efeito de épocas de deficiência hídrica na evapotranspiração atual da cultura do feijão cv. Imbabello. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.55, n.3, p.485-497, 1998.

CÂMARA, G. M. S. Como a planta de soja se desenvolve. **Arquivo do Agrônomo**. Trad. D. RICHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G. O. n.11, p.1-21, 1997.

CAMPOS, F. L.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. de A.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, R. Q. B. da; ROCHA, de M. R. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**. v.5, n.2, p.110-116, 2000.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. de B.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; ATHAYDE SOBRINHO, A.; RODRIGUES, B. H. N. Níveis de fósforo, densidades de plantas e eficiência de utilização da água em caupi de portes ramador e moita em areia quartzosa. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA, 12., 1998, Fortaleza. **Resumos Expandidos**. Fortaleza:UFC, 1998. p.146.

CARLESSO, R.; ZIMMERMANN, L.F. **Água no solo: parâmetros para dimensionamento de sistemas de irrigação**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 2000, 88 p.

CARVALHO, A. M.; SILVA, A. M.; COSTA, E.F.; COUTO, L. **Efeitos de lâminas de água e épocas de parcelamento de nitrogênio em cobertura via fertirrigação no rendimento de grãos do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 9, 1992, Natal. Anais... Fortaleza: ABID, 1992. p.767-789.

CASCARDO, J. C. de M; OLIVEIRA, L. E. M. de; SOARES, A. M. Disponibilidade de água e doses de gesso agrícola nas relações hídricas da seringueira. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 5: 31-34, 1993.

CONAB. **Oitavo levantamento de avaliação da safra 2007/2008**. Brasília, 2008. 22p. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra8\\_levantamento\\_mai2008.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra8_levantamento_mai2008.pdf)>. Acesso em: 30 out. 2008.

CORDEIRO, L. G.; BEZERRA, F. M. L.; SANTOS, J. J. A ; MIRANDA, E. P. Fator de sensibilidade ao déficit hídrico (ky) da cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998. Poços de Caldas, MG. **Anais....**, volume II, Poços de Caldas, MG: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998.p. 178-180.

CORREIA, K. G.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Belo Horizonte, v.4, n.2, 2004. Disponível em:<<http://www.ihendrix.br/biologia/revista.htm>> Acesso em: 02 dez. 2008.

COSTA, E. S. et al. Photochemical efficiency in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. and *Vigna unguiculata* (L.) Walp.) during recovery from high temperature stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. Campinas, v.14, p.105-110, 2002.

COSTA, M. M. M. N.; TÁVORA, F. J. A. F; PINHO, J. L. N; MELO, F. I. O. Produção, componentes de produção, crescimento e distribuição das raízes de caupi submetido à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.1, p.43-50, 1997.

COSTA, R. C. L.; CARDOSO, B. B.; SILVA, J. T.; GOMES FILHO, J. G. F.; SILVEIRA, J.A.G. O estresse hídrico diminui intensamente a assimilação do nitrato e a nodulação em feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, (L.) Walp.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 4. 1996, Teresina. **Resumos**. Teresina: Embrapa-CPAMN, 1996. p.78-79.

CUNHA, G. R.; BERGAMASCHI, H. Efeitos da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. 2.ed. Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS, 1999. cap.6, p.85-97.

DENADAI, I. A. M.; KLAR A. E. Resistência à seca em quatro cultivares de trigo: parâmetros fisiológicos. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.52, n.2, p.274-281, 1995.

DUBË, P. A.; STEVENSON, K. R.; THURTELL, G. W. Comparison between two inbred corn lines for diffusive resistances, photosynthesis and transpiration as a function of leaf water potential. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, v.54, p.765-70, 1974.

ELLIS, J. R.; LARSEN, H. J.; BOOSALIS, M. G. Drought resistance of wheat plants inoculated with vesicular-arbuscular mycorrhizae. **Plant and Soil**. 86: 369-378, 1985.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.3, p.39-45, 1991.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia do feijoeiro. In:FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (ed.). **Tecnologia da produção do feijão irrigado**. Piracicaba: p. 155 – 169, 1999.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Cultura do feijoeiro: estresse e produtividade. In: FANCELLI, A.L., DOURADO NETO, D. **Feijão irrigado, tecnologia e produtividade**. Piracicaba: Esalq/Usq, 2005.

FERNÁNDEZ, C.J.; McINNES, K.J.; COTHREN, J.T. Water status and leaf area production in water-and nitrogen-stressed cotton. **Crop Science**, Madison, v.36, p.1224-1233, 1996.

FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A.; BERGAMASCHI, H. Alterações micrometeorológicas na cultura da soja submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.5, p.661-669, 1992.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. dos. Cultivares de caupi para a região Meio-Norte do Brasil. In: CARDOSO, M. J. (Org.). **A cultura do feijão-caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa-CPAMN, 2000. p.67-68 (Embrapa-CPAMN, Circular Técnica)

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. dos. **Melhoramento genético**. In: Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília-DF, 2005. p.29-92

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; SANTOS, A. A. Cultivares de feijão-caupi para a região Meio-Norte do Brasil. In: CARDOSO, M. J. (Org.). **A cultura do feijão-caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa-CPAMN, Circular Técnica, 28).

FREIRE-FILHO, F. R. Cowpea taxonomy and introduction to Brazil. In: WATT, E. E.; ARAÚJO, J. P. P. **Cowpea research in Brazil**. IITA, EMBRAPA, Brasília, p.3-10, 1988.

GHOLZ, H. L.; EWEL, K. C.; TESKEY, R. O. Water and forest productivity. **Forest Ecological Management**, Amsterdam, v.30, n.1, p.1-18, 1990.

GOLLAN, T.; PASSIOURA, J. B., MUNNS, R. Soil water status effects the stomatal conductance of fully turgid wheat and sunflower leaves. **Australian Journal Plant Physiology**, v.13, p.459-464, 1986.

GOMIDE, R. L.; MAGALHÃES, P. C.; WAQUIL, J. M.; FERREIRA, W. P. **Avaliação do estresse hídrico em cultivares de milho e sorgo por meio de um gradiente contínuo de irrigação**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife.

**Anais**. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária/Embrapa-CNPMS, 1998. CD-ROM.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.70–75, 2006.

HENDRY, G. A. F.; PRICE, A. H. Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. In: Hendry, G. A. F.; Grime, J. P. (eds), **Methods in Comparative Plant Ecology**, p. 148-152. London, Chapman & Hall, 1993.

HSAIO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**. v.24 p.519-70, 1973.

INMAN-BAMBER, N. G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. **Field Crops Research**, v.89, p.107-122, 2004.

INMAN-BAMBER, N. G.; SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v.92, p.185-202, 2005.

JONES, H.G. **Plants and microclimate**. 2 ed. Cambridge: University Press, 1992. 428p.

JUNG, P. K., SCOTT, H. D. Leaf water potential, stomatal resistance, and relations in field-grown soybean. **Agronomy Journal**, 72:986-990, 1980.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara, 2004.

KRAMER, P. J. & BOYER, J. S. 1995. **Water relations of plants and soils**. Academic Press, New York.

LANGYINTUO, A. S.; LOWENBERG-DEBOER, J.; FAYE, M.; LAMBERT, D.; IBRO, G.; MOUSSA, B.; KERGNA, A.; KUSHWAHA, S.; MUSA, S.; NTOUKAM, G. Cowpea supply and demand in west and central Africa. **Field Crops Research**, v.82 p.215-231, 2003.

- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução: PRADO, C. H. B. A. e Franco. A.C. São Carlos, RiMa, 2000. 533p.
- LAWLOR, D. W.; CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant, Cell & Environ.** v.25 p.275-294, 2002.
- LEE, D. W. Simulating forest shade to study the development ecology of tropical plants: juvenile growth in three vines in India. **Journal of Tropical Ecology**, v.4, p.281-292, 1988.
- LEITE, M. L.; RODRIGUES, J. D.; MISCHAN, M. M.; VIRGENS FILHO, J. S. Efeitos do déficit hídrico sobre a cultura do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), cv, EMAPA-821.II – Análise de crescimento. **Revista de Agricultura**, v.74, n.3, p.351-370, 1999.
- LI-COR. **LAI-2000 plant canopy analyzer: Manual**. Nebraska, 1992. 166p.
- LIMA FILHO, J. M. P. Physiological responses of maize and cowpea to intercropping. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.5, p.915-921, 2000.
- LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; JÚNIOR, A. B. A. Resposta do feijão caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde**, v. 2, n. 2, p. 79-86, 2007.
- LIMA, M. G.; Evapotranspiração da cultura do feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). In : CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6, 1989, Maceió. **Anais . . .** Maceió: SBA, p.275-282, 1989.
- LISSON, S. N. et al. The historical and future contribution of crop physiology and modeling research to sugarcane production systems. **Field Crops Research**, v.92, p.21-336, 2005.
- LUDLOW, M. M.; MUCHOW, R. C. A critical evaluation of traits for improving crop yields in waterlimited environments. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.43, p.107-53, 1990.

MAFRA, R. C. Contribuição ao estudo da cultura macassar, fisiologia, ecologia e tecnologia da produção. In: Curso de treinamentos para pesquisadores de Caupi, Goiânia, 1979. **Assuntos**. Goiânia, EMBRAPA/CNPAF, 1979.

MAGALHÃES, A. C. N. Fotossíntese. in: **Fisiologia Vegetal**. FERRI, M. G. (ed.) Editora Pedagógica Universitária. São Paulo. p.117-180, 1979.

MAIA, F. M. M. **Composição e caracterização nutricional de três cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walp: EPACE-10, Olho de ovelha e IPA-206**. Fortaleza, 1996. 87 p. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Vegetal), Universidade Federal do Ceará.

MANSUR, R. J. C. N.; BARBOSA, D. C. A. Comportamento fisiológico em plantas jovens de quatro 15 espécies lenhosas da caatinga submetidas a dois ciclos de estresse hídrico. **Phyton**, v.68 p.97-106, 2000.

MARSHALL, J. K. Methods of leaf area measurement of large and small leaf samples. **Photosynthetica**, v.2, p.41-47, 1966.

MAXIMOV, N. A. **The plant in relation to water. A study of the physiological basis of drought resistance**. Tradução inglesa de Yapp, R. H. George Allen & Unwin Ltd, London, 1929.

Mc DERMID, D. K. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from porometer data. **HortScience**, Alexandria, v.25, n.12, p.1538-48, 1990.

MILLAR, A. A. Thermal regime of grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.23, n.4, p.173-6, 1972.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 250p.

NASCIMENTO, S. P. do; BASTOS, E. A; ANDRADE JÚNIOR, A. S; FREIRE FILHO, F. R; SILVA, E. M. **Rendimento de grãos de feijão-caupi sob irrigação**. In: XVIII Congresso

Nacional de Irrigação e Drenagem-CONIRD, 2008, São Mateus-ES. XVIII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem-CONIRD, CD-ROM.

NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; OYA, T. Tolerância à seca em plantas: Mecanismos fisiológicos e moleculares. **Revista Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, n.23, p.12-18, 2001.

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

NÓBREGA, J. Q.; RAO, T. V. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; FIDELIS FILHO, J. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.3, p.437-443, 2001.

NOGUEIRA, R. J. M. C. 1997. **Expressões fisiológicas da aceroleira (Malpighia emarginata D. C.)**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 205p.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. dos. Alterações fisiológicas no amendoim submetido ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.1, p 41-45, 2000.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. dos; BEZERRA NETO, E.; SANTOS, V. F. dos. Comportamento fisiológico de dois cultivares de amendoim submetidos a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.12, p.1963-1969, 1998.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, J. E.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.86-95, 2005.

OLIVEIRA, J. P. Método não destrutivo para determinação da área foliar do feijoeiro caupi, *vigna sinensis* (L) *savi*, cultivado Em casa de vegetação. **Ciência Agrônômica**, v.7, n.1-2, p.53-57, 1977.



OLIVEIRA, R. A. DAROS, E.; N, ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; BESPALHOK-FILHO, J. C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; SILVA, D. K. T. da. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 2, p. 71-76, 2007.

ONOFRE, A. V. C. **Diversidade genética e avaliação de genótipos de feijão-caupi contrastantes para resistência aos estresses bióticos e abióticos com marcadores SSR, DAF e ISSR**. Dissertação de Mestrado, UFPE, Recife, 2008.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.161-169, 2005.

PAIVA, J. B.; PITOMBEIRA, J. B.; BEZERRA, F. F.; ALMEIDA, F. C. G.; MACIEL, R. F. P.; OLIVEIRA H. G. de; QUEROZ, G. M. de; PINHO, J. L. N. de; PAULA, A. F. de; BENEVIDES, E. C. **Feijão-de-corda**. Fortaleza: UFC-CCA, 1972. p.1-4. Relatório Técnico.

PEREZ, S. C. J. G. A. Crescimento e resistência à seca da algarobeira (*Prosopis juliflora* D.C.) cultivada em um solo de cerrado, com ou sem adubo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.5, p.595-604, 1995.

REDDY, A. R.; CHAITANYA, K.; V, VIVEKANANDAN, M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **Journal of Plant Physiology**, v.161 p.1189–1202, 2004.

ROCHA, F. da. G. D. **Relações hídricas, crescimento de plantas e estratificação do sistema radicular em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica na fase vegetativa**. 2001, 60f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SAUNDERS, L. C. U.; DE CASTRO, P. T.; BARBOSA, C. E.; MATIAS F. J. Dinâmica da água no solo com a cultura do feijão-de-corda (*Vigna sinensis* (L) Savi), em Aluvião Eutrófico. **Ciências Agrônômica**, v.12, p.141-148, 1981.

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S.; SANTOS, J. W. Método para determinação da área foliar em mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, n.1, p.753-762, 2004.

SIMON, M.V.; BENKO-ISEPPON, A.M.; RESENDE, L.V.; WINTER, P.; KAHL, G. Genetic diversity and phylogenetic relationships in *Vigna* Savi germplasm revealed by DNA amplification fingerprinting (DAF), **Genome**, v.50, p.538-547, 2007.

SINGH, B. B.; EHLERS, J. D.; SHARMA, B.; FREIRE-FILHO, F. R. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOKUN, C. A.; TARAWALI, S. A.; SINGH, B. B.; KORMAWA, P. M.; TAMO, M. (Eds) **Challenges and Opportunities for Enhancing Sustainable Cowpea Production**. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, p.22-40, 2002.

SINGH, B. B.; AJEIGBE, H.A.; TARAWALI, S. A.; FERNANDEZ-RIVERA, S.; ABUBAKAR, M. Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder. **Field Crops Research**, v.84, n.1-2, p.169-177, 2003.

SINGH, S. P. Selection for water-stress tolerance in interracial populations of common bean. **Crop Science**, v.35 p.118-124, 1995.

SMARTT, J. Evolution of genetic resources. In: SMARTT, J. (Ed.), **Grain Legumes**. Cambridge University Press, Cambridge, p.140-175, 1990.

SMIT, M. A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, v.98, p.91-97, 2006.

SOUZA, F. de; NOGUEIRA, L.; MACÊDO, S. M. C.; TEIXEIRA, A. S. **Manejo d'água em áreas irrigadas**: Determinação da Eficiência e Uniformidade de Distribuição da Água. In: **Relatório Anual PDCT/O3**, Fortaleza, pág. 6, 1986.

SOUZA, M. S. M., **Evapotranspiração e coeficiente de cultura do feijão-caupi (*vigna unguiculata* (L.) Walp) obtidos em lisímetro de drenagem nas condições de Fortaleza.** Monografia – Agronomia, CCA – UFC, Fortaleza – CE, 2002

STAMFORD, N.P.; SANTOS, D.R.; SILVA, V.M.; SANTOS, C.E.R.S; MONTEIRO, M.C. Fixação do N<sub>2</sub> e matéria seca do caupi em dois solos do semi-árido brasileiro submetidos à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.283-290, 1990.

SUMMERFIELD, R. J.; PATE, J. S.; ROBERTS, E.H.; WIEN, H. C. The physiology cowpea. In: SINGH, S. R.; RACHIE, K. O. (Eds.). Cowpea research, production and utilization. **Chichester:** John Wiley, 1985. p.66-101.

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

TÁVORA, F. J. A. F.; MELO O. I. F. Resposta de cultivares de amendoim a ciclos de deficiência hídrica: crescimento vegetativo, reprodutivo e relações hídricas. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.22 (1/2): p.47-60, 1991.

TÉOFILO, E. M.; MAMEDE, F. B.; SOMBRA, N. S. Hibridação natural em feijão-caupi. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.4, p.1011-1012, 1999.

TEÓFILO, E. M.; PAIVA, J. B.; MEDEIROS FILHO, S. Polinização artificial em feijão caupi. (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25 n.1, p.220-223, 2001.

TORRES NETTO, A. et al. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll *a* fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, v.104, p.199-209, 2005.

TURK, K. J. & HALL, A. E. Drought adaptation of cowpea. II Influence of drought on plant water and relations with seed yield. **Agronomy Journal**, v.72, p.421-27, 1980.

TURNER, N. C. Adaptation to water deficits: A changing perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.13 p.175-190, 1986.

- TURNER, N. C. **Further progress in crop water relations.** *In* Advances in agronomy (D.L. Sparks, ed.). Academic Press, New York, p.293-337, 1997.
- TURNER, N. C. Stomatal behavior and water status of maize, sorghum and tobacco under field conditions. II. At low soil water potential. **Plant Physiology**, Rockville, v.53, n.3, p.360-5, 1974.
- TURNER, N.C. Drought resistance and adaptation to water deficits in crops plants. In: Mussel, H. e Staples, R. C. **Stress physiology in crops plants.** New York, p.343-72, 1979.
- VALENZUELA, H.; SMITH, J. Cowpea. In: **Sustainable Agriculture Green Manure Crops**, CTAHR. Disponível em: <<http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/GreenManureCrops/cowpea.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2008.
- VAN DEN BERG, A. K.; PERKINS, T. D. Evaluation of a portable chlorophyll meter to estimate chlorophyll and nitrogen contents in sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) leaves. **Forest Ecology and Management**, v. 200, p. 113-117, 2004.
- VIEIRA, R. F.; VIEIRA, C.; CALDAS, M. T. Comportamento do feijão-fradinho na primavera-verão na zona da mata de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1359-1365, 2000.
- WATT, E. E. **First annual report on the EMBRAPA/IITA - Cowpea Program in Brasil.** Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 55p, 1978.
- YORDANOV, I.; VELIKOVA, V.; TSONEV, T. Plant responses to drought and stress tolerance. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, p.187-206, 2003.

