

---

## AVALIAÇÃO DE ÍNDICES HÍDRICOS E PARÂMETROS GENÉTICOS EM CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI

Evaluation of water indexes and genetic parameters in cowpea cultivars

**Douglas Gonçalves Guimarães<sup>1</sup>**

Centro Universitário Arnaldo Horácio Ferreira (UNIFAAHF) – Luís Eduardo Magalhães/Bahia  
douglasgg@hotmail.com

 [lattes.cnpq.br/8878709911462837](http://lattes.cnpq.br/8878709911462837)

**Cláudio Lúcio Fernandes Amaral<sup>2</sup>**

Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) –  
Jequié/Bahia

materdidatic@gmail.com

 [lattes.cnpq.br/9914668253472127](http://lattes.cnpq.br/9914668253472127)

**Leandro Menezes Oliveira<sup>3</sup>**

Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
(UESB) – Vitória da Conquista/Bahia  
leandromenezes\_eng@hotmail.com

 [lattes.cnpq.br/4837021919445380](http://lattes.cnpq.br/4837021919445380)

**Murilo Oliveira Guedes<sup>4</sup>**

Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
(UESB) – Vitória da Conquista/Bahia  
muriloguedes.uesb@gmail.com

 [lattes.cnpq.br/2421961843443658](http://lattes.cnpq.br/2421961843443658)

---

**RESUMO:** Informações sobre o comportamento de cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico, assim como estimar parâmetros genéticos de cultivares são de suma importância para esta cultura, assim, com o objetivo de avaliar índices de estresse hídrico e estimativas de parâmetros genéticos de cultivares de feijão-caupi em vaso sob ambiente protegido, este trabalho foi realizado no esquema fatorial 8 x 4, utilizando oito cultivares de feijão-caupi (BRS Itaim, BRS Novaera, BRS Guariba, BRS Tumucumaque, BRS Rouxinol, BRS Xiquexique, BRS Pujante e BRS Pajeú),

---

\* **Editora Responsável:** Fabiana Regina da Silva Grossi Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8006397305740459>

<sup>1</sup>Doutor em Agronomia (Fitotecnia) pela UESB. Docente do Centro Universitário Arnaldo Horácio Ferreira (UNIFAAHF).

<sup>2</sup>Prof. Dr. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UESB.

<sup>3</sup>Doutor em Agronomia (Fitotecnia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UESB.

<sup>4</sup>Mestre em Agronomia (Fitotecnia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UESB.

---

submetidas a quatro diferentes níveis de irrigação (sem estresse hídrico e com estresse leve, moderado e severo). Foi concluído que BRS Pujante destaca-se nos índices de tolerância à seca, sendo considerada pouco susceptível e bem produtiva em condições de estresse hídrico. Os parâmetros genéticos indicam haver ampla variabilidade genética, com características apresentando alta herdabilidade e alto ganho genético, e a massa de vagem, o comprimento de vagem e o número de grãos por vagem podem ser utilizados na seleção indireta para aumento de produtividade de grãos, devido à fácil mensuração e à alta correlação apresentada.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp, tolerância, genética.

**ABSTRACT:** Information on the behavior of cowpea cultivars subjected to different levels of water stress, also estimating genetic parameters of cultivars are of paramount importance for this crop, thus, with the objective of evaluating water stress indices and estimates of genetic parameters of cowpea cultivars in pot under protected environment, this work was carried out in the 8 x 4 factorial scheme, using eight cowpea cultivars (BRS Itaim, BRS Novaera, BRS Guariba, BRS Tumucumaque, BRS Rouxinol, BRS Xiquexique, BRS Pujante and BRS Pajeú), submitted to four different levels of irrigation (without water stress and with mild, moderate stress and severe). It was concluded that BRS Pujante stands out in the drought tolerance indexes, being considered to be little susceptible and very productive in conditions of water stress and that the genetic parameters indicate that there is wide genetic variability, with characteristics showing high heritability and high genetic gain, and the pod mass, pod length and number of grains per pod can be used in indirect selection to increase grain yield, due to easy measurement and high correlation.