# CAPÍTULO I

## **CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS E PRODUTIVAS DE FEIJÃO-CAUPI SOB DÉFICIT HÍDRICO\***

---

\* *Manuscrito a ser enviado à revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*

Características fisiológicas e produtivas de feijão-caupi sob déficit hídrico<sup>1</sup>

Sebastião P. do Nascimento<sup>2\*</sup>, Edson A. Bastos<sup>3</sup>, Eugênio C. E. Araújo<sup>3</sup>, Francisco R. Freire Filho<sup>3</sup> & Everaldo M. da Silva<sup>4</sup>

<sup>1)</sup> Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor; <sup>2)</sup> Mestrando em Agronomia – Programa de Pós-graduação em Agronomia/UFPI; <sup>3)</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, D.Sc., Pesquisador, Embrapa Meio-Norte, Teresina-PI; <sup>4)</sup> Graduando em Eng. Agrônômica, UFPI/Teresina-PI. \*Autor correspondente: [Sebastiaonascimento@cpamn.embrapa.br](mailto:Sebastiaonascimento@cpamn.embrapa.br)

Resumo: Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito do déficit hídrico sobre as características fisiológicas e produtivas do feijão-caupi e selecionar genótipos com características de tolerância à seca. Foi avaliada a condutância estomática, potencial hídrico foliar, temperatura das folhas e produtividade de grãos de 20 genótipos de feijão-caupi nas condições de solo e clima de Teresina, Piauí. Foram conduzidos dois experimentos em um delineamento de blocos ao acaso com 20 tratamentos e quatro repetições, um sob déficit hídrico durante a fase reprodutiva e outro sob irrigação plena, para fins de comparação. O déficit hídrico foi obtido aplicando-se, aproximadamente, metade da lâmina requerida pelo feijão-caupi. O déficit hídrico reduziu em 72% a condutância estomática, 62% o potencial de água nas folhas, 60% a produção de grãos e aumentou em 11,7% a temperatura foliar. Nas condições de déficit hídrico, treze genótipos produziram acima da média (466 kg ha<sup>-1</sup>), com destaque para o BRS-Paraguaçu, Pingo-de-ouro-1-2 e Pingo-de-ouro-2, que produziram 712 kg ha<sup>-1</sup>, 667 kg ha<sup>-1</sup> e 642 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Em média, a produtividade de grãos dos genótipos sob irrigação plena foi 150 % superior.

Palavras chave: *vigna unguiculata* (L.) walp., potencial de água na folha, condutância estomática, temperatura foliar

Abstract: The objective of this work was to determine physiological and productive characteristics of cowpea under water deficit and full irrigation, in soil and climate conditions at Teresina, Piauí State. The stomatal conductance, leaf water potential, leaf temperature and grain yield of twenty cowpea were evaluated. Two experiments were carried in randomized blocks design with 20 treatments and four repetitions, one under water deficit during reproductive phase and another one under full irrigation. The water

deficit was obtained applying the half of water depth required by cowpea. The water deficit reduced 72% the stomatal conductance, 40% the leaf transpiration, 62% the leaf water potential, 60% the grain yield and increased 11.7% the leaf temperature. On water deficit, 13 genotypes produced above the average ( $466 \text{ kg ha}^{-1}$ ), and BRS-Paraguaçu, Pingo-de-ouro-1-2 and Pingo-de-ouro-2 presented the best grain yield with  $712 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $667 \text{ kg ha}^{-1}$  and  $642 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectively. The grain yield medium of the experiment under no water deficit was 150% higher than the other one.

Key words: *vigna unguiculata* (L.) walp., leaf water potential, stomatal conductance, leaf temperature

## INTRODUÇÃO

O feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp é cultivado predominantemente, nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Apesar das condições ambientais favoráveis para seu cultivo, apresenta produtividade média de apenas  $355 \text{ kg ha}^{-1}$  (CONAB, 2008). Esta baixa produtividade é resultante do uso de sementes não melhoradas, solos de baixa fertilidade e pelas precipitações pluviométricas irregulares. A deficiência hídrica é condição comum nestas regiões do país, sendo responsável pela redução da produção (Bergamaschi et al., 2004). A planta é classificada como moderadamente tolerante tanto à deficiência hídrica quanto ao excesso de água no solo. O requerimento de água desta cultura é variável com o seu estágio de desenvolvimento. O consumo de água aumenta de um valor mínimo na germinação até um valor máximo na floração e formação de vagens, decrescendo a partir do início da maturação (Nóbrega et al., 2001).

Diante da importância do feijão-caupi para, torna-se necessário a realização de estudos visando avaliar o desempenho de cultivares desenvolvidas para plantio em regime de sequeiro, frente às limitações hídricas impostas em diferentes fases de crescimento. O efeito do estresse hídrico sobre a produção das plantas cultivadas depende tanto do nível do estresse, como também do estágio fenológico da planta (Labanauskas et al., 1981). Leite et al. (1999) relataram que déficits hídricos ocorridos na fase vegetativa do feijão-caupi apresentaram efeitos menores nos componentes de crescimento produzindo, porém, efeitos mais acentuados na fase da pré-floração ao enchimento de grãos.

As respostas das plantas às condições de estresse hídrico variam de acordo com a espécie, cultivar, tempo de exposição, fatores edáficos, entre outros. Não existe uma

única variável fisiológica que por si só seja indicativa de tolerância à seca. Segundo Nogueira et al. (2001), o ideal é avaliar-se mais de uma variável, tais, como potencial hídrico, condutância estomática, temperatura e a transpiração foliar, consideradas importantes para avaliar as respostas das espécies vegetais ao estresse hídrico.

O estresse hídrico tem efeito em diversos processos fisiológicos das plantas, e já foram objeto de pesquisas de Pandey et al. (1984); Rocha (2001); Gomes Filho & Tahin (2002), Marques (2005); Oliveira et al. (2005), Mendes et al. (2007) e Lima (2008). O déficit hídrico diminui o potencial hídrico foliar e aumenta a resistência difusiva ao vapor de água, mediante fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração e, conseqüentemente, o suprimento de CO<sub>2</sub> para a fotossíntese. Para Larcher (2000), os estômatos atuam como moduladores da perda de água pela transpiração, respondendo ao déficit hídrico com a alteração da abertura do poro a uma faixa crítica de valores do potencial hídrico foliar. Segundo este autor, quanto menor a quantidade de água no solo, mais negativo deve ser o potencial de água na folha desenvolvido pelos vegetais, formando um gradiente que favoreça a absorção de água pelas plantas. Os valores médios de potencial hídrico, indicados para os diferentes grupos de plantas, dependem do tipo de solo e do tipo de vegetação, podendo ser ainda menores devido à adaptação das plantas em relação à deficiência hídrica (Larcher, 2000). Segundo Boyer (1978), os valores aproximados de potenciais de água letais para algumas espécies vegetais variam de -1,4 a -6,0 MPa, para o tomateiro e a acácia, respectivamente. Já para o feijão-comum e para o feijão-caupi estes valores de potencial hídrico foliar são de -1,5 a -2,5 MPa, respectivamente, o que os classifica como plantas sensíveis e moderadamente tolerantes ao déficit de água no solo.

A temperatura foliar, a relação entre temperatura foliar e a temperatura do ar ou mesmo a diferença entre ambas, tem sido empregada por diversos pesquisadores como indicador das condições hídricas das plantas. Essa variável indicadora tem a vantagem de não utilizar amostras destrutivas. Pesquisa de Guimarães et al. (2006) constataram que a temperatura do dossel correlacionou-se significativamente com o potencial da água nas folhas e, devido a sua medição ser rápida e não-destrutiva, mostrou tratar-se de uma técnica útil no processo de seleção de genótipos de feijão-comum para regiões sujeitas a deficiência hídrica. Dados de literatura mostram que sob condições de déficit hídrico a temperatura foliar apresenta-se geralmente mais elevada do que a temperatura do ar (Nogueira et al., 1998).



Segundo Nepomuceno (2001) o desenvolvimento de cultivares mais tolerantes a períodos de deficiência hídrica no solo, bem como o desenvolvimento de mecanismos que auxiliem as plantas a tolerar períodos prolongados de seca, serão essenciais na manutenção da produção agrícola brasileira e mundial. As diferentes reações de cada genótipo a essas variações permitem que eles possam tolerá-las quando em níveis críticos, mantendo ainda assim taxas adequadas de fotossíntese (Costa et al., 2002; Ribeiro et al., 2004). Cultivares de feijão-caupi apresentam diferentes respostas fisiológicas quando submetidos a déficit de água no solo (Bezerra et al., 2003).

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo analisar o efeito do déficit hídrico aplicado no estágio reprodutivo sobre as características fisiológicas e produtivas do feijão-caupi, com vistas a selecionar genótipos com características de tolerância à seca.

### **MATERIAL E MÉTODOS**

Os estudos da avaliação de genótipos de feijão-caupi para tolerância à seca coordenados pela Embrapa Meio-Norte iniciaram em 2005 com 80 genótipos, avaliados no final do período chuvoso, sem utilização de irrigação. Nesse mesmo ano, acresceu-se 35 novos genótipos, sendo que os mesmos foram avaliados durante o período seco e sob irrigação controlada, onde se selecionou 34, os quais foram avaliados em 2006, sob estresse hídrico durante o período reprodutivo. A seleção baseou-se no estande final, no início da floração, no valor de cultivo, na ocorrência de viroses, no peso de 100 grãos e na produção por parcela. Em ambas as etapas foi usado o delineamento de blocos Federer ou delineamento aumentado com quatro conjuntos. Em ambos os experimentos as parcelas foram representadas por uma fileira de 3,0 m, o espaçamento entre fileiras foi de 1,40 m e entre covas dentro da fileira de 0,15 m, tendo-se desse modo 20 plantas por parcela.

A partir desses 34, selecionaram-se 20 genótipos, os quais foram cultivados em 2007 e 2008, sob irrigação e sob déficit hídrico durante a fase reprodutiva, conduzidos no período de setembro a novembro, incluindo nas avaliações, variáveis fisiológicas como potencial hídrico foliar, condutância estomática, transpiração e temperatura foliar. Neste ano, o estresse foi severo atingindo mais de 90% da água disponível no solo, dificultando a seleção, uma vez que o desempenho produtivo foi muito baixo para todos os genótipos avaliados. Dessa forma, em 2008, procedeu-se novamente a avaliação dos mesmos 20 genótipos, proporcionando um estresse menos severo.

Os experimentos desse último ano foram instalados em um campo experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Meio-Norte, localizada em

Teresina, PI (05° 05' de latitude sul; 42° 48' de longitude oeste e 74,4m de altitude), no período de agosto a outubro de 2008. O clima do município é do tipo Aw (clima tropical de estações úmida e seca), segundo a classificação de Köppen. As médias anuais de umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica são de 72,6% e 1.336 mm, respectivamente, concentrando a maioria das chuvas nos meses de janeiro a abril (Bastos et al., 2009). Os valores médios mensais de temperatura máxima, média e mínima do ar para os meses de agosto a outubro, foram 36,6 °C, 29 °C e 21,9 °C, respectivamente durante os experimentos. A umidade relativa média e o total de precipitação durante os meses de agosto a outubro foram de 53% e 9 mm, respectivamente.

O solo da área experimental é um Argissolo Amarelo de textura franco-arenosa, cujas características físicas e químicas são apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Características físicas do solo da área experimental, Teresina, PI

| Característica                           | Camadas do Solo (cm) |       |       |       |
|--|----------------------|-------|-------|-------|
|  | 0-15                 | 15-45 | 45-70 | >70   |
| Densidade do solo (kg dm <sup>-3</sup> ) | 1,39                 | 1,33  | 1,32  | 1,27  |
| Areia (g kg <sup>-1</sup> )              | 799,0                | 627,0 | 627,5 | 550,0 |
| Silte (g kg <sup>-1</sup> )              | 85,0                 | 127,0 | 96,5  | 144,0 |
| Argila (g kg <sup>-1</sup> )             | 116,0                | 246,0 | 276,0 | 306,0 |

Fonte: Laboratório de Solos da Embrapa Meio-Norte

Tabela 2. Características químicas do solo da área experimental, Teresina, PI

| Horizonte e Prof. | pH     | P                   | K <sup>+</sup>                     | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> | CTC  | V     |
|-------------------|--------|---------------------|------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------------------------|------|-------|
|                   | (água) | mg dm <sup>-3</sup> | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |                  |                  |                 |                                   |      | %     |
| AP 0 – 15 cm      | 5,86   | 26,40               | 0,15                               | 2,08             | 0,86             | 0,27            | 2,01                              | 5,37 | 62,53 |
| AB 15 – 45 cm     | 4,61   | 2,20                | 0,04                               | 1,76             | 0,71             | 0,10            | 4,57                              | 7,18 | 36,35 |
| Bt 45 – 70 cm     | 4,30   | 1,70                | 0,02                               | 0,45             | 0,68             | 0,07            | 3,91                              | 5,13 | 23,78 |
| C > 70 cm         | 4,28   | 1,10                | 0,02                               | 0,83             | 0,72             | 0,08            | 2,59                              | 4,24 | 38,91 |

Fonte: Laboratório de Solos da Embrapa Meio-Norte

A análise de solo mostrou a necessidade de correção da acidez e a calagem foi feita com base no método da saturação por bases foi realizado a calagem do solo.

Foram avaliados 20 genótipos originados do banco ativo de germoplasma da Embrapa Meio-Norte: Pitiúba, Tvu 36, TE-898, Capela, Canapuzinho, Canapu-BA, Canapuzinho-PE, CNCx 689-128G, BR17-Gurguéia, BRS-Paraguaçu, Patativa, (TE96-290-12G) cv. BRS Xiquexique (Freire Filho et al., 2008), Pingo-de-ouro-1, Pingo-de-ouro-2, Pingo-de-ouro-1-2, Canapuzinho-2, EPACE-10, IPA-206, Tracuateua-192 e

Santo Inácio. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições.

Semearam-se manualmente quatro sementes por cova dispostas no espaçamento de 0,8 m x 0,25 m no dia 06 de agosto de 2008, realizando-se o desbaste aos 15 dias após semeadura (DAS), deixando-se duas plantas por cova para um stand final de 100.000 plantas por hectare. A parcela consistiu de uma área de 3,20 m x 5,0 m, totalizando 16 m<sup>2</sup>, composta por quatro fileiras de plantas, Como área útil, considerou-se as duas fileiras centrais. A adubação de fundação consistiu na aplicação de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Durante a condução do experimento foram realizados tratos culturais de modo a manter a área livre de plantas invasoras, doenças e pragas. Aos 22 e 30 DAS, aplicou-se macro e micronutrientes (Niphokan a 1%) via foliar, visando o bom desenvolvimento da parte aérea.

A irrigação foi feita por um sistema de aspersão convencional fixo, com aspersores espaçados em 12 m x 12 m, com bocais de 3,4 mm x 2,6 mm de diâmetro e vazão de 1,07 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> a uma pressão de serviço de 20 m.c.a. O cálculo da lâmina de irrigação foi realizado com base na evapotranspiração de referência estimada por Penman-Monteith e nos coeficientes de cultura (Kc) obtidos por Ferreira et al. (2008).

Os dados climatológicos foram obtidos de uma estação agrometeorológica automática distante aproximadamente 500 m da área experimental. O teor de água no solo foi monitorado diariamente por meio da sonda de capacitância Diviner 2000<sup>®</sup>, em camadas de 0,10 m, até 0,70 m de profundidade.

Os valores de conteúdo da umidade do solo referentes à capacidade de campo (-10 kPa) e ponto de murcha permanente (-1.500 kPa), considerando a camada de 0 a 0,45 m foram de 21,0% e 9,0% a base de volume, respectivamente.

Fez-se avaliações do potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), e temperaturas das folhas ( $T_f$ ), cujas leituras foram efetuadas entre 6:30 e 9:30 h da manhã, aos 43 dias após a semeadura (fase reprodutiva), ocasião em que as plantas apresentaram sinais agudos de deficiência hídrica. As determinações da  $g_s$  e  $T_f$  foram efetuadas nas faces abaxial e adaxial do folíolo central da terceira folha a partir do ápice totalmente expandido (Nogueira et al., 2001) e sem sinais de senescência ou herbivoria, tomando-se duas plantas por parcela, utilizando-se um porômetro de equilíbrio dinâmico modelo "LICOR 1600 steady state" da LICOR Inc., Lincoln, Nebraska, USA. Procedeu-se os cuidados de rotina preconizados para manuseio do equipamento, como a calibragem antes do início das leituras.

O potencial da água da folha ( $\Psi_f$ ) foi determinado utilizando-se uma câmara de pressão de Scholander (Scholander et al., 1965), modelo 3035 da “Soil Moisture Equipment Corp”, Santa Bárbara, Califórnia (EUA). Para essas avaliações, foram utilizadas as folhas nas quais foram realizadas as medidas porométricas.

Por ocasião da colheita, foi determinado a produtividade de grãos em  $\text{kg ha}^{-1}$  corrigida para 13% de umidade. Os resultados foram submetidos à análise de variância, tendo sido realizada a comparação entre médias, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, por meio do programa SAEG<sup>®</sup> 9.0/UFV.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

O monitoramento da umidade do solo indicou que, no experimento sem déficit hídrico, os valores mínimos de tensão alcançaram -52 kPa, equivalendo a 45% de esgotamento de água no solo. Enquanto que sob déficit hídrico, a tensão crítica alcançou -282 kPa, correspondendo a uma fração de 75% de esgotamento de água disponível no solo. Isso demonstra que houve um estresse hídrico moderado, conforme observado por Bezerra et al. (1991).

Os resultados da comparação das médias e a análise de variância das variáveis fisiológicas e produtiva encontram-se na Tabela 3. Houve diferenças significativas entre genótipos para todas as variáveis estudadas. Ao se reduzir a lâmina de irrigação de 300 para 190 mm, houve redução de 62% no potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ), 72% na condutância estomática ( $g_s$ ), 60 % na produtividade de grãos e um aumento de 11,7% na temperatura foliar ( $T_f$ ), confirmando resultados com cultivares de feijão-caupi obtidos por Pandey et al. (1984); Rocha (2001); Gomes Filho & Tahin (2002), Marques (2005); Oliveira et al. (2005) e Lima (2008).

Sob irrigação plena verificou-se um  $\Psi_f$  máximo e mínimo de -1,14, -0,85 MPa, para os genótipos Santo Inácio e BRS-Paraguaçu, respectivamente, resultando em uma variação de 25% entre os genótipos com maior e menor  $\Psi_f$ . Enquanto que, na condição de estresse hídrico estes valores decresceram para  $\Psi_f$  máximo e mínimo de -2,05 e -1,22 MPa, para os genótipos Tracuateua-192 e BRS-Paraguaçu, respectivamente, resultando em uma variação de 40%. Resultados semelhantes foram obtidos por Mendes et al. (2007), que verificaram máximo, mínimo de -1,90 e -1,05MPa, respectivamente, correspondendo a uma variação de 43% no  $\Psi_f$  para a cultivares de feijão-caupi com o déficit hídrico aplicado na fase reprodutiva. Mas estão em desacordo com os resultados de Costa et al. (1997), que verificaram  $\Psi_f$  máximo e mínimo de -0,25 e -1,1 MPa, respectivamente, com déficit hídrico imposto na fase

vegetativa. E diverge totalmente dos obtidos em feijão-comum por Pimentel & Hébert (1999) e Micheletto et al. (2007), que encontraram valores de  $\Psi_f$  de -2,30 e -2,57 MPa, respectivamente. Entretanto vale ressaltar que os valores de  $\Psi_f$  foliar podem variar em razão do estágio fenológico da cultura, da cultivar, da disponibilidade hídrica do solo, do déficit de pressão de vapor do ar e do horário e local em que são registrados (Nogueira et al., 1998).

Nenhum dos tratamentos sob deficiência hídrica alcançou valores de  $\Psi_f$  inferiores a -2,5 MPa, considerado um limite letal para o feijão-caupi, segundo Boyer (1978). Plantas com potenciais hídricos foliares entre -1,0 e -2,0 MPa indicam uma deficiência hídrica moderada e relativa tolerância à seca, afirmam Taiz e Zeiger (2004). O genótipo Tracuateua-192 apresentou a maior redução do  $\Psi_f$  (-2,05 MPa). Esse estresse hídrico foi mais severo do que os obtidos por Ferreira et al. (1991) e Gonçalves (1999), que registraram valor médio de -1,30 e -1,42 MPa, respectivamente, para genótipos de feijão-caupi no estágio vegetativo. O maior nível de estresse hídrico obtido neste estudo pode ser atribuído ao fato do mesmo ter sido imposto na fase reprodutiva, considerada a fase mais sensível ao déficit hídrico. O que confirma Gomes Filho & Tahin (2002), que acrescentam que o período crítico da cultura, provocado pelo estresse hídrico, restringe-se a uma fase relativamente curta entre a época de floração e o início do enchimento dos grãos (Bezerra et al., 2003). Ainda, sob estresse hídrico, verificou-se elevada redução dos valores de potencial hídrico foliar em alguns genótipos, ou seja,  $\Psi_f$  abaixo da média (-1,65 MPa) em alguns genótipos, durante a ocorrência da deficiência de água no solo, possivelmente, resultado de fechamento dos estômatos, acarretando com isso, diminuição na atividade fotossintética. Torrecillas et al. (1999) observaram em *Prunus armeniaca* (lenhosa) que a fotossíntese atingia valores próximos de zero com  $\Psi_f$  em torno de -2,8 MPa. Boyer (1970) constatou que a taxa de fotossíntese líquida da soja não foi afetada até o  $\Psi_f$  de -1,1 MPa, reduzindo sua eficiência a 60%, com o  $\Psi_f$  -1,6 MPa, entretanto, na cultura do milho, verificou reduções a partir -0,35 MPa e, ao atingir -1,6 MPa, a sua eficiência fotossintética foi de apenas 25%. O mesmo acrescenta que esta variabilidade pode ser devido à capacidade da planta de manter ainda os estômatos abertos em  $\Psi_f$  mais baixo, permitindo que a fotossíntese se processe por um período mais longo, nas espécies mais resistentes à seca.

Os genótipos BRS-Paraguaçu, Pingo-de-ouro-1-2, Canapu-BA e CNCx 689-128G sob deficiência hídrica mantiveram um  $\Psi_f$  maior que os demais genótipos, evidenciando um maior controle na abertura estomática, que é uma característica de

tolerância à seca em feijão-caupi (Subbarao et al., 1995). Enquanto, os genótipos Tracuateu-192 e Santo Inácio por apresentarem maior redução no  $\Psi_f$ , ocasionando perda de turgescência e maior fechamento dos estômatos, tiveram como consequência maior redução na produção de fotossintatos, resultando nos menores rendimentos de grãos. Esta característica revela sensibilidade destes genótipos ao déficit hídrico. No entanto, os genótipos Pingo-de-ouro-2 e TE-898 alcançaram altos rendimentos, mesmo sofrendo forte redução do  $\Psi_f$  e da  $g_s$ . Este fato é explicado por Turner (1997), que os classifica como tolerantes à seca com alto potencial hídrico. Ainda acrescenta que a tolerância da planta ao déficit hídrico parece ser um importante mecanismo de resistência para manter o processo produtivo em condições de baixa disponibilidade de água às plantas.

Tabela 3. Médias<sup>1</sup> de potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), temperatura foliar (Tf) e de produtividade grãos (PG) de 20 genótipos de feijão-caupi, sob dois regimes hídricos em Teresina, PI

| Genótipos         | $\Psi_f$<br>(MPa) |         | $g_s$<br>(mol m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> ) |        | Tf<br>(°C) |        | PG<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |       |
|-------------------|-------------------|---------|--|--------|------------|--------|------------------------------|-------|
|                   | *SE               | **CE    | SE   | CE     | SE         | CE     | SE                           | CE    |
| BRS- Paraguauçu   | -0,85 c           | -1,22 g | 0,27 a   | 0,11 a | 28,2 b     | 29,7 c | 1529 a                       | 712 a |
| Pingo-de-ouro-1-2 | -0,93 c           | -1,51 e | 0,26 a   | 0,09 b | 30,4 a     | 33,1 a | 1500 a                       | 667 a |
| Pingo-de-ouro-2   | -1,12 a           | -1,88 b | 0,20 d   | 0,06 c | 30,0 a     | 34,2 a | 1236 a                       | 642 a |
| Canapuzinho-PE    | -1,08 a           | -1,71 d | 0,19 d   | 0,05 c | 30,5 a     | 34,0 a | 1230 a                       | 584 a |
| TE-898            | -1,08 a           | -1,94 b | 0,20 d   | 0,04 d | 29,1 b     | 33,4 a | 1023 b                       | 562 a |
| BRS Xiquexique    | -0,88 c           | -1,62 e | 0,24 b   | 0,07 c | 29,6 b     | 34,3 a | 1245 a                       | 538 a |
| Canapuzinho-2     | -1,02 b           | -1,54 e | 0,23 b   | 0,06 c | 31,0 a     | 34,1 a | 1380 a                       | 533 a |
| CNCx 689-128G     | -0,97 c           | -1,39 f | 0,24 b   | 0,06 c | 29,5 b     | 32,6 a | 1408 a                       | 520 a |
| IPA-206           | -0,94 c           | -1,55 e | 0,22 c   | 0,06 c | 29,3 b     | 33,9 a | 1194 a                       | 504 a |
| Tvu 36            | -1,02 b           | -1,77 c | 0,19 d   | 0,07 c | 29,7 b     | 33,2 a | 1074 b                       | 494 a |
| Patativa          | -1,03 b           | -1,69 d | 0,22 c   | 0,07 c | 30,3 a     | 33,1 a | 1107 b                       | 480 a |
| Canapu-BA         | -0,93 c           | -1,41 f | 0,20 d   | 0,07 c | 30,2 a     | 31,5 b | 1073 b                       | 463 a |
| Canapuzinho       | -1,02 b           | -1,83 c | 0,22 c   | 0,06 c | 29,7 b     | 34,1 a | 1248 a                       | 456 a |
| Pitiuba           | -1,00 b           | -1,56 e | 0,20 d   | 0,06 c | 29,0 b     | 33,1 a | 1078 b                       | 386 b |
| Pingo-de-ouro-1   | -0,99 b           | -1,58 e | 0,26 a   | 0,05 c | 30,2 a     | 33,2 a | 1276 a                       | 359 b |
| BR17- Gurguéia    | -1,06 a           | -1,59 e | 0,21 c   | 0,07 c | 30,4 a     | 33,9 a | 1157 b                       | 342 b |
| Capela            | -0,96 c           | -1,52 e | 0,16 e   | 0,06 d | 31,5 a     | 33,8 a | 613 c                        | 338 b |
| Epace-10          | 1,05 b            | -1,70 d | 0,19 d   | 0,04 d | 30,0 a     | 33,5 a | 1013 b                       | 320 b |
| Santo Inácio      | -1,14 a           | -1,94 a | 0,16 e   | 0,03 d | 30,7 a     | 34,5 a | 947 b                        | 246 b |
| Tracuateua-192    | -1,04 b           | -2,05 a | 0,22 c   | 0,04 d | 29,1 b     | 34,5 a | 1024 b                       | 171 b |
| Média             | -1,00             | -1,65   | 0,21   | 0,06   | 29,9       | 33,4   | 1167                         | 466   |
| C.V. (%)          | 6,23              | 4,41    | 7,12   | 14,35  | 3,08       | 3,20   | 18,60                        | 39,71 |

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

\*SE – Sem Estresse, \*\*CE – Com Estresse

Sob condições de irrigação plena, a condutância estomática ( $g_s$ ) variou de  $0,16 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para os genótipos Santo Inácio e Epace-10 a  $0,27 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para o tratamento BRS-Paraguaçu. De uma forma geral, verificou-se que nas plantas mantidas sob irrigação plena a  $g_s$  apresentou uma variação de 68%. Essa elevada variação pode ser explicada principalmente por pequenas respostas dessa variável a fatores do ambiente, como a temperatura e a umidade do ar. Mansfield et al. (1990) relatam que outros fatores, não hidráulicos, são capazes de regular o comportamento estomático e que as células guarda apresentam uma grande sensibilidade aos fatores físicos e químicos do meio. Ainda de acordo com a Tabela 3, verificou-se que nove genótipos ficaram acima da média geral ( $0,21 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

Entre os tratamentos sob déficit observou-se uma variação na  $g_s$  de  $0,03 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para o tratamento Santo Inácio a  $0,11 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para o genótipo BRS-Paraguaçu, o que representou uma variação de 267%. Estes resultados assemelham-se aos de Oliveira et al. (2005) quando estudaram condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão-caupi, onde encontraram valores de  $g_s$  variando de  $0,03$  a  $0,18 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . confirmados também por estudos de Marques (2005), Mendes (2007) e Lima (2008) em cultivares de feijão-caupi, com valores de  $g_s$  de  $0,035$ ,  $0,04$  e  $0,02 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente. No entanto, Pimentel (1999) verificou uma  $g_s$  de  $0,01 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  chegando quase ao total fechamento dos estômatos, resultado de um estresse hídrico severo. Os genótipos BRS-Paraguaçu e Pingo-de-ouro-1-2 apresentaram maior valor de  $g_s$  em relação aos outros genótipos, sob condições de deficiência hídrica, o que demonstra eficiência no controle estomático. Isto permitiu uma alta atividade fotossintética, o que é desejável para genótipos mais tolerantes à seca, segundo Kramer & Boyer (1995). O fechamento dos estômatos juntamente com a inibição do aumento da área foliar estão entre as primeiras respostas à seca, protegendo as plantas contra as perdas de água, a qual pode resultar em desidratação celular, fechamento da cavidade xilemática e até morte. Nesse sentido, plantas que conseguem rapidamente evitar a perda de água por meio do fluxo estomático e manter, pelo menos temporariamente, taxas fotossintéticas razoáveis apresentam um bom comportamento fisiológico em situações de deficiência hídrica. Dos genótipos estudados o que mais se aproxima desse padrão é o TE-898, pois mesmo tendo reduzido significativamente o fluxo estomático conseguiu manter taxas fotossintéticas similares ao grupo dos genótipos com alta produtividade. O que comprovou também Turk & Hall (1990), onde relatam que o

feijão-caupi, cultivado em condições de campo, apresentou o fechamento estomático como principal estratégia de fuga à seca, e assim manteve um status hídrico razoável.

A imposição do déficit hídrico conferiu alta redução na  $g_s$ , que é explicada em decorrência do decréscimo na disponibilidade de água no solo, que ocasiona queda no potencial de água nas folhas, resultando no fechamento dos estômatos o que eleva à perda de turgescência. Por sua vez, nas plantas submetidas ao déficit hídrico do solo, constatou-se que a  $g_s$  correlacionou-se positivamente com o  $\Psi_f$ . Assim quanto menor o valor do  $\Psi_f$  menor a  $g_s$ . Estudo de Paiva et al. (2005) encontraram redução da condutância estomática em feijão-comum em resposta a baixos valores de potencial hídrico do solo e a altos valores de déficit de pressão de vapor e aumento da condutância estomática sob altos valores de potencial hídrico do solo e baixos valores de déficit de pressão de vapor. Os resultados em relação a essa variável estão de acordo com a literatura Gholz et al. (1990), onde consta que o feijão-caupi fecha seus estômatos aos primeiros sinais de deficiência hídrica. Desta forma, as plantas tentam reduzir a transpiração e conservar valores elevados de  $\Psi_f$ . Logo um dos principais mecanismos de adaptação da cultura ao déficit hídrico é evitar a desidratação dos tecidos, embora isso resulte na diminuição de sua capacidade produtiva, principalmente quando o estresse é prolongado. Para Laffray & Lougut (1990), o feijão-caupi apresenta simultaneamente um rápido fechamento e uma alta tolerância protoplasmática, estratégias adaptativas que não são opostas, permitindo, assim aos melhoristas vegetais levar em conta essas duas características.

Sob déficit hídrico os genótipos Epace-10, Tracuateua-192, Santo Inácio e Capela apresentaram baixos valores de condutância estomática, em resposta a baixos potenciais de água na folha, revelando-os como sensíveis à deficiência hídrica, pois baixa condutância resulta em fechamento dos estômatos, tendo como consequência menor taxa fotossintética, resultando em menores rendimentos de grãos (Taiz & Zeiger, 2004).

Os valores de temperatura média foliar ( $T_f$ ) estão representados na Tabela 3, e observa-se uma elevação média de 3,5°C quando os genótipos foram submetidos ao déficit hídrico. Resultado semelhante foi obtido por Oliveira et al. (2005), onde constatou que os diferenciais médios de temperatura da folha em relação à do ar foram crescentes à medida que progredia a deficiência hídrica, chegando a uma diferença de 3,2°C. Freire (1990) também constatou em feijão-comum, aumentos diferenciais na temperatura foliar de até 4°C entre plantas sob irrigação plena e as não irrigadas após a



suspensão da irrigação. Sob irrigação plena os genótipos apresentaram valores de  $T_f$  bem próximos, indicando que as plantas estavam sob as mesmas condições hídricas. O Genótipo BRS-Paraguaçu apresentou  $T_f$  abaixo da temperatura ambiente, enquanto os outros genótipos apresentaram ligeiro aumento. Conforme Angelocci (2002), a temperatura da folha tende a acompanhar a do ambiente. E Oliveira et al. (2005) também acrescentam que a manutenção da temperatura igual ou ligeiramente inferior a do ambiente comprova a capacidade de refrigeração das plantas, via transpiração por meio da manutenção de elevada condutância estomática, no intuito de manter a planta protegida das faixas térmicas muito elevadas.

Quando se contrastou os genótipos da condição de irrigação plena com os da condição de supressão hídrica, conferiu-se uma leve elevação na  $T_f$  nos genótipos Canapu-BA e BRS-Paraguaçu, com 4% e 5%, respectivamente, enquanto os genótipos BRS Xiqueuque, Canapuzinho e Tracuateua-192, apresentaram 15%, 15% e 19%, respectivamente, consideradas as maiores elevações na  $T_f$ . A diferença de temperatura foliar em plantas com e sem estresse fundamenta-se no estado hídrico das plantas, no comportamento estomático e na perda de calor latente por meio da transpiração. Entretanto, todo esse processo muda para cada espécie, conforme a intensidade e duração do estresse hídrico (Nogueira, 2001). Em amendoim (Nogueira et al., 1998), em feijão-de-corda (Rocha 2001) e em feijão comum (Oliveira et al., 2005), reportam que a elevação da temperatura foliar em resposta ao estresse hídrico pode ser explicada pela redução na perda de calor latente através da transpiração que normalmente reduz nestas condições.

Os resultados da relação da temperatura foliar com a do ambiente ( $T_f/T_a$ ) estão apresentados na Figura 1. Sob irrigação plena a relação  $T_f/T_a$  média foi de 1,03, enquanto na condição de estresse hídrico este valor foi de 1,15. Estes resultados mostram uma elevação média de 3% na relação  $T_f/T_a$  na condição de suprimento hídrico adequado e de 15% quando da imposição do estresse hídrico. O genótipo BRS-Paraguaçu apresentou valores de  $T_f/T_a$  inferiores aos demais genótipos nas duas condições estudadas, enquanto que sob déficit hídrico os genótipos que apresentaram as maiores elevações na relação  $T_f/T_a$ , foram Canapuzinho com 13%, TE898 com 13%, IPA-206 com 14% e Tracuateua-192 com 16%. Valores semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (2005) em feijão-comum, onde encontrou uma elevação média de 15% na relação  $T_f/T_a$ , com leituras realizadas às 8 h da manhã, no entanto quando as leituras foram realizadas ao meio-dia solar a relação  $T_f/T_a$  subiu para 60%. Estes resultados

indicam o elevado efeito da  $T_a$  sobre as plantas, onde nos horários de maior  $T_a$ , resultaram em maiores efeitos deletérios do déficit hídrico sobre os vegetais, ou seja, o aumento da temperatura do ar e da folha tende a aumentar a diferença de concentração de vapor folha-ar. Uma vez mantidos constantes as condutâncias difusivas na via de fluxo, o aumento da temperatura do ar tende a provocar acréscimo da transpiração, até o ponto em que a regulação estomática passa a atuar no sentido de não permitir uma perda excessiva de água.

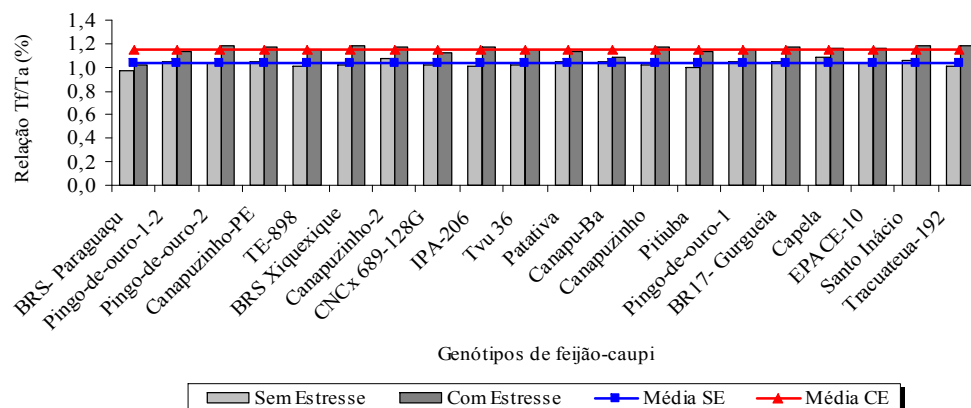


Figura 1. Relação entre Temperatura foliar e Temperatura ambiente de 20 genótipos de feijão-caupi submetidos ao déficit hídrico na fase reprodutiva, nos experimentos sem e com estresse hídrico, no período de agosto a outubro de 2008

Távora & Melo (1991) acrescentam ainda que a temperatura da folha apresenta estreita relação com a resistência estomática, pois, com o aumento da resistência estomática têm-se diminuição da transpiração foliar e incremento na temperatura das folhas. Segundo Milburn (1979), a transpiração tem efeitos importantes na agricultura tropical, como o resfriamento da folha, pois, para evaporar-se na folha, a água retira energia térmica desta, reduzindo a temperatura foliar de 2 a 3 °C. Millar (1972) e Jung & Scott (1980) sugerem que a relação entre temperatura foliar e ambiente pode ser usada como indicador das condições hídricas da planta, o qual, devidamente obtido, pode ser utilizado para indicar o estresse térmico.

O rendimento médio de grãos sofreu forte influência da supressão hídrica em todos os genótipos estudados (Tabela 3). A produtividade de grãos (PG) média dos genótipos sob irrigação plena alcançou 1.167 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto no experimento sob deficiência hídrica a PG foi de 466 kg ha<sup>-1</sup>, resultando em uma redução de 60% na PG, quando se compara as duas condições. Estes resultados foram maiores do que os obtidos por Turk et al. (1980), Labanauskas et al. (1981) e Bezerra et al. (2003), que observaram redução

na produtividade de grãos de 40%, 29% e 20,7%, respectivamente, quando os déficit hídricos foram impostos nos estádio de florescimento e enchimento de vagens. O fato do déficit hídrico imposto nos estádios citados acima não resultar em grandes perdas de produção foi, segundo Bezerra (2003), possivelmente devido aos intervalos dos estádios fenológicos da cultura, que foram bastante curtos (floração: 10 dias e enchimento de grãos, 9 dias). No entanto, está de acordo com Carvalho (2000), que estudando o efeito do déficit hídrico sobre o rendimento do feijão-caupi, encontrou redução no rendimento de grãos variando de 34 a 81%, para reposição da água consumida pela planta de 80 e 20%, respectivamente, com déficit hídrico imposto na fase de floração.

Para o regime de irrigação plena, os genótipos apresentaram uma variação de 150% entre a menor e a maior produtividade. Este resultado revela que mesmo sob condições de suprimento adequado de água durante todo o ciclo da cultura, é possível selecionar genótipos mais produtivos. Os genótipos BRS-Paraguaçu, Pingo-de-ouro-1-2, Canapu-BA e CNCx 689-128G sob deficiência hídrica mantiveram um  $\Psi_f$  maior que os demais genótipos, evidenciando um maior controle na abertura estomática, que resultou em maiores produtividades de grãos. Este fato corrobora a afirmação de que uma cultivar mais tolerante à seca deve possuir um conjunto de características fisiológicas, que lhe confirmam tolerância à seca (Blum, 1997).