**Keywords:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp, tolerance, genetics.

---

**SUMÁRIO: 1 INTRODUÇÃO; 2 MATERIAL E MÉTODOS; 2.1 AVALIAÇÕES DE ÍNDICES DE ESTRESSE HÍDRICO; 2.2 AVALIAÇÕES DE ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS; 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO; 3.1 ÍNDICES DE ESTRESSE HÍDRICO; 3.2 ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS; 4 CONCLUSÕES; 5 AGRADECIMENTOS; 6 REFERÊNCIAS.**

## **1 INTRODUÇÃO**

O feijão-caupi é cultivado em regiões áridas e semiáridas do mundo, onde é considerado como uma das leguminosas alimentícias mais tolerantes à seca (MOUSA; QURASHI, 2018). Em algumas áreas tropicais de países em desenvolvimento, como algumas zonas na África e no Nordeste brasileiro, as leguminosas são cultivadas apenas durante a estação chuvosa, e o estresse hídrico representa a ameaça mais importante à produção de biomassa para muitos pequenos agricultores (DONOHUE et al., 2013).

No estado da Bahia, em 2017, dos 762,8 mil estabelecimentos agropecuários, 87,3% não utilizam irrigação (IBGE, 2020). Grande parte dos produtores vivem na região semiárida e fazem plantio de sobrevivência, sofrendo com as limitações hídricas, e são obrigados a cultivar espécies e genótipos mais tolerantes ao déficit hídrico.

A água é um fator limitante para a produtividade de ecossistemas agrícolas e naturais; a fotossíntese sujeita as plantas à perda de água, e, com isso, ocorre o risco de desidratação. Para impedir a dessecação, a água deve ser absorvida pelas raízes e transportada do corpo da planta, mas cerca de 97% dessa água que é absorvida pelas raízes e conduzida pela planta é perdida por transpiração a partir das superfícies foliares (TAIZ et al., 2017).

A tolerância das plantas ao estresse hídrico é a capacidade de sobreviver e preservar o crescimento sob déficit hídrico; assim, aquelas que são tolerantes/resistentes utilizam diferentes mecanismos para crescerem e se desenvolverem sob essa condição (MOUSA; QURASHI, 2018). Assim, a seleção de genótipos que apresentem grande tolerância à seca é, sem dúvida, essencial para a produção de alimentos no mundo, especialmente em regiões de clima árido ou que apresentem má distribuição de chuvas (BASTOS et al., 2011).

As respostas das plantas às condições de estresse hídrico variam de acordo com a espécie, cultivar, tempo de exposição e fatores edáficos, entre outros. Não existe uma única variável fisiológica que, por si só, seja indicativa de tolerância à seca (NASCIMENTO et al.,

---

2011). A maioria das culturas apresentam períodos críticos quanto à deficiência hídrica, durante os quais a sua ocorrência pode causar grandes decréscimos no rendimento (TAGLIAFERRE et al., 2013).

Esta cultura é uma importante geradora de postos de ocupação econômica e de trabalho formal, estimulando a economia e suprindo uma cadeia produtivo-comercial, que se estende desde o agricultor familiar ao empresarial a passa por diversos setores da área do comércio até o consumidor da zona rural, das pequenas cidades e dos grandes centros urbanos do País (FREIRE FILHO et al., 2017).

Para Freire Filho et al. (2017), o feijão-caupi, antes cultivado praticamente por pequenos agricultores das Regiões Norte e Nordeste do País, há pelo menos 10 anos, tem o cultivo em franca expansão, principalmente, nas áreas de cerrado das Regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, onde é cultivado na forma de safrinha por médios e grandes produtores, de base empresarial, com o uso da mesma tecnologia empregada no cultivo da soja; com isso, o feijão-caupi vem sendo ofertado em maior quantidade no Brasil e também no exterior.

No Brasil, nos últimos anos, o estado do Mato Grosso vem se destacando, é o maior produtor de feijão-caupi do País; em 2017, produziu 165,3 mil toneladas de grãos, graças à grande produtividade apresentada, de 1.274,2 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2020), decorrente da tecnificação de seu cultivo no estado, que inclui adubação e irrigação.

Estimar parâmetros genéticos em uma população, como coeficiente de variação genética, herdabilidade e coeficientes de correlação entre caracteres, permite conhecer a variabilidade genética, o grau de expressão da característica de uma geração para outra e a possibilidade de ganhos por seleção direta ou indireta (LOPES et al., 2017). De acordo com Santos et al. (2014), o melhoramento genético é a melhor maneira de aumentar a produtividade média, selecionando genótipos altamente produtivos, adaptados a solos e condições climáticas brasileiras.