Os valores de produtividade de grãos sob estresse hídrico apresentaram uma variação de 171 a 712 kg ha<sup>-1</sup>, para os genótipos Tracuateua-192 e BRS-Paraguaçu, respectivamente. Estes resultados conferiram um aumento de produtividade de 316% para o genótipo BRS-Paraguaçu. Resultado semelhante aos de Bezerra et al. (2003), que verificaram uma PG máxima de 745,50 kg ha<sup>-1</sup> para o feijão-caupi com déficit hídrico na fase de floração. A PG do genótipo BRS-Paraguaçu em relação à produtividade média do experimento foi 52% maior, sendo este aumento de produtividade resultado das respostas fisiológicas relacionadas à eficiência no uso da água (Taiz & Zeiger, 2004), revelando uma maior tolerância aos efeitos do déficit hídrico por parte deste genótipo. Os genótipos Santo Inácio e Tracuateua-192 revelaram intolerância à seca, demonstrada pelas suas respostas fisiológicas, bem como, pela forte redução no rendimento de grãos sofrida pela imposição do déficit hídrico na fase reprodutiva, provavelmente em resposta à menor produção de fotoassimilados (Kramer & Boyer, 1995). Os resultados de Carvalho et al. (2000) indicam que o rendimento de grãos sofreu uma queda acentuada, à medida que se

acentuou o déficit hídrico, independente da etapa fenológica em que ocorreu este déficit hídrico. Os genótipos que apresentaram as menores produtividades de grãos foram aqueles que evidenciaram maior sensibilidade ao déficit hídrico, comprovado pelas condições fisiológicas apresentadas, tais como: forte redução no potencial hídrico foliar, concorrendo para um elevado fechamento estomático, resultando em menor produção de fotoassimilados para enchimento das vagens, exatamente pelo impedimento da entrada de CO<sub>2</sub> (Bergamaschi et al., 1988), além da forte elevação da temperatura foliar, que, no caso do genótipo Tracuateua-192 chegou a 5,4 °C.

### CONCLUSÕES

1. O estresse hídrico determinou aumento tanto na temperatura da folha, como na relação temperatura foliar/ambiente e reduziu o potencial hídrico foliar, condutância estomática e a produtividade de grãos.
2. Os genótipos BRS-Paraguaçu, Pingo-de-ouro-1-2, Canapu-BA e CNCx 689-128G e TE898 apresentaram características fisiológicas e produtivas de tolerância à seca.
3. Os genótipos Santo Inácio e Tracuateu-192 não toleram estresse hídrico moderado.

### REFERÊNCIAS

- ANGELOCCI, L. R. Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico. Piracicaba: L. R. Angelocci, 2002. 272p.
- BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. Boletim Agrometeorológico do ano de 2008 para o município de Teresina, PI. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008, 37p. (Embrapa Meio-Norte. *Documentos*, 181).
- BERGAMASCHI, H.; ANGELOCCI, L. R. OMETTO, J. C.; BRUNINI, O. Efeito de variáveis micrometeorológicas e disponibilidade hídrica no solo sobre resistência estomática à difusão gasosa em feijoeiro, Turrialba, San José, v.41, n.4, p.445-451, 1991.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, p.831-839, 2004.
- BEZERRA, F. M. L.; ARARIPE, M. A. E.; TEÓFILO, E. M.; CORDEIRO, L. G.; SANTOS, J. J. A. Feijão caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. Revista Ciência Agronômica, v.34, n1, p.5-10, 2003.

- BLUM, A. 1997. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. In: Drought tolerance in higher plants. Genetical, physiological and molecular biological analysis. Belhassen E. (Ed.). Kluwer Academic Publ., Dordrecht. p. 57-70.
- BOYER, J. S. Water deficits and photosynthesis. In: KOZLOWSKI, T. T. (Ed.) Water deficits and plant growth. New York, Academic Press, v.4, p.154-191, 1978.
- CARVALHO J. A.; PEREIRA, G. M.; ANDRADE, M. J. B.; ROQUE M. W. Efeito do déficit hídrico sobre o rendimento do feijão caupi [*vigna unguiculata* (L.) Walp.] Ciência Agrotécnica, Lavras, v.24, n.3, p.710-717, 2000.
- CONAB. Oitavo levantamento de avaliação da safra 2007/2008. Brasília, 2008. 22p. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra8\\_levantamento\\_mai2008.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra8_levantamento_mai2008.pdf)>. Acesso em: 30 out. 2008.
- COSTA, E. S.; BRESSAN-SMITH, R.; OLIVEIRA, J. G.; CAMPOSTRINI, E.; PIMENTEL, C. Photochemical efficiency in bean plants [*Phaseolus vulgaris* L. and *Vigna unguiculata* (L.) Walp.] during recovery from high temperature stress. Brazilian Journal of Plant Physiology. v.14, n.2, p.105-110, 2002.
- COSTA, M. M. M. N.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINHO, J. L. N.; MELO, F. I. O. Produção, componentes de produção, crescimento e distribuição das raízes de caupi submetido à deficiência hídrica. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.32, n.1, p.43-50, 1997.
- FERREIRA, L. G. R.; COSTA, J. O.; ALBUQUERQUE, I. M. Estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva de dois cultivares de caupi. Pesquisa Agropecuária Brasileira v.26, n.7, p.1049-1055, 1991.
- FERREIRA, V. M.; BASTOS, A. E.; ANDRADE JUNIOR, A. S.; MASCHIO. R.; SILVA, E. M. Crop coefficient of the cowpea in Teresina, Piauí state, Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 37. 2008, Foz do Iguaçu, Anais... Foz do Iguaçu: SBEA, 2008. 1 CD-ROM.
- GOMES-FILHO, R. R.; TAHIN, J. F. Respostas fisiológicas de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata*) eretos e decumbentes a diferentes níveis de irrigação. Engenharia na Agricultura, v.10, n.1-4, 2002.
- GONÇALVES, J. A. Relações hídricas em cultivares de feijão-de-corda [*vigna unguiculata* (L.) walp.], submetidas à deficiência de água no solo. 1999, 74f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- GHOLZ, H. L.; EWEL, K.C.; TESKEY, R. O. Water and forest productivity. Forest Ecological Management, Amsterdam, v.30, n.1, p.1-18, 1990.

- GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.1, p.70–75, 2006.
- JUNG, P.K., E H.D.SCOTT. Leaf water potential, stomatal resistance, and relations in field grown soybean. Agronomy Journal, 72:986-990, 1980.
- KRAMER, P. J. & BOYER, J. S. 1995. Water relations of plants and soils. Academic Press, New York.
- LABANAUSKAS, C.K.; SHOUSE, P.; STOLZY, L.H. Effects of water stress at various growth stages on seed yield on nutrient concentrations of field grown cowpeas. Soil Science, Baltimore, v.131, n.4, p.249-256, 1981.
- LAFFAY D.; LOUGUET, P. Stomatal responses and drought resistance. Bulletin de la Societ Botanique de France: actualites botaniques, Cedex, França, v.137, n.1, p.47-60, 1990.
- LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: Ed. Rima Artes e Textos, 2000. 531 p.
- LEITE, M. L.; RODRIGUES, J. D.; MISCHAN, M. M.; VIRGENS FILHO, J.S. Efeitos do déficit hídrico sobre a cultura do caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], cv, EMAPA-821.II – Análise de crescimento. Revista de Agricultura, v.74, n.3, p.351-370, 1999.
- LIMA, A. A. F. Respostas fisiológicas de cultivares de feijão [*phaseolus vulgaris* L. e *vigna unguiculata* (L.) walp.] submetidas à deficiência hídrica: uma alternativa para a agricultura familiar do semi-árido sergipano. 2008, 112f. Dissertação (mestrado em meio ambiente), Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão.
- MANSFIELD, T. A.; HETHERINGTON, A. M.; ATKINSON, C. J. Some current aspects of stomatal physiology. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, v.41, p.55-75, 1990.
- MARQUES, V. M. Características fisiológicas em cultivares de feijão-de-corda submetidas ao estresse hídrico e salino. 2005. 112f. Tese (doutorado em fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- MENDES, R. M. de S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINHO, J. L. N. de; PITOMBEIRA, J. B. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. Ciência Agrônômica, v.38, n.1, p.95-103, 2007.
- MICHELETTO, S.; RODRIGUEZ-URIBE, L.; HERNANDEZ, R.; RICHINS, R. D.; CURY, J.; O'CONNELL, M. A. Comparative Transcript profiling in roots of

- phaseolus acutifolus* and *p. vulgaris* under water deficit stress. *Plant Science*, v.173, p.510-520, 2007.
- MILLAR, A. A. Thermal regime of grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, Davis, v.23, n.4, p.173-6, 1972.
- NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; OYA, T. Tolerância à seca em plantas: Mecanismos fisiológicos e moleculares. *Revista Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento*. KL3, n.23, p.12-18. 2001.
- NÓBREGA, J. Q.; RAO, T. V. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; FIDELIS FILHO, J. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.5, n.3, p.437-443, 2001.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V. de; BURITY, H. A.; BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. v.13, n.1, p.75-87, 2001.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. dos. Alterações fisiológicas no amendoim submetido ao estresse hídrico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 4, n.1, p 41-45, 2000.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. dos; BEZERRA NETO, E.; SANTOS, V. F. dos. Comportamento fisiológico de dois cultivares de amendoim submetidos a diferentes regimes hídricos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, n.12, p.1963-1969, 1998.
- OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.1, p.86-95, 2005.
- PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.1, p.161-169, 2005.
- PANDEY, R. K.; HERRERA, W. A T.; PENDLETON, J. W. Drought response of grain legumes under irrigation gradient. I. Yield and yield components. *Agronomy Journal*, v.76, p.559-553, 1984.
- PIMENTEL, C.; HÉBERT, G. Potencial fotossintético e condutância estomática em espécies de feijão caupi sob deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.11, n.1, p.7-11, 1999.

- RIBEIRO, R. V.; SANTOS, M. G. dos. SOUZA, G. M.; MACHADO, E. C.; OLIVEIRA R. F. de. ANGELOCCI, L. R.; PIMENTEL, C. Environmental effects on photosynthetic capacity of bean genotypes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.39, n.7, p.615-623, 2004.
- ROCHA, F. da. G. D. Relações hídricas, crescimento de plantas e estratificação do sistema radicular em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica na fase vegetativa. 2001, 60 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; HEMMINGSEN, E.A.; & BRADSTREET, E.D. Sap pressure in vascular plants. *Science*, v.148, p.339-346, 1965.
- SUBBARAO, G. V.; JOHANSEN, C.; SLINKARD, A.E.; RAO, R. C. N.; SAXENA, N. P. & CHAUHA, Y. S. Strategies for improving drought resistance in grain legumes. *Critical Reviews in Plant Science*, 14:469-529, 1995.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- TÁVORA, F. J. A. F.; MELO O. I. F. Resposta de cultivares de amendoim a ciclos de deficiência hídrica: crescimento vegetativo, reprodutivo e relações hídricas. *Ciência Agrônômica*, Fortaleza, 22 (1/2): 47-60, 1991.
- TORRECILLAS, A. et al. Gas exchange and water relations of young apricot plants under drought conditions. *Journal of Agricultural Science*, v.132, n.4, p.445-452, 1999.
- TURK, K. J. & HALL, A. E. Drought adaptation of cowpea. II Influence of drought on plant water and relations with seed yield. *Agronomy Journal*, v.72, p.421-27, 1980.
- TURNER, N. C. Further progress in crop water relations. *In Advances in agronomy* (D.L. Sparks, ed.). Academic Press, New York, p.293-337, 1997.



# CAPÍTULO II

## **AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI PARA TOLERÂNCIA À SECA<sup>†</sup>**

---

<sup>†</sup> *Manuscrito a ser enviado à revista Pesquisa Agropecuária Brasileira - PAB.*

## 1 Identificação de genótipos de feijão-caupi para tolerância à seca<sup>1</sup>

2 Sebastião Pereira do Nascimento<sup>2\*</sup>, Edson Alves Bastos<sup>3</sup>; Aderson Soares de Andrade Júnior<sup>3</sup>,

3 Francisco Rodrigues Freire Filho<sup>3</sup>, Reinaldo Lúcio Gomide<sup>4</sup> e Everaldo Moreira da Silva<sup>5</sup>

4 <sup>1</sup> Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor; <sup>2</sup> Mestrando em Agronomia –  
5 Programa de Pós-graduação em Agronomia/UFPI; <sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, D.Sc., Pesquisador,  
6 Embrapa Meio-Norte, Teresina-PI; <sup>4</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, D.Sc., Pesquisador, Embrapa Milho e  
7 Sorgo, Sete Lagoas-MG; <sup>5</sup> Graduando em Eng. Agrônômica, UFPI/Teresina-PI. \*Autor  
8 correspondente: [Sebastiaonascimento@cpamn.embrapa.br](mailto:Sebastiaonascimento@cpamn.embrapa.br)

9  
10 Resumo – A seleção de genótipos com tolerância à seca é essencial para a produção de  
11 alimentos no mundo, especialmente em regiões de clima árido ou com má distribuição de  
12 chuvas. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi identificar genótipos com características  
13 de tolerância e sensibilidade ao estresse hídrico. Foram conduzidos dois experimentos a  
14 campo, um sob déficit hídrico durante a fase reprodutiva e outro sob irrigação plena, ambos  
15 em um delineamento de blocos ao acaso com 20 tratamentos (genótipos) e quatro repetições.  
16 O déficit hídrico foi obtido aplicando-se, aproximadamente, metade da lâmina requerida pelo  
17 feijão-caupi. Foram avaliados o índice de área foliar, teor de clorofila, componentes de  
18 produção e o rendimento de grãos. O déficit hídrico reduziu em 20% o índice médio de área  
19 foliar, 16% o índice médio de clorofila, 175% o número médio de vagens por planta e em  
20 60% a produção de grãos. Os genótipos Santo Inácio e Tracuateua-192 apresentam  
21 sensibilidade ao déficit de água no solo, enquanto o BRS-Paraguaçu, o Pingo-de-ouro-1-2 e o  
22 Pingo-de-ouro-1 revelaram comportamento para tolerância à seca.

23  
24 Termos para indexação: *Vigna unguiculata*, índice de área foliar, teor de clorofila.

25 Abstract – The genotypes evaluation for drought tolerance is very important for world food  
26 production, principally in arid regions or in locals that present bad rain distribution. The

1 research had as objective to identify cowpea genotypes with drought tolerance and water  
2 stress sensitive characteristics. Two experiments were carried out with 20 treatments and four  
3 repetitions, one under water deficit during reproductive phase and another one under full  
4 irrigation. The water deficit was obtained applying the half from water depth required by  
5 cowpea. The leaf area index, chlorophyll content, yield components and grain yield were  
6 evaluated. The water deficit reduced 20% the leaf area index, 16% the chlorophyll content,  
7 175% the pod number per plant and 60% the grain yield. The genotypes Santo Inácio and  
8 Tracuateua-192 present sensitivity to water deficit in soil and BRS-Paraguaçu, Pingo-de-  
9 ouro-1-2 and Pingo-de-ouro-2 show behavior for drought tolerance.

10

11 Index terms: *Vigna unguiculata*, leaf area index, chlorophyll content

12

13

### Introdução

14 O feijão-caupi é cultivado em todos os municípios do Piauí, especialmente sob regime  
15 de sequeiro, sendo considerada uma das principais culturas de subsistência. O Piauí é o  
16 segundo maior produtor de feijão-caupi do Nordeste, com uma área 230.900 ha e produção  
17 de 82.600 t, porém sua produtividade é a menor da região, alcançando apenas 358 kg ha<sup>-1</sup>  
18 (CONAB, 2008). A sensibilidade do feijão-caupi à escassez de água no solo, aliada às  
19 incertezas climáticas, principalmente às relacionadas com a distribuição irregular das chuvas  
20 de um ano para o outro e de um local para outro, determinam esses baixos rendimentos, bem  
21 como a oscilação da produção anual dessa cultura no Piauí (Mousinho, 2006).

22 A deficiência hídrica é uma das maiores causas de redução na produtividade agrícola  
23 principalmente por afetar todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento da planta,  
24 incluindo modificações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, sendo que os

1 prejuízos estão diretamente relacionados à sua duração, severidade e estágio de  
2 desenvolvimento da cultura (Bezerra et al., 2003).

3       As variáveis agronômicas exercem grande influência, não somente no crescimento  
4 vegetativo das plantas, mas, sobretudo no seu desempenho em relação às características  
5 produtivas (Nogueira & Silva Jr, 2001). Estudos levados a efeito com as plantas cultivadas  
6 necessitam do conhecimento de suas áreas foliares em fases de seu desenvolvimento, que de  
7 uma maneira geral, apresenta-se como importante parâmetro na determinação da capacidade  
8 fotossintética, da densidade ótima de plantio, da relação solo-água-plantas e da nutrição. Desta  
9 forma, a área foliar relaciona-se, com o metabolismo da planta, produção de matéria seca e  
10 produtividade (Severino et al., 2004), sendo um importante fator de produção e determinação  
11 de uso da água das plantas, quando exposta a déficit hídrico (Fernández et al., 1996).  
12 Situação essa observada por Costa et al. (1997), Matsui & Singh (2003) em pesquisas com  
13 feijão-caupi. Segundo Netto et al. (2005), a determinação indireta do teor de clorofila nas  
14 folhas pode ser utilizada como ferramenta para diagnosticar a integridade do aparato  
15 fotossintético quando as plantas estão submetidas a adversidades ambientais. De acordo com  
16 Lee (1988), estudos evidenciaram que o teor de clorofila varia muito entre as espécies, assim  
17 como entre genótipos de uma mesma espécie. Nessa situação, estudos que visam à seleção de  
18 variedades que apresentem tolerância aos estresses abióticos, se constituem numa alternativa  
19 importante e viável para elevar a estabilidade de produção e a produtividade.

20       A tolerância da planta ao déficit hídrico parece ser uma importante defesa para manter  
21 o processo produtivo em condições de baixa disponibilidade de água às plantas. Nas áreas  
22 semi-áridas, mais sujeitas à distribuição irregular das chuvas e a ocorrência de veranicos  
23 longos, devem ser recomendado o uso de cultivares mais rústicas, tolerantes a estresses  
24 hídricos e com maior capacidade de recuperação após uma estiagem. Segundo Davis et al.

1 (2008) o feijão-caupi é mais resistente à seca do que o feijão comum. Daí a razão de ser  
2 cultivado na maioria dos países situados nas regiões tropicais.

3 Nesse contexto o presente estudo avaliou o efeito do déficit hídrico em feijão-caupi  
4 durante a fase reprodutiva, visando à identificação de genótipos tolerantes à seca, baseado em  
5 determinações do índice de área foliar, teor de clorofila, componentes de produção e  
6 rendimento de grãos, nas condições de solo e clima de Teresina, PI.

### 7 **Material e Métodos**

8 Foram conduzidos dois experimentos, um com irrigação plena e outro com déficit  
9 hídrico durante a fase reprodutiva do feijão-caupi, no campo experimental da Empresa  
10 Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Meio-Norte, localizada em Teresina, PI (05°  
11 05' de latitude sul; 42° 48' de longitude oeste e 74,4m de altitude), no período de agosto a  
12 outubro de 2008. O clima do município é do tipo Aw (clima tropical de estações úmida e  
13 seca), segundo a classificação de Köppen. As médias anuais de umidade relativa do ar e  
14 precipitação pluviométrica são de 72,6% e 1.336 mm, respectivamente, concentrando a  
15 maioria das chuvas nos meses de janeiro a abril (Bastos et al., 2008). Os valores médios  
16 mensais de temperatura máxima, média e mínima do ar para os meses de agosto a outubro,  
17 foram 36,6 °C, 29 °C e 21,9° C, respectivamente, e a umidade relativa média e o total de  
18 precipitação durante os meses de agosto a outubro foram de 53% e 9 mm, respectivamente.