Segundo Gerrano et al. (2015), a compreensão da variabilidade genética do feijão-caupi é importante para projetar e acelerar programas convencionais de melhoramento; assim, estimar parâmetros genéticos no melhoramento de plantas permite-nos conhecer o potencial populacional de selecionar e desenhar estratégias que possam maximizar a obtenção de genótipos superiores (LOPES et al., 2017).

As avaliações de estimativas de parâmetros genéticos são de suma importância, pois, por meio destes, pode-se ter conhecimento da variabilidade genética apresentada, assim como

---

do grau de expressão de um caráter de geração para geração e do ganho genético esperado por meio de seleção, seja ela de forma direta ou indireta (GERRANO et al., 2015)

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar índices de estresse hídrico e estimativas de parâmetros genéticos de cultivares de feijão-caupi em vaso sob ambiente protegido submetidos à diferentes níveis de irrigação.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista – BA, sob coordenadas geográficas 14°53'03'' de latitude Sul e 40° 47'58'' de longitude Oeste e altitude média de 886 metros. As cultivares de feijão-caupi foram semeadas em vasos sob ambiente protegido, coberto por polietileno e com tela preta de 50% de sombreamento nas laterais.

Cada parcela foi formada por um vaso de polietileno, com 20 litros de capacidade e quatro furos no fundo para escoamento da água. Cada vaso foi preenchido com 12,2 litros de solo, com densidade de 1,3 g cm<sup>-3</sup>. O solo utilizado foi classificada como franco argilo arenosa e apresentou os seguintes atributos químicos: pH em água (1:2,5): 5,0; P: 4,0 mg dm<sup>-3</sup> (Extrator Mehlich-1); K<sup>+</sup>: 0,18 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (Extrator Mehlich-1); Ca<sup>2+</sup>: 1,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (Extrator KCl 1mol L<sup>-1</sup>); Mg<sup>2+</sup>: 0,9 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup> (Extrator KCl 1mol L<sup>-1</sup>); Al<sup>3+</sup>: 0,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (Extrator KCl 1mol L<sup>-1</sup>); H<sup>+</sup>: 2,6 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup> (Extrator Solução SMP, pH 7,5 a 7,6); Soma de Bases: 2,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC efetiva: 2,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC a pH 7,0: 5,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Saturação por bases: 45%; Saturação por alumínio: 8% e matéria orgânica: 6,0 g dm<sup>-3</sup>.

Para que a saturação de bases chegasse a 60%, conforme recomendado para a cultura, foi realizada a calagem, com equivalente de 956 kg ha<sup>-1</sup> de calcário (478 mg dm<sup>-3</sup>). No plantio, foi utilizado nos vasos o equivalente a 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (17,47 mg dm<sup>-3</sup> de P), na forma de superfosfato simples, e 20 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (8,33 mg dm<sup>-3</sup> de K), na forma de cloreto de potássio, e, aos 15 dias após a emergência das plantas, como adubação de cobertura, foi utilizado 30 kg ha<sup>-1</sup> de N (15 mg dm<sup>-3</sup>), na forma de ureia, conforme recomendado pela cultura, baseada na análise de solo (MELO; CARDOSO., 2018).

O ensaio foi realizado em esquema fatorial 8 x 4, com três repetições, totalizando 32 tratamentos e 96 parcelas em blocos casualizados. Foram utilizados oito cultivares de feijão-caupi: BRS Itaim (porte ereto); BRS Novaera, BRS Guariba, BRS Tumucumaque e BRS

---

Rouxinol (porte semiereto); e as cultivares BRS Xiquexique, BRS Pujante e BRS Pajeú (porte semiprostrado), submetidas a quatro níveis de irrigação, 40, 60, 80 e 100% da capacidade de vaso.

As irrigações foram realizadas a cada dois dias, segundo metodologia de Casaroli e Van Lier (2008), com cada tratamento mantendo seu peso pré-estabelecido, levando em consideração a capacidade de vaso calculada. Nos quinze dias após a emergência, todos os tratamentos foram mantidos com 100% de capacidade de vaso, e, após esse período, seguiram suas respectivas irrigações pré-estabelecidas.