19 O solo da área experimental é um Argissolo Amarelo de textura franco-arenosa. A  
20 análise química do solo à profundidade de 0-45 cm apresentou em média: Densidade do solo  
21 =1,36 kg dm<sup>-3</sup>; pH em água (1:2,5) = 5,24; P = 2,50 mg dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 0,10 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> =  
22 1,92 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 0,79 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Na<sup>+</sup> = 0,19 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> = 3,29 cmol<sub>c</sub>  
23 dm<sup>-3</sup>; CTC = 6,28 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V = 49,40 %. A análise de solo mostrou a necessidade de  
24 correção da acidez e a calagem foi feita com base no método da saturação por bases.

1 O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com 20 tratamentos e quatro  
2 repetições. Os tratamentos foram constituídos de 20 genótipos, a saber: Pitiúba, Tvu 36, TE-  
3 898, Capela, Canapuzinho, Canapu-BA, Canapuzinho-PE, CNCx 689-128G, BR17-  
4 Gurguéia, BRS-Paraguaçu, Patativa, (TE96-290-12G) cv. BRS Xiquexique (Freire Filho et  
5 al., 2008), Pingo-de-ouro-1, Pingo-de-ouro-2, Pingo-de-ouro-1-2, Canapuzinho-2, EPACE-  
6 10, IPA-206, Tracuateua-192 e Santo Inácio. As sementes foram originadas do banco de  
7 germoplasma da Embrapa Meio-Norte.

8 As parcelas consistiram de uma área de 3,20 m x 5,0 m, totalizando 16 m<sup>2</sup>, compostas  
9 de quatro fileiras de plantas dispostas no espaçamento de 0,8 m x 0,25 m. Semearam-se  
10 manualmente quatro sementes por cova no dia 06 de agosto de 2008, realizando-se o desbaste  
11 aos 15 dias após semeadura (DAS), deixando-se duas plantas por cova, totalizando um stand  
12 final de 100.000 plantas por hectare. A área útil para coleta de dados constou das duas fileiras  
13 centrais. A adubação constou da aplicação em fundação de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, 40 kg ha<sup>-1</sup> de  
14 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Durante a condução do experimento, vários tratos culturais foram  
15 realizados de modo a manter a área livre de plantas invasoras, pragas e doenças. Aos 22 e 30  
16 DAS, aplicou-se adubo foliar composto de macro e micronutrientes (Niphokan a 1%),  
17 visando o bom desenvolvimento da parte aérea.

18 A irrigação foi feita por um sistema de aspersão convencional fixo, com aspersores  
19 espaçados em 12 m x 12 m, com bocais de 3,4 mm x 2,6 mm de diâmetro e vazão de 1,07 m<sup>3</sup>  
20 h<sup>-1</sup> a uma pressão de serviço de 20 m.c.a. O cálculo destas lâminas foram realizados com base  
21 na evapotranspiração de referência estimada por Penman-Monteith e nos coeficientes de  
22 cultura (Kc) por fase fenológica, obtidos por Ferreira et al. (2008), para as condições  
23 edafoclimáticas locais.

24 Os dados climatológicos utilizados para estimativa da ETo foram obtidos em uma  
25 estação agrometeorológica automática distante aproximadamente 500 m da área

1 experimental. O teor de água no solo foi monitorado diariamente por meio da sonda de  
2 capacitância Diviner 2000<sup>®</sup>, em camadas de 0,10 m, até 0,70 m de profundidade, a partir dos  
3 25 DAS até o final do ciclo da cultura. O valor da capacidade de campo (-10 kPa)  
4 considerando a camada de 0 a 0,45 m foi de 21,0% e ponto de murcha permanente (-1.500  
5 kPa) de 9,0% a base de volume.

6 Determinou-se semanalmente, a partir dos 16 DAS o índice da área foliar (IAF – Índice  
7 da Área Foliar), estimado pela média de quatro leituras (uma acima e três abaixo do dossel)  
8 com um ceptômetro (LAI-2000 Plant Canopy Analyser – Li-Cor) em cada parcela. A relação  
9 entre a luz incidente em cima da cultura e embaixo da copa das plantas fornece a  
10 transmitância de cada ângulo, que é inversamente proporcional ao IAF (Hoffman &  
11 Blomberg, 2004). Em adição fez-se o monitoramento do teor de clorofila das plantas por  
12 meio do medidor eletrônico clorofiLOG, modelo CFL 1030. As medidas do teor de clorofila  
13 total (ICF) foram feitas semanalmente durante todo ciclo da cultura, tomando-se folhas de  
14 duas plantas marcadas em cada parcela dos experimentos com e sem estresse hídrico  
15 (FALKER, 2008).

16 Por ocasião da colheita, foram determinados: número de vagens por planta (NVP),  
17 número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos  
18 (PG), corrigindo esse peso para 13% de umidade. Os resultados foram submetidos à análise  
19 de variância, tendo sido realizada a comparação entre médias, pelo teste de Scott-Knott, a 5%  
20 de probabilidade, por meio do programa SAEG<sup>®</sup> 9.0/UFV.

## 21 **Resultados e Discussão**

22 O déficit hídrico foi imposto a partir dos 33 aos 44 DAS. Na Figura 2, observa-se que  
23 as variações na umidade no solo sob os dois regimes de irrigação foram semelhantes (entre  
24 21% e 15% em volume) até os 33 DAS, onde a partir desta data, a umidade do solo na  
25 condição de estresse hídrico ficou abaixo dos 15%.

1           No experimento sem déficit hídrico a umidade média do solo foi de 17,30%, e variou  
2 entre 21% e 15% durante todo o ciclo da cultura. Este menor valor de umidade do solo  
3 correspondeu a uma tensão crítica de -52 kPa. Para o feijão-caupi, segundo Gomes Filho &  
4 Tahin (2002) a tensão máxima, ou, o teor mínimo de umidade na qual a cultura responde com  
5 rendimento ótimo, situa-se acima de -50,0 kPa, sendo que tensões mais negativas a partir  
6 deste ponto representam déficit hídrico para a cultura. Na condição estressada (Figura 2)  
7 observa-se uma redução da umidade do solo a partir dos 33 DAS, início da imposição do  
8 estresse hídrico. Nestas condições observou-se uma variação média de 14,0% de umidade do  
9 solo, para todo o ciclo da cultura, chegando a um valor crítico de 11,5%, aos 44 DAS, final  
10 da imposição do déficit hídrico. Este baixo valor de umidade do solo sob estresse hídrico  
11 correspondeu a uma tensão crítica de -282 kPa. A partir dos 44 DAS foi reiniciado a  
12 irrigação, elevando-se o teor de água no solo até 15% (-52 kPa). Observou-se que a tensão na  
13 condição de irrigação plena se manteve acima da faixa de umidade crítica, onde figuraria  
14 déficit de água no solo. No experimento que sofreu a supressão hídrica, a tensão crítica  
15 baixou com a imposição do déficit hídrico e permaneceu abaixo da tensão limite (-50 kPa),  
16 até o final do ciclo da cultura, configurando um estresse hídrico moderado. Considerando o  
17 nível de esgotamento de água no solo, constatou-se que as tensões críticas corresponderam a  
18 um consumo máximo de 50% e 80% da água disponível do solo, para os experimentos sem e  
19 com déficit hídrico, respectivamente.

20           Os valores médios do índice de área foliar (IAF) estão representados na Figura 3. Os  
21 genótipos estudados tiveram seus IAF's, na floração, reduzidos pela imposição do déficit  
22 hídrico, com uma redução média geral de 28%. Resultados semelhantes foram obtidos por  
23 Costa et al. (1997), e Matsui & Singh (2003). Segundo Taiz & Zeiger (2004), existe uma  
24 estreita relação entre a disponibilidade de água no solo e a área foliar, sendo menor o



1 crescimento foliar com a redução da umidade do solo, sugerindo uma grande sensibilidade  
2 desta variável à deficiência hídrica.

3       Para as condições de irrigação plena o valor máximo de IAF foi 5,0, para o genótipo  
4 BRS-Paraguaçu, o menor foi de 3,9 para o Pingo-de-ouro-1 e o valor médio obtido durante  
5 todo o ciclo da cultura foi de 4,5. Estes resultados foram superiores aos obtidos por Bastos et  
6 al. (2002), que encontraram valores máximos do IAF variando de 3 a 4,3, para a cultivar de  
7 feijão-caupi BR 14 Mulato, e um IAF de 3 para a cultivar BR17-Gurguéia aos 47 dias após a  
8 semeadura. Entretanto, Lima Filho (2000) verificou um IAF de 2,8 para a cultivar Pitiúba.  
9 Estes elevados IAF's encontrados no presente estudo devem ser resultado da aplicação de  
10 macro e micronutrientes via foliar durante o ciclo da cultura, fazendo com que houvesse uma  
11 maior expansão da área foliar. De acordo com Summerfield (1985), um IAF acima de 3  
12 significa que a planta atingiu o máximo de cobertura foliar para uma máxima interceptação  
13 de luz, com isso ótima produção de fotoassimilados.

14       Quando se avaliou os tratamentos sob déficit hídrico, verificaram-se valores de IAF  
15 máximo, mínimo e médio de 4,3, 2,5 e 3,2, respectivamente. Sete genótipos apresentaram  
16 IAF acima da média geral. Os genótipos BRS-Paraguaçu, e Pingo-de-ouro-2 e Pingo-de-  
17 ouro-1-2 mantiveram os maiores IAF, tanto sob boas condições hídricas quanto sob déficit  
18 hídrico. Resultados semelhantes foram observados em feijão-comum por Bascur et al. (1985),  
19 que constataram que a cultivar mais resistente à seca, Negro Argel, apresentou maior  
20 manutenção da área foliar sob déficit hídrico, resultando em maior produtividade. Boyer  
21 (1985) sugere que o melhoramento do desempenho de cultivares para as condições de seca  
22 deve ser pelo menos em parte, na manutenção do IAF. Por outro lado, Fischer & Kohn  
23 (1966) afirmam que a redução do IAF após floração determina aumento da produtividade,  
24 constituindo-se em um mecanismo de resistência à seca ao controlar a perda de água e  
25 ocasionar o retardamento do estabelecimento do déficit hídrico. A redução da área foliar em

1 plantas sob déficit hídrico pode se traduzir numa estratégia de sobrevivência, com o intuito  
2 de diminuir a área disponível à transpiração (Correia & Nogueira, 2004).

3 Tomando como base as considerações acima, parece coerente afirmar que o déficit  
4 hídrico imposto na fase reprodutiva permitiu a redução da área foliar fosse acionada em todos  
5 os genótipos. No entanto, as maiores reduções no IAF foram observadas nos genótipos  
6 CNCx-689-128, Santo Inácio, Patativa e Tracuateua-192, que sofreram reduções de 33%,  
7 34%, 39% e 44%, respectivamente. Resultando, naturalmente, na redução da área  
8 fotossintética ativa e, por conseguinte, no rendimento de grãos. Esta observação está de  
9 acordo com os resultados de Mendes et al. (2007), que comprovaram que a capacidade da  
10 área foliar suportar a produção de grãos, caiu sensivelmente nos cultivares Epace-10 e  
11 Seridó, quando o déficit hídrico foi aplicado na fase reprodutiva. Tal redução constitui um  
12 mecanismo morfológico de defesa, pois a redução da interface entre a planta e a atmosfera  
13 reduz a transpiração, o que é positivo, porém também reduz a assimilação fotossintética, o  
14 que é negativo para a produção. Com área foliar menor, há diminuição na transpiração,  
15 conservando água no solo por período mais longo (Taiz & Zeiger, 2004). De acordo  
16 Fernández et al. (1996), o uso da água pelas plantas é determinada pela área foliar e, uma vez  
17 exposta ao déficit hídrico esta é diminuída.

18 Em relação ao teor de clorofila total (ICF), constatou-se que a redução na  
19 disponibilidade hídrica do solo fez com que houvesse decréscimo nos teores dos pigmentos  
20 clorofilianos nas folhas dos 20 genótipos (Figura 4). Verificou-se uma redução média geral  
21 de 19% no ICF nas plantas que sofreram a imposição do déficit hídrico. Estes resultados  
22 diferem dos obtidos por Lima (2008), que não registrou variações significativas no ICF  
23 passíveis de correlação com os efeitos da deficiência hídrica. Esse mesmo autor verificou que  
24 as cultivares pertencentes à espécie *V. unguiculata* apresentaram ICF ligeiramente superiores  
25 aos observados no cultivar da espécie *P. vulgaris*, fato que pode estar correlacionado com as

1 maiores taxas de fotossíntese líquida observadas no feijão-caupi quando comparado com o  
2 feijão comum. Entretanto estes resultados do ICF foram semelhantes ao obtido por  
3 Gonçalves (2008) em cana-de-açúcar sob estresse severo (esgotamento de 80% da água  
4 disponível), que encontrou redução de 19,6%. No entanto, foi inferior à obtida por Cruz  
5 (2006) em milho, que encontrou redução acima de 30% no teor de clorofila total em casa-de-  
6 vegetação.

7 Os ICF's (clorofila a + clorofila b) dos genótipos sob irrigação plena apresentaram  
8 valores máximo, mínimo e médio de 83, 58 e 68, respectivamente, com uma variação de 30%  
9 entre o maior e o menor ICF. Enquanto nas condições de estresse hídrico estes ICF's  
10 máximo, mínimo e médio foram de 73, 42 e 55, respectivamente. Resultando em uma  
11 variação de 43%. O genótipo CNCx 689-128G apresentou a menor redução no ICF médio,  
12 alcançando apenas 6%. Essa menor redução do ICF quando se impôs o déficit hídrico, não  
13 resultou em maiores PG, mas o classificou no grupo dos genótipos com a PG de grãos  
14 intermediária. Este resultado é devido ao baixo ICF apresentado pelo mesmo sob condições  
15 de suprimento hídrico adequado. Por outro lado, o genótipo Pingo-de-ouro-1 apresentou a  
16 maior redução no ICF (34%), No entanto, a PG do mesmo não foi a mais afetada,  
17 possivelmente devido tido uma menor redução (68%) no NVP que o genótipo Tracuateua-  
18 192 que teve uma redução de 86% no ICF. O que refletiu em elevada redução no rendimento  
19 de grãos. Os genótipos que apresentam as maiores PG, tiveram uma redução média de apenas  
20 12% e 13% no ICF (BRS-Paraguaçu e Pingo-de-ouro-1-2).

21 Por sua vez, o comportamento dos genótipos, analisados separadamente, foi  
22 diferenciado quanto ao ICF. Os genótipos BRS-Paraguaçu, Pingo-de-ouro-1 e Pingo-de-ouro-  
23 1-2 apresentaram como característica marcante, maior estabilidade no ICF, tendo em vista  
24 que as plantas submetidas ao estresse hídrico comportaram-se de forma semelhante às sob  
25 irrigação plena, apresentando valor superior aos demais genótipos. A resposta apresentada

1 pelos genótipos acima quanto ao ICF pode ser uma característica importante, pois os mesmos  
2 podem aumentar sua eficiência na absorção de radiação solar, conseqüentemente maior taxa  
3 fotossintética, resultando por sua vez em maiores rendimentos de grãos.

4 Na Tabela 2 são apresentados os valores médios do número de vagens por planta  
5 (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de  
6 grãos (PG) sob dois regimes hídricos (sem e com estresse hídrico). Houve diferenças  
7 significativas entre os genótipos para todas estas variáveis estudadas. A deficiência hídrica  
8 determinou reduções no número de vagens por planta e no rendimento de grãos de todos os  
9 tratamentos. Estes resultados estão em acordo com os obtidos por Carvalho et al. (2000), que  
10 estudando o efeito do déficit hídrico sobre o rendimento do feijão-caupi em casa de  
11 vegetação, constatou que o rendimento de grão e número de vagens por planta foram  
12 reduzidos com o aumento do déficit hídrico, independentemente da etapa fenológica em que  
13 esse ocorreu.

14 A variável NVP foi muito afetada pelo nível do estresse hídrico aplicado e com mais  
15 severidade que o ocorrido nos outros componentes de produção. Observou-se que o NVP  
16 sofreu uma redução média de 175% quando da imposição do déficit hídrico. Estes resultados  
17 concordam com os de Ferreira (1991), que verificou reduções significativas no cv. Pitiúba,  
18 quando o estresse hídrico ocorreu na fase reprodutiva e foi superior aos encontrados por  
19 Costa et al. (1997), que verificaram uma redução de apenas 31% para este componente de  
20 produção quando estudaram o efeito do déficit hídrico na produção, componentes de  
21 produção e distribuição das raízes das cultivares de feijão-caupi Pitiúba, Setentão e Epace-10.  
22 No entanto, segundo Mendes et al. (2007) o estresse hídrico imposto tanto na fase vegetativa,  
23 quanto na reprodutiva, reduziu significativamente o NVP produzidas nas cultivares Epace-10  
24 e Seridó. Nascimento et al. (2004) estudando variação de níveis de água disponível no solo  
25 sobre cultivares de feijão-caupi, observaram que para os níveis de água disponível no solo de

1 40% e 60%, a cultivar IPA 206 sofreu efeitos extremamente negativos sobre os componentes  
2 de produção, especialmente sobre o número de vagens por planta, evidenciando-se ser este  
3 um componente de produção muito vulnerável ao déficit hídrico. A redução deste  
4 componente parece ser o principal fator de decréscimos na produção de grãos de feijão-caupi.  
5 Segundo Leite et al. (2000), tal comportamento pode ser explicado como um dos mecanismos  
6 de resistência à seca utilizados por esta cultura, no sentido de buscar melhores condições para  
7 superar a falta de água.

8 O número de grãos por vagem (NGV) foi afetado pela deficiência hídrica, assim como  
9 os genótipos mostraram diferenças significativas entre si quanto a esta variável. Estes  
10 resultados concordam com os obtidos por Bezerra et al. (2003) e Nascimento et al. (2004),  
11 que encontraram reduções no número de grãos vagem com aplicação do estresse hídrico na  
12 fase de floração e enchimento de grãos. Porém, Ferreira et al. (1991) trabalhando com  
13 estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva de dois cultivares de feijão-caupi, Mendes  
14 et al. (2007) estudando relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência  
15 hídrica, e Lima (2008), não verificaram diferenças significativas para o NGV. De acordo com  
16 estes autores, essas são características de produção normalmente resistentes às modificações  
17 induzidas por estresse ambiental. De acordo com a Tabela 2, observou-se que o genótipo  
18 Tracuateua-192 apresentou o menor número de grãos por vagem tanto sob irrigação plena  
19 como sob deficiência hídrica.