Para sementeira, efetuada em maio de 2018, foram utilizadas quatro sementes por vaso, e, quando as plântulas apresentaram dois pares de folhas definitivas, foi realizado o desbaste, deixando duas plantas em cada vaso. A colheita ocorreu em setembro de 2018, com 125 dias após a sementeira (DAS).

## 2.1 AVALIAÇÕES DE ÍNDICES DE ESTRESSE HÍDRICO

Utilizando-se como referência a produtividade de grãos em situações sem estresse hídrico (100% de irrigação para capacidade de vaso) e com estresse hídrico, considerando-se os níveis de 40%, 60% e 80% de irrigação para capacidade de vaso, como níveis de estresse hídrico severo, moderado e leve, respectivamente, foram avaliados os seguintes índices de estresse hídrico:

a) Índice de susceptibilidade (IS): 
$$IS (\%) = \frac{1 - \left(\frac{PCE}{PCNE}\right)}{1 - \left(\frac{PMCE}{PMCNE}\right)} \times 100$$
 (FISCHER e MAURER., 1978).

b) Índice de estabilidade de produtividade (IEP): 
$$IEP (\%) = \frac{PCE}{PCNE} \times 100$$
 (BOUSLAMA e SCHAPAUGH., 1984).

c) Índice de produtividade (IP): 
$$IP (\%) = \frac{PCE}{PMCE} \times 100$$
 (GAVUZZI et al., 1997).

d) Redução de produtividade (RP): 
$$RP (\%) = \frac{PCNE - PCE}{PCNE} \times 100$$
 (AMARAL et al., 2015).

PCNE = Produtividade da cultivar em condição não-estressante.

PCE = Produtividade da cultivar em condições estressante.

PMCE = Produtividade média de todas as cultivares em condição estressante.

PMCNE = Produtividade média de todas as cultivares em condição não-estressante.

---

e) Classificação de tolerância à seca: classificados de acordo com a redução de produtividade das cultivares em seus respectivos estresses hídricos: Tolerante (T) = Redução de 0% a 20%; Moderadamente Tolerante (MT) = 20% a 40%; Moderadamente Sensível (MS) = 40% a 60%; e Sensível (S) = acima de 60% (AMARAL et al., 2015).

Para auxiliar na interpretação dos resultados, os índices foram submetidos ao teste “F” e ao teste Tukey a 5% de probabilidade para diferentes cultivares e diferentes níveis de estresse hídrico, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA., 2014).

## 2.2 AVALIAÇÕES DE ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS

Com 77 dias após a emergência, as plantas estavam encerrando o último estágio fenológico vegetativo ( $V_9$ ), foram realizadas as seguintes avaliações: altura de plantas (mensurada utilizando-se fita métrica do colo da planta até a última folha, expressa em cm) e número de ramos laterais (realizado pela contagem de todos os ramos laterais de cada planta).

Com 125 dias após a emergência, foi realizada a colheita e as seguintes avaliações: número de vagens por planta (obtendo-se a média pela contagem do número de vagens das plantas de cada parcela); massa de vagem (obtida pela relação da massa de todas as vagens da parcela pelo número total de vagens da parcela, expressa em g); número de grãos por vagem (determinado pela relação do número total de grãos das vagens pelo número total de vagens); comprimento de vagem (realizada com o auxílio de uma fita métrica, com a qual se mediu as vagens das plantas, e, assim, obteve-se a média); massa de 100 grãos (realizou-se a pesagem de todos os grãos da parcela, e, em seguida, obteve-se proporcionalmente a massa de cem grãos, expressa em g) e produtividade de grãos (estimada a partir da produção de grãos de cada parcela, considerando-se um estande de 160 mil plantas por hectare, corrigida por 13% de umidade e transformada para  $\text{kg ha}^{-1}$ ).