20 A massa de cem grãos não sofreu redução com a imposição do déficit hídrico (Tabela  
21 2). Estes resultados corroboram com os obtidos por Ferreira et al. (1991) e Costa et al.  
22 (1997), que não encontraram diferenças significativas para esta variável. Os genótipos Pingo-  
23 de-ouro-1-2, Pingo-de-ouro-2, BRS Xiquexique, Tracuateua-192, Canapuzinho-2 e  
24 Canapuzinho apresentaram os valores mais elevados na MCG em condições de estresse  
25 hídrico, porém, este fato não resultou em maiores produtividades, pelo contrário o genótipo

1 Tracuateua-192 apesar de ter a MCG aumentada com a imposição do déficit, teve, porém, a  
2 menor produtividade entre todos os genótipos estudados. Lima (2008) não verificou reduções  
3 significativas no valor desta variável para o feijão-caupi, quando o estresse hídrico foi  
4 imposto durante o período reprodutivo. Segundo Shouse et al. (1981), este componente de  
5 produção reflete a relação entre fonte e dreno. Quando a MCG é reduzida, isto indica que a  
6 produção foi limitada na fonte. Este fato pode ocorrer em virtude do grande número de  
7 vagens, como no caso dos tratamentos adequadamente irrigados, ou pelo efeito do estresse  
8 hídrico sobre a fotossíntese ou translocação de fotoassimilados. A maior massa de grãos pode  
9 refletir uma compensação para limitações de tamanho do dreno. Estes autores encontraram  
10 em feijão-caupi resultados que discordam dos dados obtidos no presente experimento, pois  
11 em resposta ao déficit hídrico na fase de frutificação, a massa de cem grãos foi reduzida  
12 significativamente.

13 Para a produtividade de grãos (PG) apresentada na Tabela 2, verificou-se diferenças  
14 significativas entre os genótipos nas duas condições hídricas. Sob irrigação plena, dez  
15 genótipos produziram acima da média, com destaque para os genótipos BRS-Paraguaçu,  
16 Pingo-de-ouro-1-2, CNCx 689-128G e Canapuzinho-2.

17 Observou-se uma redução média de 60% na PG, quando se contrastou a condição de  
18 irrigação plena com a condição de deficiência hídrica. Resultados similares foram alcançados  
19 por Shouse et al. (1981) e por Costa et al. (1997) para mesma cultura, onde o mesmo  
20 encontrou PG média de 1.117 Kg ha<sup>-1</sup> para condição de suprimento hídrico adequado e 584  
21 Kg ha<sup>-1</sup> quando da imposição da supressão hídrica na fase reprodutiva, o que resultou em  
22 uma redução de 52% na PG. Estudos de Bezerra et al. (2003) também concordam com os  
23 resultados do presente estudo, onde os mesmos verificaram redução na PG de 59%. Porém,  
24 esta redução foi menor que a encontrada por Carvalho et al. (2000), que constataram redução  
25 de 81% na PG, quando trabalharam com déficit hídrico na fase reprodutiva de feijão-caupi

1 em casa de vegetação. Provavelmente esta elevada redução seja devido ao efeito de altas  
2 temperaturas ambientes dentro da casa de vegetação (média de 40°C). Tais temperaturas são  
3 prejudiciais ao feijão-caupi e, especialmente quando ocorrem na pré-floração, causa redução  
4 no pegamento floral implicando em redução no número de vagens por planta e na PG. O  
5 grupo dos genótipos que produziu acima da média sofreu uma redução de 54% na PG. Nesse  
6 grupo destaca-se o genótipo BRS-Paraguaçu, que apresentou uma redução média de 52%.  
7 Entretanto no grupo de genótipos com PG abaixo da média, verificou-se uma redução de  
8 70% na PG, com as maiores reduções sendo observadas nos genótipos Santo Inácio e  
9 Tracuateua-192, que sofreram reduções de 74% e 83%, respectivamente.

### 10 **Conclusões**

11 1. O déficit hídrico reduz o índice de área foliar, o teor de clorofila, o número de vagens  
12 por planta e a produção de grãos.

13 2. Os genótipos BRS-Paraguaçu e Pingo-de-ouro-1-2 e Pingo-de-ouro-1 revelam  
14 comportamento para tolerância à seca.

15 3. Os genótipos Santo Inácio e Tracuateua-192 apresentam alta sensibilidade ao déficit de  
16 água no solo, com marcante redução na área foliar, teor de clorofila e rendimento de grãos.

### 17 **Referências**

18 BASCUR, G.; OLIVA, M.A.; LAING, D. Termometria infrarroja en seleccion de genotipos  
19 de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a sequia. II. Crecimiento y productividad.  
20 **Turrialba**, San José, v.35, p.49-53, 1985.

21 BASTOS, E.A.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. **Boletim Agrometeorológico do ano de 2008**  
22 **para o município de Teresina, PI**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009, 37p. (Embrapa  
23 Meio-Norte. *Documentos*, 181).

- 1 BASTOS, E.A.; RODRIGUES, B.H.N.; ANDRADE ÚNIOR, A.S. CARDOSO, M.J.  
2 Parâmetros de crescimento do feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia**  
3 **Agrícola**, v.22, n.1, p.43-50, 2002.
- 4 BEZERRA, F.M.L.; ARARIPE, M.A.E.; TEÓFILO, E.M.; CORDEIRO, L.G.; SANTOS,  
5 J.J.A. Feijão-caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica**,  
6 v.34, n.1, 2003.
- 7 BOYER, J.S. Water transport. **Annual Review of Plant Physiology**, v.36, p.473-516, 1985.
- 8 CARVALHO J.A.; PEREIRA, G.M.; ANDRADE, M.J.B.; ROQUE M. W. Efeito do déficit  
9 hídrico sobre o rendimento do feijão caupi (*vigna unguiculata* (L.) Walp). **Ciência**  
10 **Agrotécnica**, Lavras, v.24, n.3, p.710-717, 2000.
- 11 CONAB. **Oitavo levantamento de avaliação da safra 2007/2008**. Brasília, 2008. 22p.  
12 Disponível em:  
13 [http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra8\\_levamtamento\\_mai2008.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra8_levamtamento_mai2008.pdf). Acesso  
14 em: 30 out. 2008.
- 15 CORREIA, G.K.; NOGUEIRA, C.M.J.R. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis*  
16 *hypogae* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, n.2, v.4,  
17 2004.
- 18 COSTA, M.M.M.N.; TÁVORA, F.J.A.F.; PINHO, J. L. N.; MELO, F. I. O. Produção,  
19 componentes de produção, crescimento e distribuição das raízes de caupi submetido à  
20 deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.1, p.43-50, 1997.
- 21 CRUZ, R.F.D.DA. **Indução e recuperação do stresse hídrico em variedades portuguesas**  
22 **de milho**. 2006. 182 p. Dissertação Mestrado-Universidade do Minho, Portugal, 2006.
- 23 DAVIS, D.W.; OELKE, E.A.; OPLINGER, E.S.; DOLL, J.D.; HANSON, C.V.; PUTNAM,  
24 D.H. **Cowpea**. Disponível em: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/cowpea.html>.  
25 Acesso em: 11 dez. 2008.



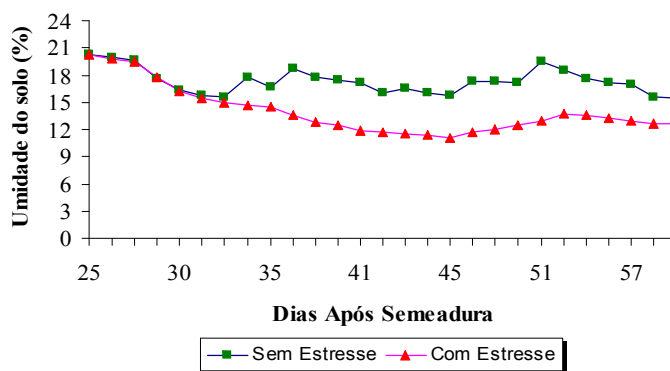
- 1 FALKER. CFL1030 – *clorofi*LOG – **Medidor Eletrônico de Teor de Clorofila**. Disponível  
2 em: <http://www.falker.com.br/>. Acesso em 28 de nov. de 2008.
- 3 FERNÁNDEZ, C.J.; McINNES, K.J.; COTHREN, J.T. Water status and leaf area production  
4 in water-and nitrogen-stressed cotton. **Crop Science**, Madison, v.36, p.1224-1233, 1996.
- 5 FERREIRA, L.G.R.; COSTA, J.O.; ALBUQUERQUE, I.M. Estresse hídrico nas fases  
6 vegetativa e reprodutiva de dois cultivares de caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**,  
7 v.26, n.7, p.1049-1055, 1991.
- 8 FERREIRA, V. M.; BASTOS, A. E.; ANDRADE JUNIOR, A. S.; MASCHIO. R.; SILVA,  
9 E. M. Crop coefficient of the cowpea in Teresina, Piauí state, Brazil. In: CONGRESSO  
10 BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 37. 2008, Foz do Iguaçu, Anais... Foz do  
11 Iguaçu: SBEA, 2008. 1 CD-ROM.
- 12 FISCHER, R.A.; KOHN, G.D. The relationship of grain yield to vegetative growth and post-  
13 flowering leaf area in the wheat crop under conditions of limited soil moisture. **Australian**  
14 **Journal of Agricultural Research**, v.17 p.281-295, 1966.
- 15 FREIRE FILHO, F.R.; ROCHA, M.M.; QUEIROZ, V.R.; SITTOLIN, I.M.; CARVALHO,  
16 H.W.L. et al. **BRS Xiquexique: cultivar de feijão-caupi rica em ferro e zinco**. Teresina:  
17 Embrapa Meio-Norte, 2008, 4p. (EMBRAPA-CPAMN. Comunicado Técnico, 209).
- 18 GOMES FILHO, R.R.; TAHIN, J.F. Respostas fisiológicas de cultivares de caupi (*Vigna*  
19 *unquiculata*, (L.) Walp.) eretos e decumbentes a diferentes níveis de irrigação. **Engenharia**  
20 **na Agricultura**, Viçosa, v.10, p.1-4, 2002.
- 21 GONÇALVES, E.R. **Fotossíntese, osmorregulação e crescimento inicial de quatro**  
22 **variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica**. Dissertação (mestrado em  
23 Agronomia: Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências  
24 Agrárias. Rio Largo, 2008.

- 1 HOFFMANN, C.M.; BLOMBERG, M. Estimation of leaf area index of *beta vulgaris* L.  
2 based on optical remote sensing data. **Journal of Agronomy & Crop Science**, Berlin, v.190,  
3 p.197-204, 2004.
- 4 LEE, D.W. Simulating forest shade to study the development ecology of tropical plants:  
5 Juvenile growth in three vines in India. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.4 p.281-  
6 92, 1988.
- 7 LEITE, M. de L.; RODRIGUES, J.D.; VIRGENS FILHO, J.S. das. Efeitos do déficit hídrico  
8 sobre a cultura do caupi, cv. EMAPA- 821. III. Produção. **Revista de Agricultura**, v.75, n.1,  
9 p.9-20, 2000.
- 10 LIMA FILHO, J.M.P. Physiological responses of maize and cowpea to intercropping.  
11 **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.5, p.915-921, 2000.
- 12 LIMA, A.A.F. **Respostas fisiológicas de cultivares de feijão [*phaseolus vulgaris* L. e *vigna***  
13 ***unguiculata* (L.) walp] submetidas à deficiência hídrica: uma alternativa para a**  
14 **agricultura familiar do semi-árido sergipano**. 2008, 112f. Dissertação (Mestrado em meio  
15 ambiente), Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão.
- 16 MATSUI, T.; SINGH, B.B. Root characteristics in cowpea related to drought tolerance at the  
17 seedling stage. **Experimental Agriculture**, v.39, p.29-38, 2003.
- 18 MENDES, R.M.S.; TÁVORA, F.J.A.F.; PITOMBEIR, J.B.; NOGUEIRA, R.J.M.C.  
19 Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência**  
20 **Agronômica**, v.38, n.1, p.95-103, 2007.
- 21 MOUSINHO, F.E.P. **A irrigação do feijão-caupi no Piauí**. Comunicado Técnico, n.5, p.1-  
22 2, 2006.
- 23 NASCIMENTO, J.T.; PEDROSA, M.B.; TAVARES SOBRINHO, J. Efeito da variação de  
24 níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão-caupi, vagens e  
25 grãos verdes. **Horticultura Brasileira**. [online]. v.22, n.2, p.174-177, 2004.

- 1 NETTO, A.T.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J.G. de; BRESSAN-SMITH, R.E.  
2 Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll *a* fluorescence and SPAD-502 readings in  
3 coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, v.104, p.199-209, 2005.
- 4 NOGUEIRA, R.J.M.C.; SILVA JR. Resistência estomática, tensão de água no xilema e teor  
5 de clorofila em genótipos de gravioleira. **Scientia Agrícola**, v.58, n.3, p.491-495, 2001.
- 6 SEVERINO, L.S.; CARDOSO, G.D.; VALE, L.S.; SANTOS, J.W. Método para  
7 determinação da área foliar em mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**,  
8 v.8, n.1, p.753-762, 2004.
- 9 SHOUSE, P.; DASBERG, S.; JURY, W.A.; STOLZY, L.H. Water deficit effects on water  
10 potential, yield, and water use cowpeas. **Agronomy Journal**, Madison, v.73, p.333-336,  
11 1981.
- 12 SUMMERFIELD, R.J.; PATE, J.S.; ROBERTS, E.H.; WIEN, H.C. The physiology cowpea.  
13 In:  
14 SINGH, S.R.; RACHIE, K.O. (Eds.). **Cowpea research, production and utilization**.  
15 Chichester: John Wiley, 1985. p.66-101.
- 16 TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- 17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28

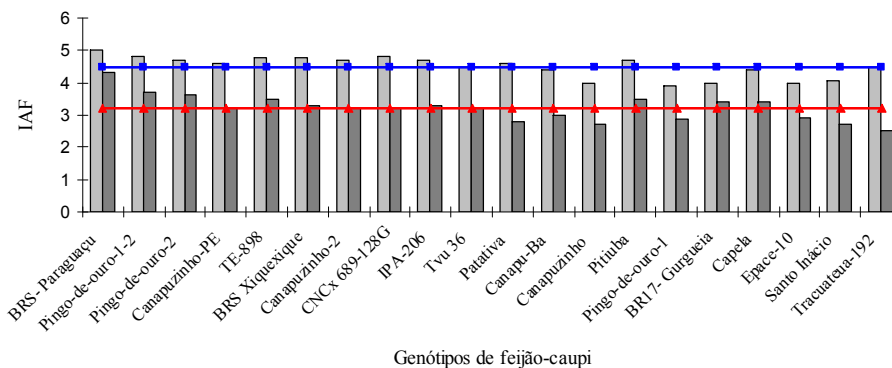
1

## ANEXOS



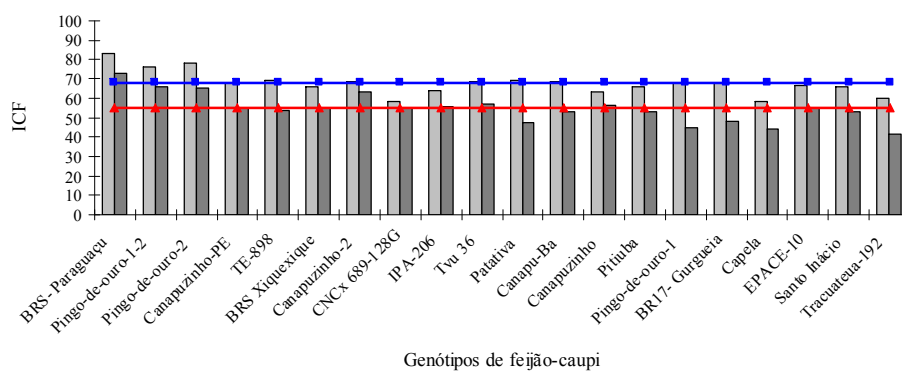
2

3 Figura 1. Variação na umidade média do solo até uma profundidade de 0,70 m, ao longo do ciclo fenológico dos  
4 genótipos de feijão-caupi, sem e com estresse hídrico



5

6 Figura 2. Índice de área foliar (IAF) máximo e médio de 20 genótipos de feijão-caupi submetidos ao estresse  
7 hídrico na fase reprodutiva, para as condições sem e com estresse hídrico, no período de agosto a outubro de  
8 2008



9

10

11 Figura 3. Índice de clorofila total (ICF) máximo e médio de 20 genótipos de feijão-caupi submetidos ao estresse  
12 hídrico na fase reprodutiva, nas condições sem e com estresse hídrico, no período de agosto a outubro de 2008

13

1 Tabela 1. Valores médios<sup>1</sup> do número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa  
 2 de cem grãos (MCG), e produtividade de grãos (PG) de 20 genótipos de feijão-caupi, sob dois regimes hídricos  
 3

| Genótipos         | NVP    |       | NGV    |        | MCG (g) |        | PG (kg ha <sup>-1</sup> ) |       |
|-------------------|--------|-------|--------|--------|---------|--------|---------------------------|-------|
|                   | *SE    | #CE   | SE     | CE     | SE      | CE     | SE                        | CE    |
| BRS- Paraguaçu    | 10,9 a | 4,3 a | 16,9 a | 13,2 a | 16,8 b  | 20,4 b | 1529 a                    | 712 a |
| Pingo-de-ouro-1-2 | 8,1 b  | 3,3 a | 15,2 a | 13,4 a | 23,4 a  | 27,5 a | 1500 a                    | 667 a |
| Pingo-de-ouro-2   | 6,6 c  | 3,1 a | 15,3 a | 13,5 a | 22,5 a  | 24,9 a | 1236 a                    | 642 a |
| Canapuzinho-PE    | 7,1 c  | 3,2 a | 16,0 a | 13,6 a | 22,2 a  | 23,4 a | 1230 a                    | 584 a |
| TE-898            | 6,4 c  | 2,7 b | 15,7 a | 11,7 a | 20,0 a  | 23,2 a | 1023 b                    | 562 a |
| BRS XiqueXique    | 9,0 b  | 3,8 a | 15,2 a | 12,2 a | 17,0 b  | 19,5 b | 1245 a                    | 538 a |
| Canapuzinho-2     | 8,0 b  | 3,2 a | 16,2 a | 13,1 a | 22,5 a  | 24,7 a | 1380 a                    | 533 a |
| CNCx 689-128G     | 8,6 b  | 3,2 a | 15,4 a | 12,6 a | 18,7 b  | 18,7 b | 1408 a                    | 520 a |
| IPA-206           | 8,2 b  | 3,4 a | 16,0 a | 12,6 a | 20,9 a  | 23,0 a | 1194 a                    | 504 a |
| Tvu 36            | 11,2 a | 4,3 a | 16,4 a | 14,7 a | 13,8 c  | 14,1 c | 1074 b                    | 494 a |
| Patativa          | 7,6 c  | 3,0 a | 14,1 b | 12,9 a | 22,3 a  | 23,0 a | 1107 b                    | 480 a |
| Canapu-Ba         | 6,4 c  | 2,7 b | 15,6 a | 13,2 a | 23,4 a  | 22,8 a | 1073 b                    | 463 a |
| Canapuzinho       | 6,9 c  | 2,4 b | 15,4 a | 13,1 a | 22,6 a  | 24,7 a | 1248 a                    | 456 a |
| Pitiuba           | 7,6 c  | 2,3 b | 16,2 a | 14,5 a | 18,3 b  | 20,5 b | 1078 b                    | 386 b |
| Pingo-de-ouro-1   | 7,2 c  | 2,3 b | 14,6 a | 13,2 a | 22,4 a  | 23,8 a | 1276 a                    | 359 b |
| BR17- Gurguéia    | 9,0 b  | 2,4 b | 16,5 a | 14,6 a | 15,0 c  | 16,2 c | 1157 b                    | 342 b |
| Capela            | 4,1 c  | 1,9 b | 15,2 a | 14,6 a | 23,9 a  | 23,0 a | 613 c                     | 338 b |
| Epace-10          | 6,0 c  | 2,0 b | 16,4 a | 13,3 a | 21,8 a  | 24,6 a | 1013 b                    | 320 b |
| Santo Inácio      | 5,7 c  | 1,6 b | 15,3 a | 14,2 a | 20,4 a  | 22,5 a | 947 b                     | 246 b |
| Tracuateua-192    | 9,8 a  | 1,3 b | 12,0 c | 10,9 a | 22,9 a  | 24,9 a | 1024 b                    | 171 b |
| Média             | 7,7    | 2,80  | 15,5   | 13,3   | 20,5    | 22,3   | 1167                      | 466   |
| C.V. (%)          | 18,7   | 7,12  | 7,05   | 10,63  | 10,48   | 10,49  | 18,60                     | 39,7  |

4 <sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

5 \* SE – Sem estresse, # CE – Com estresse

6

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitas são as variáveis fisiológicas, morfologias e bioquímicas estudadas para avaliar modificações nas plantas, sempre correlacionadas umas com outras. A literatura reporta que as plantas de feijão-caupi possuem certa tolerância a escassez de água no solo, entretanto, foi notório o efeito deletério do estresse hídrico sobre crescimento e desenvolvimento do feijão-caupi. Constatou-se que esta cultura é tolerante ao déficit hídrico para manter sua sobrevivência em detrimento do rendimento de grãos.

Sob irrigação plena foi possível observar que, entre os genótipos estudados, o maior rendimento de grãos foi de 1.529 kg ha<sup>-1</sup>. Este valor está abaixo da produtividade potencial da cultura que, sob condições de suprimento hídrico adequado, pode alcançar acima de 2.000 kg ha<sup>-1</sup>. Uma das razões para essa redução de produtividade pode ser atribuída ao estresse térmico sobre a cultura, uma vez que durante o período de condução do experimento, a temperatura máxima do ar chegou próxima a 39°C, limitando a emissão de ramos florais e, conseqüentemente, o rendimento de grãos.

Com os resultados apresentados nesta pesquisa pôde-se observar a ocorrência de alterações morfológicas e fisiológicas em plantas de feijão-caupi quando submetidas às condições de estresse hídrico. De acordo com os resultados obtidos, é possível indicar a avaliação do potencial hídrico foliar, da condutância estomática e da temperatura foliar, como variáveis indicadoras de tolerância à seca, para a seleção de plantas adaptadas à seca. Como também é possível verificar que os genótipos BRS-Paraguaçu, Pingo-de-ouro-1-2, Canapu-BA e CNCx 689-128G e TE898 apresentaram características fisiológicas e produtivas de tolerância à seca, enquanto os genótipos Santo Inácio e Tracuateu-192 não toleram estresse hídrico moderado.

Considerando-se que a tolerância à seca é uma característica predominantemente controlada por um grande número de genes (poligênicas), de difícil manuseio no melhoramento genético clássico, poucos cultivares de feijão-caupi tolerante a este estresse e apresentando a produtividade necessária têm sido obtidos. Dessa maneira, a biologia molecular assume papel-chave na identificação pontual de genes ou regiões genômicas envolvidas nas respostas ao estresse hídrico, por meio do mapeamento genético e desenvolvimento de bibliotecas de EST (Expressed Sequence Tags). Tal identificação poderá propiciar a futura compreensão de rotas metabólicas envolvidas nas respostas fisiológicas ao déficit hídrico. Estudos dessa natureza juntamente com as pesquisas de fenotipagem em

campo, certamente poderão contribuir muito para o lançamento de cultivares tolerantes à seca e, dessa forma, para o aumento da produção de alimentos no mundo.

# ANEXOS



### Instruções aos Autores

#### Línguas e áreas de estudo

Os artigos submetidos à Revista AGRIAMBI podem ser elaborados em Português, Inglês ou Espanhol e devem ser produto de pesquisa nas áreas de Manejo de Solo, Água e Planta, Engenharia de Irrigação e Drenagem, Meteorologia e Climatologia Agrícola, Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, Gestão e Controle Ambiental (esta área contempla apenas artigos que descrevam pesquisas sobre a gestão e o controle ambiental no contexto da agropecuária), Construções Rurais e Ambiência, Automação e Instrumentação, Máquinas Agrícolas e, finalmente Energia na Agricultura.

#### Composição seqüencial do artigo

a) Título: no máximo com 15 palavras, em que apenas a primeira letra da primeira palavra deve ser maiúscula; entretanto, quando o título tiver um subtítulo, ou seja, com dois pontos (:), a primeira letra da primeira palavra do subtítulo (ao lado direito dos dois pontos) deve ser maiúscula.

b) Nome(s) do(s) autor(es):

Deverá(ao) ser separado(s) por vírgulas, sendo por extenso apenas o primeiro nome e o último sobrenome de cada autor, nos quais somente a primeira letra deve ser maiúscula e o último nome separado por &.

Colocar referência de nota no final do último sobrenome de cada autor para fornecer, logo abaixo, endereço institucional, incluindo telefone, fax e E-mail. Os autores pertencentes a uma mesma instituição devem ser referenciados por uma única nota; no entanto, em se

tratando de Universidades, deverá haver uma nota para cada Departamento: exemplo de nota: DCA/UFCG, Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, CEP 58109-970, Campina Grande, PB. Fone(s): (83) 3310-1202; 3310-1201. E-mail(s): [bernardo@dca.ufcg.edu.br](mailto:bernardo@dca.ufcg.edu.br); [vicente@dca.ufcg.edu.br](mailto:vicente@dca.ufcg.edu.br). Colocar C.P. quando existir caixa postal. Não se coloca ponto ao final de cada nota.

O artigo deverá ter no máximo seis autores.

Em relação ao que consta na primeira versão do artigo submetida à Revista, não serão permitidas alterações posteriores na seqüência nem nos nomes dos autores.

- c) Resumo: no máximo com 15 linhas.
- d) Palavras-chave: no mínimo três e no máximo cinco, não constantes no Título, separadas por vírgula e com todas as letras minúsculas.
- e) Título em inglês: terá a mesma normatização do título em Português ou em Espanhol.
- f) Abstract: no máximo com 15 linhas, devendo ser tradução fiel do Resumo. A casa decimal dos números deve ser indicada por ponto ao invés de vírgula.
- g) Key words: terá a mesma normatização das palavras-chave.
- h) Introdução: destacar a relevância da pesquisa, inclusive através de revisão de literatura, em no máximo 2 páginas. Não devem existir, na Introdução, equações, tabelas, figuras nem texto teórico básico sobre determinado assunto, mas, sim, sobre resultados de pesquisa.
- i) Material e Métodos: deve conter informações imprescindíveis que possibilitem a repetição da pesquisa, por outros pesquisadores.
- j) Resultados e Discussão: os resultados obtidos devem ser discutidos e interpretados à luz da literatura.
- k) Conclusões: devem ser numeradas e escritas de forma sucinta, isto é, sem comentários nem explicações adicionais, baseando-se apenas nos resultados apresentados.
- l) Agradecimentos (facultativo)

m) Literatura Citada: O artigo submetido deve ter obrigatoriamente 70% de referências de periódicos, sendo 40% dos últimos oito anos. Não serão aceitas citações bibliográficas do tipo apud ou citado por, ou seja, as citações deverão ser apenas das referências originais.

Para os artigos escritos em Inglês, título, resumo e palavras-chave deverão, também, constar em Português e, para os artigos em Espanhol, em Inglês; vindo em ambos os casos primeiro no idioma principal. Outros tipos de contribuição (Revisão de Literatura e Nota Prévia) para a revista poderão ter a seqüência adaptada ao assunto.

#### Edição do texto

- a) Processador: Word for Windows
- b) Texto: fonte Times New Roman, tamanho 12. Não deverão existir no texto palavras em negrito nem em itálico, exceto para o título, itens e subitens, que deverão ser em negrito, e os nomes científicos de espécies vegetais e animais, que deverão ser em itálico. Em equações, tabelas e figuras não deverão existir itálico e negrito. Evitar parágrafos muito longos devendo, preferencialmente, ter no máximo 60 palavras.
- c) Espaçamento: duplo entre o título, nome(s) do(s) autor(es), resumo e abstract; simples entre item e subitem; e no texto, espaço 1,5.
- d) Parágrafo: 0,5 cm.
- e) Página: Papel A4, orientação retrato, margens superior e inferior de 2,54 cm e esquerda e direita de 3,00 cm, no máximo de 20 páginas não numeradas.
- f) Todos os itens em letras maiúsculas, em negrito e centralizados, exceto Resumo, Abstract, Palavras-chave e Key words, que deverão ser alinhados à esquerda e apenas a primeira letra maiúscula. Os subitens deverão ser alinhados à esquerda, em negrito e somente a primeira letra maiúscula.
- g) As grandezas devem ser expressas no SI (Sistema Internacional) e a terminologia científica deve seguir as convenções internacionais de cada área em questão.
- h) Tabelas e Figuras (gráficos, mapas, imagens, fotografias, desenhos)

As tabelas e figuras devem apresentar largura de 9 ou 18 cm, com texto em fonte Times New Roman, tamanho 9, e ser inseridas logo abaixo do parágrafo onde foram citadas a primeira vez. Exemplos de citações no texto: Figura 1; Tabela 1. Tabelas e figuras que possuem praticamente o mesmo título deverão ser agrupadas em uma única tabela ou figura criando-se, no entanto, um indicador de diferenciação. A letra indicadora de cada sub-figura em uma figura agrupada deve ser maiúscula e com um ponto (exemplo: A.), posicionada ao lado esquerdo superior da figura. As figuras agrupadas devem ser citadas no texto, da seguinte forma: Figura 1A; Figura 1B; Figura 1C. As tabelas e figuras com 18 cm de largura ultrapassarão as margens esquerda e direita de 3 cm, sem nenhum problema.

As tabelas não devem ter tracejado vertical e o mínimo de tracejado horizontal. Exemplo do título, o qual deve ficar acima da tabela: Tabela 1. Estações do INMET selecionadas (sem ponto no final). Em tabelas que apresentam a comparação de médias, mediante análise estatística, deverá haver um espaço entre o valor numérico (média) e a letra. As unidades deverão estar entre parêntesis.

As figuras não devem ter bordadura e suas curvas (no caso de gráficos) deverão ter espessura de 0,5 pt, podendo ser coloridas, mas sempre possuindo marcadores de legenda diversos. Exemplo do título, o qual deve ficar abaixo da figura: Figura 1. Perda acumulada de solo em função do tempo de aplicação da chuva simulada (sem ponto no final). Para não se tornar redundante, as figuras não devem ter dados constantes em tabelas. Em figuras agrupadas, se o título e a numeração dos eixos x e y forem iguais, deixar só um título centralizado e a numeração em apenas um eixo. Gráficos, diagramas (curvas em geral) devem vir em imagem vetorial. Quando se tratar de figuras bitmap (mapa de bit), a resolução mínima deve ser de 300 bpi. Os autores deverão primar pela qualidade de resolução das figuras, tendo em vista boa compreensão sobre elas. As unidades nos eixos das figuras devem estar entre parêntesis, mas sem ser separadas do título por vírgula.

Exemplos de citações no texto

- a) Quando a citação possuir apenas um autor: Folegatti (1997) ou (Folegatti, 1997).
- b) Quando a citação possuir dois autores: Frizzone & Saad (1997) ou (Frizzone & Saad, 1997).
- c) Quando a citação possuir mais de dois autores: Botrel et al. (1997) ou (Botrel et al., 1997).

Quando a autoria do trabalho for uma instituição/empresa, a citação deverá ser de sua sigla em letras maiúsculas. Exemplo: EMBRAPA (2006).

### **Literatura citada**

As bibliografias citadas no texto deverão ser dispostas na lista em ordem alfabética pelo último sobrenome do primeiro autor e em ordem cronológica crescente, e conter os nomes de todos os autores. Citações de bibliografias no prelo ou de comunicação pessoal não são aceitas na elaboração dos artigos.

A seguir, são apresentados exemplos de formatação:

#### a) Livros

Nããs, I. de A. . Princípios de conforto térmico na produção animal. 1.ed. São Paulo: Ícone Editora Ltda, 1989. 183p.

#### b) Capítulo de livros

Almeida, F. de A. C.; Matos, V. P.; Castro, J. R. de; Dutra, A. S. Avaliação da qualidade e conservação de sementes a nível de produtor. In: Hara, T.; Almeida, F. de A. C.; Cavalcanti Mata, M. E. R. M. (eds.). Armazenamento de grãos e sementes nas propriedades rurais. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. cap.3, p.133-188.

#### c) Revistas

Pereira, G. M.; Soares, A. A.; Alves, A. R.; Ramos, M. M.; Martinez, M. A. Modelo computacional para simulação das perdas de água por evaporação na irrigação por aspersão. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.16, n.3, p.11-26, 1997.

#### d) Dissertações e teses

Dantas Neto, J. Modelos de decisão para otimização do padrão de cultivo em áreas irrigadas, baseados nas funções de resposta da cultura à água. Botucatu: UNESP, 1994. 125p. Tese Doutorado

e) Trabalhos apresentados em congressos (Anais, Resumos, Proceedings, Disquetes, CD Roms)

Weiss, A.; Santos, S.; Back, N.; Forcellini, F. Diagnóstico da mecanização agrícola existente nas microbacias da região do Tijucas da Madre. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 25, e Congresso Latino-Americano de Ingeniería Agrícola, 2, 1996, Bauru. Resumos ... Bauru: SBEA, 1996. p.130.

f) WWW (World Wide Web) e FTP (File Transfer Protocol)

Burka, L.P. A hipertext history of multi-user dimensions; MUD history.

<http://www.ccs.neu.edu/home/lpb/mud-history-html>. 10 Nov. 1997.

No caso de CD Rom, o título da publicação continuará sendo Anais, Resumos ou Proceedings mas o número de páginas será substituído pelas palavras CD Rom.

### **Outras informações sobre normatização de artigos**

a) Não colocar ponto no final das palavras-chave, key words e títulos de tabelas e figuras.

b) Na descrição dos parâmetros e variáveis de uma equação deverá haver um traço separando o símbolo de sua descrição. A numeração de uma equação deverá estar entre parêntesis e alinhada à direita: exemplo: (1). As equações deverão ser citadas no texto conforme os seguintes exemplos: Eq. 1; Eqs. 3 e 4.

c) Todas as letras de uma sigla devem ser maiúsculas; já o nome por extenso de uma instituição deve ter maiúscula apenas a primeira letra de cada palavra.

d) Nos exemplos seguintes de citações no texto de valores numéricos, o formato correto é o que se encontra no lado direito da igualdade:

10 horas = 10 h; 32 minutos = 32 min; 5 l (litros) = 5 L; 45 ml = 45 mL; l/s = L s<sup>-1</sup>; 27°C = 27 °C; 0,14 m<sup>3</sup>/min/m = 0,14 m<sup>3</sup> min<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>; 100 g de peso/ave = 100 g de peso por ave; 2 toneladas = 2 t; mm/dia = mm d<sup>-1</sup>; 2x3 = 2 x 3 (deve ser separado); 45,2 - 61,5 = 45,2–61,5 (deve ser junto).

A % é a única unidade que deve estar junto ao número (45%). Quando no texto existirem valores numéricos seguidos, que possuem a mesma unidade, colocar a unidade somente no último valor (Exemplos: 20 m e 40 m = 20 e 40 m; 56,1%, 82,5% e 90,2% = 56,1, 82,5 e 90,2%).

e) Quando for pertinente, deixar os valores numéricos no texto, tabelas e figuras com no máximo duas casas decimais.

f) Os títulos das bibliografias listadas devem ter apenas a primeira letra da primeira palavra maiúscula, com exceção de nomes próprios. O título de eventos deverá ter apenas a 1ª letra de cada palavra maiúscula.

**RECOMENDAÇÃO IMPORTANTE:** Recomenda-se aos autores a consulta na página da Revista ([www.agriambi.com.br](http://www.agriambi.com.br)) de artigos publicados, para suprimir outras dúvidas relacionadas à normatização de artigos, por exemplo, formas de como agrupar figuras e tabelas.

**LEMBRETE IMPORTANTE:** Os artigos que não estiverem integralmente nas normas da Revista serão rejeitados logo por ocasião da submissão.

### **Esclarecimentos sobre a submissão dos artigos**

- a) Os artigos subdivididos em partes I, II etc, devem ser submetidos juntos, pois serão encaminhados aos mesmos consultores.
- b) Caso os autores do artigo já não tenham sido cadastrados anteriormente na página da Revista ([www.agriambi.com.br](http://www.agriambi.com.br)), o autor correspondente deverá fazê-lo através do link [Cadastro](#), da página principal da Revista e, em seguida, cadastrar o artigo. No cadastro de cada autor devem ser por extenso apenas o primeiro nome e o último sobrenome, existindo ponto em cada abreviatura e um espaço entre elas. No cadastro do artigo, colocar os nomes dos autores na mesma seqüência em que aparecem no artigo e separados por ponto e vírgula, porém sem espaço entre os nomes.

c) Enviar pelos correios a seguinte documentação:

Carta de encaminhamento do Autor Correspondente, constando seu endereço completo, telefone e email para contato. Caso o autor correspondente deseje que a Secretaria da Revista lhe envie declaração sobre o recebimento do artigo e/ou fatura referente ao pagamento da taxa de submissão, deverá solicitá-la na carta de encaminhamento, indicando a forma de envio (fax ou endereço).

Declaração ([modelo da Revista](#)) assinada por todos os autores, expressando a concordância e responsabilidade à submissão do artigo e sua eventual publicação na Revista AGRIAMBI, ficando responsável por sua tramitação e correção o Autor Correspondente.

Arquivo em disquete ou CD Rom e três cópias impressas do artigo.

Comprovante de cadastro do artigo na página da Revista.

Comprovante de depósito (Banco do Brasil, agência 1591-1, C/C 1192-4) ou cheque nominal à ATECEL/RBEAA, referente à taxa de submissão, no valor de **R\$ 120,00 (cento e vinte reais)**. Caso o artigo tenha, depois de diagramado, um número de páginas superior a seis, será cobrada a taxa de R\$30,00 (trinta reais) por página excedente.

d) Endereço para encaminhamento

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental  
Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, Bloco CM, 1º andar  
Caixa Postal 10078, CEP 58109-970, Campina Grande, PB

Objetivando evitar extravio, toda correspondência para a Revista deverá ter a caixa postal.

e) Caso o comprovante de pagamento da taxa de submissão não tenha sido enviado junto com o artigo, o mesmo só será protocolado e encaminhado para análise após a Secretaria da Revista ter recebido o referido comprovante, podendo ser enviado através do fax (83) 310 1056 ou pelo e-mail [agriambi@agriambi.com.br](mailto:agriambi@agriambi.com.br).

f) O pagamento da taxa de submissão não garante a aceitação do artigo para publicação na Revista e, em caso de sua não aceitação, a referida taxa não será devolvida.

g) O autor correspondente será informado por e-mail sobre o número de protocolo do artigo; a partir daí, ele poderá acompanhar o processo de análise do artigo, através do link [Situação de Artigos](#) da página principal da Revista. Para qualquer informação sobre o andamento do



artigo solicitada à Secretaria da Revista, o autor deverá fornecer o número de seu protocolo.