Estas características avaliadas apresentaram diferença significativa entre cultivares pelo teste “F” a 5% de probabilidade, identificando variabilidade genética e assim foram submetidas à avaliação de parâmetros genéticos, e seus estimadores foram analisados, utilizando-se as seguintes expressões (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

a) Variância Fenotípica:  $VP = QMG / r$

b) Variância Genotípica:  $VG = (QMG - QMR) / r$

c) Variância Ambiental:  $VE = QMR / r$

d) Herdabilidade em sentido amplo:  $h^2a = (VG / VP) \times 100$

As  $h^2$ a foram classificadas como: Baixa = 0% a 30%; Média = 31% a 60%; e Alta = acima de 60% (JOHNSON; ROBINSON; COMSTOCK, 1955).

e) Coeficiente de Variação Fenotípica:  $CVP = (\sqrt{VP} / \bar{X}) \times 100$

f) Coeficiente de variação Genotípica:  $CVG = (\sqrt{VG} / \bar{X}) \times 100$

g) Coeficiente de Variação Ambiental:  $CVE = (\sqrt{VE} / \bar{X}) \times 100$

CVP, CVG e CVE foram classificados como: Baixo = menor que 10%; Médio = 10% a 20%; e Alto = mais que 20% [22].

h) Coeficiente de Variação Relativo (Coeficiente “b”) =  $CVG / CVE$

i) Ganho genético:  $GA = i \Delta p h^2$

$i$  = Intensidade de Seleção (5%) = 2,06 (Constante),

$\Delta p$  = Desvio Padrão da Variância Fenotípica:  $\sqrt{VP}$ ;

$h^2$  = Herdabilidade.

j) Ganho Genético em Porcentagem da Média:  $GAM = [(GA / \bar{X}) \times 100]$

Tem-se o ganho genético assumindo intensidade de seleção de 5% em um ciclo de avaliação.

O GAM foi classificado como: Baixo = menos de 10%; Médio = 10% a 20%; e Alto = mais que 20% (JOHNSON; ROBINSON; COMSTOCK, 1955).

Para estimar as correlações, foram utilizadas as expressões citadas por Falconer (1987) e Ramalho et al. (1993):

a) Correlação fenotípica ( $rP$ )

$$rP(xy) = \frac{COV_{P(XY)}}{\sqrt{\sigma^2PX \cdot \sigma^2PY}}$$

b) Correlação genotípica ( $rG$ )

$$rG(xy) = \frac{COV_{G(XY)}}{\sqrt{\sigma^2GX \cdot \sigma^2GY}}$$

c) Correlação ambiental ( $rE$ )

$$rE = \frac{COV_{E(XY)}}{\sqrt{\sigma^2EX \cdot \sigma^2EY}}$$

Em que:  $r_{xy}$  = correlação entre os caracteres  $X$  e  $Y$ ;  $COV_{(XY)}$  = covariância entre os dois caracteres  $X$  e  $Y$ ; e  $\sigma^2X$  e  $\sigma^2Y$  = variância dos caracteres  $X$  e  $Y$ , respectivamente.

As  $rP$ ,  $rG$  e  $rE$  foram classificadas como: Muito Fraca = 0,00 a 0,19; Fraca = 0,20 a 0,39; Moderada = 0,40 a 0,69; Forte = 0,70 a 0,89; e Muito Forte = 0,90 a 1,00 (SHIMAKURA e RIBEIRO, 2012).

Para o cálculo das correlações, foi utilizado o software Genes (CRUZ, 2013), e, para verificar o nível de significância das correlações, utilizou-se o teste “t” a 1% e 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 ÍNDICES DE ESTRESSE HÍDRICO

De acordo com Farshadfar et al. (2013), muitos pesquisadores em todo o mundo utilizam parâmetros para avaliar o comportamento de diferentes cultivares em relação ao estresse hídrico; isso demonstra a importância da utilização de índices para comparação entre cultivares submetidos a estresses. Os índices de estresse hídrico avaliados neste trabalho foram avaliados por meio do teste “F” a 5% de probabilidade e foi constatado que todos apresentaram diferença significativa para cultivares e irrigação, sendo em seguida efetuado o teste Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias.

Para índice de susceptibilidade à seca (IS), maiores valores indicam cultivares mais susceptíveis. Assim, considerando-se a média dos três níveis de estresse hídrico (severo, moderado e leve), observa-se na Tabela 1 que as cultivares mais susceptíveis à seca foram BRS Pajeú (171,50%) e BRS Rouxinol (165,09%), que foram similares às cultivares BRS Guariba e BRS Xiquexique e superiores às demais.