### **Procedimentos para análise de artigos**

- a) Numa primeira etapa, todos os artigos serão submetidos a pré-seleção e aqueles que não se enquadrarem na política de publicação da Revista ou, ainda, que não tragam contribuição científica relevante, serão recusados pela Equipe Editorial, com o auxílio de parecer de um Consultor. Os artigos pré-selecionados poderão, por recomendação do Consultor, ser devolvidos ao(s) autor(es) para reformulação, antes de serem encaminhados para uma análise mais aprofundada, por parte de três Consultores e revisor de idiomas.
- b) Com o auxílio dos pareceres e sugestões de Consultores sobre a primeira versão do artigo, a Equipe Editorial poderá recusá-lo ou solicitar ao(s) autor(es) uma segunda versão, que será novamente avaliada, tanto pelos Consultores como pela Equipe Editorial. Em sua segunda versão, o artigo poderá ser recusado, aprovado e/ou devolvido ao(s) autor(es) para uma terceira versão.
- c) Salienta-se que, independente dos pareceres dos Consultores, cabe à Equipe Editorial, em qualquer etapa de análise (pré-seleção e seleção - 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> versões), a decisão final sobre a aprovação do artigo e o direito de sugerir ou solicitar modificações no texto, julgadas necessárias.
- d) A princípio, as sugestões dos Consultores e da Equipe Editorial ao texto dos artigos deverão ser incorporadas pelo(s) autor(es); entretanto, o(s) mesmo(s) tem(êm) o direito de não acatá-las, mediante justificativa expressa, que será analisada pelo(s) Consultor(es) e pela Equipe Editorial.
- e) No caso de aprovação o artigo é encaminhado para uma nova revisão de idiomas e, antes de sua diagramação, se necessário serão solicitadas, ao autor correspondente, informações complementares. Posteriormente, o artigo lido é enviado na forma de documento pdf, para revisão final, o qual comunicará à Equipe Editorial sobre eventuais correções e alterações. Após a incorporação, pela Equipe de Diagramação, das correções solicitadas, os arquivos em formato pdf de determinado número serão disponibilizados no site da Revista ([www.agrambi.com.br](http://www.agrambi.com.br)), e posteriormente no site da SciELO ([www.scielo.br](http://www.scielo.br)), em formato html.

- f) Após publicação, quaisquer erros encontrados por parte de autores ou leitores, quando comunicados à Equipe Editorial, serão corrigidos através de errata no próximo número da Revista.

### **Informações Adicionais**

- a) Os assuntos, dados e conceitos emitidos nesta Revista, são de exclusiva responsabilidade dos autores. A eventual citação de produtos e marcas comerciais não significa recomendação de utilização por parte da Revista. A reprodução dos artigos publicados é permitida, desde que seja citada a fonte.
- b) Os autores terão o prazo máximo para devolução dos artigos corrigidos de quarenta e cinco dias, a partir da data da correspondência da Secretaria da Agriambi; o não cumprimento deste prazo resultará automaticamente em seu cancelamento.



## INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE TRABALHOS NA REVISTA PAB

ISSN 0100-204X versão impressa

ISSN 1678-3921 versão online

### APRESENTAÇÃO DO ARTIGO CIENTÍFICO

O artigo científico deve ter, no máximo, 20 páginas, incluindo-se as ilustrações (tabelas e figuras), que devem ser limitadas a seis, sempre que possível.

A ordenação do artigo deve ser feita da seguinte forma: Artigos em português – Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Referências, tabelas e figuras.

Artigos em inglês – Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Abstract, Index terms, título em português, Resumo, Termos para indexação, Introduction, Material and Methods, Results and Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References, tables, figures.

Artigos em espanhol – Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumen, Términos para indexación; título em inglês, Abstract, Index terms, Introducción, Material y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos, Referencias, cuadros e figuras.

O título, o resumo e os termos para indexação devem ser vertidos fielmente para o inglês, no caso de artigos redigidos em português e espanhol, e para o português, no caso de artigos redigidos em inglês.

#### **Título**

\* Deve representar o conteúdo e o objetivo do trabalho e ter no máximo 15 palavras, incluindo-se os artigos, as preposições e as conjunções.

\* Deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.

\* Deve ser iniciado com palavras chaves e não com palavras como "efeito" ou "influência".

- \* Não deve conter nome científico, exceto de espécies pouco conhecidas; neste caso, apresentar somente o nome binário.
- \* Não deve conter subtítulo, abreviações, fórmulas e símbolos.
- \* As palavras do título devem facilitar a recuperação do artigo por índices desenvolvidos por bases de dados que catalogam a literatura.

### **Nomes dos autores**

- \* Grafar os nomes dos autores com letra inicial maiúscula, por extenso, separados por vírgula; os dois últimos são separados pela conjunção "e", "y" ou "and", no caso de artigo em português, espanhol ou em inglês, respectivamente.
- \* O último sobrenome de cada autor deve ser seguido de um número em algarismo arábico, em forma de expoente, entre parênteses, correspondente à respectiva chamada de endereço do autor.

### **Endereço dos autores**

- \* São apresentados abaixo dos nomes dos autores, o nome e o endereço postal completos da instituição e o endereço eletrônico dos autores, indicados pelo número em algarismo arábico, entre parênteses, em forma de expoente.
- \* Devem ser agrupados pelo endereço da instituição.
- \* Os endereços eletrônicos de autores da mesma instituição devem ser separados por vírgula.

### **Resumo**

- \* O termo Resumo deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda, e separado do texto por travessão.
- \* Deve conter, no máximo, 200 palavras, incluindo números, preposições, conjunções e artigos.
- \* Deve ser elaborado em frases curtas e conter o objetivo, o material e os métodos empregados na pesquisa, os resultados e a conclusão.
- \* O objetivo deve estar separado da descrição de material e métodos.
- \* Não deve conter citações bibliográficas nem abreviaturas.
- \* O final do texto deve conter a principal conclusão, com o verbo no presente do indicativo.

### **Termos para indexação**

- \* A expressão Termos para indexação, seguida de dois-pontos, deve ser grafada em letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- \* Os termos devem ser separados por vírgula e iniciados com letra minúscula.
- \* Devem ser no mínimo três e no máximo seis, considerando-se que um termo pode possuir duas ou mais palavras.
- \* Não devem conter palavras que compõem o título.
- \* Devem conter o nome científico (só o nome binário) da espécie estudada.

### **Introdução**

- \* A palavra Introdução deve ser centralizada na página e grafada com letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.
- \* Deve ocupar, no máximo, duas páginas.
- \* Deve apresentar a justificativa para a realização do trabalho, situar a importância do problema científico a ser solucionado e estabelecer sua relação com outros trabalhos publicados sobre o assunto.
- \* O último parágrafo deve expressar o objetivo, de forma coerente com o descrito no início do Resumo.

### **Material e Métodos**

- \* A expressão Material e Métodos deve ser centralizada na página e grafada em negrito; Os termos Material e Métodos devem ser grafados com letras minúsculas, exceto as letras iniciais.
- \* Deve ser organizado, de preferência, em ordem cronológica.
- \* Deve apresentar a descrição do local, a data e o delineamento do experimento, e indicar os tratamentos, o número de repetições e o tamanho da unidade experimental.
- \* Deve conter a descrição detalhada dos tratamentos e variáveis.
- \* Deve-se evitar o uso de abreviações ou as siglas.
- \* Os materiais e os métodos devem ser descritos de modo que outro pesquisador possa repetir o experimento.
- \* Devem ser evitados detalhes supérfluos e extensas descrições de técnicas de uso corrente.
- \* Deve conter informação sobre os métodos estatísticos e as transformações de dados.
- \* Deve-se evitar o uso de subtítulos; quando indispensáveis, grafá-los em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda da página.
- \* Pode conter tabelas e figuras.

### **Resultados e Discussão**

- \* A expressão Resultados e Discussão deve ser centralizada na página e grafada em negrito; Os termos Resultados e Discussão devem ser grafados com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- \* Deve ocupar quatro páginas, no máximo.
- \* Todos os dados apresentados em tabelas ou figuras devem ser discutidos.
- \* As tabelas e figuras são citadas seqüencialmente.
- \* Os dados das tabelas e figuras não devem ser repetidos no texto, mas discutidos frente aos apresentados por outros autores.
- \* Dados não apresentados não podem ser discutidos.
- \* Não deve conter afirmações que não possam ser sustentadas pelos dados obtidos no próprio trabalho ou por outros trabalhos citados.
- \* As chamadas às tabelas ou às figuras devem ser feitas no final da primeira oração do texto em questão; se as demais sentenças do parágrafo referirem-se à mesma tabela ou figura, não é necessária nova chamada.
- \* Não apresentar os mesmos dados em tabelas e em figuras.
- \* As novas descobertas devem ser confrontadas com o conhecimento anteriormente obtido.

### **Conclusões**

- \* O termo Conclusões deve ser centralizado na página e grafado em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- \* Devem ser apresentadas em frases curtas, sem comentários adicionais, com o verbo no presente do indicativo, e elaboradas com base no objetivo do trabalho.
- \* Não podem consistir no resumo dos resultados.
- \* Devem apresentar as novas descobertas da pesquisa.
- \* Devem ser numeradas e no máximo cinco.

### **Agradecimentos**

- \* A palavra Agradecimentos deve ser centralizada na página e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- \* Devem ser breves e diretos, iniciando-se com "Ao, Aos, À ou Às" (pessoas ou instituições).
- \* Devem conter o motivo do agradecimento.

## **Referências**

- \* A palavra Referências deve ser centralizada na página e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- \* Devem ser de fontes atuais e de periódicos: pelo menos 70% das referências devem ser dos últimos 10 anos e 70% de artigos de periódicos.
- \* Devem ser normalizadas de acordo com as normas vigentes da ABNT.
- \* Devem ser apresentadas em ordem alfabética dos nomes dos autores, separados por ponto-e-vírgula, sem numeração.
- \* Devem apresentar os nomes de todos os autores da obra.
- \* Devem conter os títulos das obras ou dos periódicos grafados em negrito.
- \* Devem conter somente a obra consultada, no caso de citação de citação.
- \* Todas as referências devem registrar uma data de publicação, mesmo que aproximada.
- \* Devem ser trinta, no máximo.

## **Exemplos:**

### **Artigos de Anais de Eventos (aceitos apenas trabalhos completos)**

AHRENS, S. A fauna silvestre e o manejo sustentável de ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 3., 2004, Santa Maria. Anais. Santa Maria: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2004. p.153-162.

### **Artigos de periódicos**

SANTOS, M.A. dos; NICOLÁS, M.F.; HUNGRIA, M. Identificação de QTL associados à simbiose entre *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* e soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.67-75, 2006.

### **Capítulos de livros**

AZEVEDO, D.M.P. de; NÓBREGA, L.B. da; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E. de M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (Ed.). O agronegócio da mamona no Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

### **Livros**

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Sistemas de produção, 6).

### **Teses e dissertações**

HAMADA, E. Desenvolvimento fenológico do trigo (cultivar IAC 24 - Tucuruí), comportamento espectral e utilização de imagens NOAA-AVHRR. 2000. 152p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

### **Fontes eletrônicas**

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais da pesquisa da Embrapa Agropecuária Oeste: relatório do ano de 2003. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 97p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 66). Disponível em: <<http://www.cpao.embrapa.br/publicacoes/ficha.php?tipo=DOC&num=66&ano=2004>>. Acesso em: 18 abr. 2006.

### **Citações**

- \* Não são aceitas citações de resumos, comunicação pessoal, documentos no prelo ou qualquer outra fonte, cujos dados não tenham sido publicados.
- \* A autocitação deve ser evitada.

### **Redação das citações dentro de parênteses**

- \* Citação com um autor: sobrenome grafado com a primeira letra maiúscula, seguido de vírgula e ano de publicação.
- \* Citação com dois autores: sobrenomes grafados com a primeira letra maiúscula, separados pelo "e" comercial (&), seguidos de vírgula e ano de publicação.
- \* Citação com mais de dois autores: sobrenome do primeiro autor grafado com a primeira letra maiúscula, seguido da expressão et al., em fonte normal, vírgula e ano de publicação.
- \* Citação de mais de uma obra: deve obedecer à ordem cronológica e em seguida à ordem alfabética dos autores.
- \* Citação de mais de uma obra dos mesmos autores: os nomes destes não devem ser repetidos; colocar os anos de publicação separados por vírgula.
- \* Citação de citação: sobrenome do autor e ano de publicação do documento original, seguido da expressão "citado por" e da citação da obra consultada.
- \* Deve ser evitada a citação de citação, pois há risco de erro de interpretação; no caso de uso de citação de citação, somente a obra consultada deve constar da lista de referências.

### **Redação das citações fora de parênteses**



\* Citações com os nomes dos autores incluídos na sentença: seguem as orientações anteriores, com os anos de publicação entre parênteses; são separadas por vírgula.

### **Fórmulas, expressões e equações matemáticas**

\* Fórmulas, expressões, símbolos ou equações matemáticas, escritas no editor de equações do programa Word, devem ser enviadas também em arquivos separados, no programa Corel Draw, gravadas com extensão CDR.

\* No texto, devem ser iniciadas à margem esquerda da página e apresentar tamanho padronizado da fonte Times New Roman.

\* Não devem apresentar letras em itálico ou negrito.

### **Tabelas**

\* As tabelas devem ser numeradas seqüencialmente, com algarismo arábico, e apresentadas em folhas separadas, no final do texto, após referências.

\* Devem ser auto-explicativas.

\* Seus elementos essenciais são: título, cabeçalho, corpo (colunas e linhas) e coluna indicadora dos tratamentos ou das variáveis.

\* Os elementos complementares são: notas-de-rodapé e fontes bibliográficas.

\* O título, com ponto no final, deve ser precedido da palavra Tabela, em negrito; deve ser claro, conciso e completo; deve incluir o nome (vulgar ou científico) da espécie e das variáveis dependentes.

\* No cabeçalho, os nomes das variáveis que representam o conteúdo de cada coluna devem ser grafados por extenso; se isso não for possível, explicar o significado das abreviaturas no título ou nas notas-de-rodapé.

\* Todas as unidades de medida devem ser apresentadas segundo o Sistema Internacional de Unidades.

\* Nas colunas de dados, os valores numéricos devem ser alinhados pelo último algarismo.

\* Nenhuma célula (cruzamento de linha com coluna) deve ficar vazia no corpo da tabela; dados não apresentados devem ser representados por hífen, com uma nota-de-rodapé explicativa.

\* Na comparação de médias de tratamentos são utilizadas, no corpo da tabela, na coluna ou na linha, à direita do dado, letras minúsculas ou maiúsculas, com a indicação em nota-de-rodapé do teste utilizado e a probabilidade.

\* Devem ser usados fios horizontais para separar o cabeçalho do título, e do corpo; usá-los ainda na base da tabela, para separar o conteúdo dos elementos complementares.

\* Fios horizontais adicionais podem ser usados dentro do cabeçalho e do corpo; não usar fios verticais.

\* As tabelas devem ser editadas em arquivo Word, usando os recursos do menu Tabela; não fazer espaçamento utilizando a barra de espaço do teclado, mas o recurso recuo do menu Formatar Parágrafo.

### **Notas de rodapé das tabelas**

\* Notas de fonte: indicam a origem dos dados que constam da tabela; as fontes devem constar nas referências.

\* Notas de chamada: são informações de caráter específico sobre partes da tabela, para conceituar dados. São indicadas em algarismo arábico, na forma de expoente, entre parênteses, à direita da palavra ou do número, no título, no cabeçalho, no corpo ou na coluna indicadora. São apresentadas de forma contínua, sem mudança de linha, separadas por ponto.

\* Para indicação de significância estatística, são utilizadas, no corpo da tabela, na forma de expoente, à direita do dado, as chamadas ns (não-significativo); \* e \*\* (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

### **Figuras**

\* São consideradas figuras: gráficos, desenhos, mapas e fotografias usados para ilustrar o texto.

\* Só devem acompanhar o texto quando forem absolutamente necessárias à documentação dos fatos descritos.

\* O título da figura, sem negrito, deve ser precedido da palavra Figura, do número em algarismo arábico, e do ponto, em negrito.

\* Devem ser auto-explicativas.

\* A legenda (chave das convenções adotadas) deve ser incluída no corpo da figura, no título, ou entre a figura e o título.

- \* Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas, e devem ser seguidas das unidades entre parênteses.
- \* Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas; as fontes devem ser referenciadas.
- \* O crédito para o autor de fotografias é obrigatório, como também é obrigatório o crédito para o autor de desenhos e gráficos que tenham exigido ação criativa em sua elaboração.
- \* As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados.
- \* Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como: círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios).
- \* Os números que representam as grandezas e respectivas marcas devem ficar fora do quadrante.
- \* As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o excesso de informações que comprometa o entendimento do gráfico.
- \* Devem ser elaboradas de forma a apresentar qualidade necessária à boa reprodução gráfica e medir 8,5 ou 17,5 cm de largura.
- \* Devem ser gravadas no programa Word, Excel ou Corel Draw (extensão CDR), para possibilitar a edição em possíveis correções.
- \* Usar fios com, no mínimo, 3/4 ponto de espessura.
- \* No caso de gráfico de barras e colunas, usar escala de cinza (exemplo: 0, 25, 50, 75 e 100%, para cinco variáveis).
- \* Não usar negrito nas figuras.
- \* As figuras na forma de fotografias devem ter resolução de, no mínimo, 300 dpi e ser gravadas em arquivos extensão TIF, separados do arquivo do texto.
- \* Evitar usar cores nas figuras; as fotografias, porém, podem ser coloridas.

## **NOTAS CIENTÍFICAS**

- \* Notas científicas são breves comunicações, cuja publicação imediata é justificada, por se tratar de fato inédito de importância, mas com volume insuficiente para constituir um artigo científico completo.

## **APRESENTAÇÃO DE NOTAS CIENTÍFICAS**

\* A ordenação da Nota Científica deve ser feita da seguinte forma: título, autoria (com as chamadas para endereço dos autores), Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, texto propriamente dito (incluindo introdução, material e métodos, resultados e discussão, e conclusão, sem divisão), Referências, tabelas e figuras.

As normas de apresentação da Nota Científica são as mesmas do Artigo Científico, exceto nos seguintes casos:

\* Resumo com 100 palavras, no máximo.

\* Deve ter apenas oito páginas, incluindo-se tabelas e figuras.

\* deve apresentar, no máximo, 15 referências e duas ilustrações (tabelas e figuras).

## **NOVAS CULTIVARES**

\* Novas Cultivares são breves comunicações de cultivares que, depois de testadas e avaliadas pelo Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), foram superiores às já utilizadas e serão incluídas na recomendação oficial.

## **APRESENTAÇÃO DE NOVAS CULTIVARES**

Deve conter: título, autoria (com as chamadas para endereço dos autores), Resumo, título em inglês, Abstract, Introdução, Características da Cultivar, Referências, tabelas e figuras. As normas de apresentação de Novas Cultivares são as mesmas do Artigo Científico, exceto nos seguintes casos:

\* Resumo com 100 palavras, no máximo.

\* Deve ter apenas oito páginas, incluindo-se tabelas e figuras.

\* deve apresentar, no máximo, 15 referências e quatro ilustrações (tabelas e figuras).

\* A introdução deve apresentar breve histórico do melhoramento da cultura, indicando as instituições envolvidas e as técnicas de cultivo desenvolvidas para superar determinado problema.

\* A expressão Características da Cultivar deve ser digitada em negrito, no centro da página.

\* Características da Cultivar deve conter os seguintes dados: características da planta, reação a doenças, produtividade de vagens e sementes, rendimento de grãos, classificação comercial, qualidade nutricional e qualidade industrial, sempre comparado com as cultivares testemunhas.

## **OUTRAS INFORMAÇÕES**

- Não há cobrança de taxa de publicação.
- Os manuscritos aprovados para publicação são revisados por no mínimo dois especialistas.
- O editor e a assessoria científica reservam-se o direito de solicitar modificações nos artigos e de decidir sobre a sua publicação.
- São de exclusiva responsabilidade dos autores as opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos.
- Os trabalhos aceitos não podem ser reproduzidos, mesmo parcialmente, sem o consentimento expresso do editor da PAB.
- Contatos com a secretaria da revista podem ser feitos por telefone: (61)3448-4231 e 3273-9616, fax: (61)3340-5483, via e-mail: [pab@sct.embrapa.br](mailto:pab@sct.embrapa.br) ou pelos correios: Embrapa Informação Tecnológica, Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB, Caixa Postal 040315, CEP 70770-901 Brasília, DF.