**TABELA 1** – Índice de susceptibilidade à seca de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação.

Cultivares	Índice de susceptibilidade à seca – IS (%)			
	Irrigação para capacidade de vaso (nível de estresse)			
	40% (severo)	60% (moderado)	80% (leve)	Média
BRS Novaera	118,92	-6,48	-49,85	20,86 c
BRS Guariba	165,27	149,05	129,61	147,97 ab
BRS Tumucumaque	73,19	-18,33	56,27	37,04 bc
BRS Itaim	152,40	54,77	-103,22	34,65 bc
BRS Xiquexique	88,44	126,16	25,19	79,93 abc
BRS Pujante	68,28	-0,32	1,37	23,11 c
BRS Pajeú	195,53	168,14	150,83	171,50 a
BRS Rouxinol	192,95	142,81	159,52	165,09 a
<b>Média</b>	131,87 A	76,98 AB	46,22 B	

---

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Farshadfar et al. (2013), cultivares com IS menor que 100% são mais resistentes às condições de estresse hídrico. Com base nisso, constata-se que as cultivares BRS Novaera, BRS Pujante, BRS Itaim, BRS Tumucumaque e BRS Xiquexique destacaram-se em resistência média ao estresse salino, em especial as cultivares BRS Novaera e BRS Pujante, que, com valores de apenas 23,11% e 20,86%, respectivamente, sobressaíram como as mais resistentes.

Quando comparado o IS para os diferentes níveis de estresse hídrico, o estresse leve (80% de irrigação) foi estatisticamente igual ao estresse moderado (60% de irrigação), com valores de 46,22% e 76,98%, respectivamente, ambos apresentando valores abaixo de 100%. Como era esperado, o estresse hídrico severo (40% de irrigação) foi estatisticamente inferior ao nível de estresse leve. Com média geral entre as cultivares de 131,87%, o nível de estresse severo demonstrou maior susceptibilidade à seca entre os níveis de estresse avaliados.

Abayomi e Abidoye (2009), analisando dez genótipos de feijão-caupi em casa de vegetação, também submetidos a três diferentes níveis de estresse hídrico (leve, moderado e severo), observaram variação média de IS entre as cultivares de 73% a 122%, e o IS entre os diferentes níveis de estresse foram 91%, 96% e 98%, para os níveis leve, médio e severo, respectivamente. Apesar de a sequência dos resultados entre os níveis de estresse terem sido os mesmos, a variação dos resultados foi bem inferior ao observado no presente estudo, o que indica que os genótipos do citado estudo sofreram menos efeitos do estresse hídrico.

Na Tabela 2, são apresentados os valores referentes ao índice de estabilidade na produtividade (IEP) para as cultivares e para os níveis de estresse hídrico. Para Farshadfar et al. (2013), as cultivares com altos valores de IEP podem ser consideradas como cultivares estáveis sob condições de estresse e não-estresse à seca.

**TABELA 2** – Índice de estabilidade da produtividade (IEP) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação.

Cultivares	Índice de estabilidade da produtividade – IEP (%)			
	Irrigação para capacidade de vaso (nível de estresse)			
	40% (severo)	60% (moderado)	80% (leve)	Média
<b>BRS Novaera</b>	60,24	102,17	116,67	93,02 a
<b>BRS Guariba</b>	44,74	50,17	56,66	50,52 bc
<b>BRS Tumucumaque</b>	75,53	106,13	81,19	87,61 ab
<b>BRS Itaim</b>	49,05	81,69	134,51	88,41 ab

<b>BRS Xiquexique</b>	0,70	0,58	0,92	73,28 abc
<b>BRS Pujante</b>	77,17	100,10	99,54	92,27 a
<b>BRS Pajeú</b>	34,62	43,78	49,57	42,66 c
<b>BRS Rouxinol</b>	35,49	52,25	46,67	44,80 c
<b>Média</b>	<b>55,91 B</b>	<b>74,26 AB</b>	<b>84,55 A</b>	

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

BRS Novaera (93,02%) e BRS Pujante (92,27%), apesar de serem estatisticamente similares às cultivares BRS Itaim, BRS Tumucumaque e BRS Xiquexique, destacaram-se como as cultivares que apresentaram maior estabilidade, acima de 90%, em suas produtividades de grãos, o que significa que apresentam valores mais similares em situações com ou sem estresse hídrico. As cultivares Rouxinol (44,80%) e Pajeú (42,66%) mostraram-se como cultivares com pouca estabilidade de produtividade de grãos diante do estresse hídrico, com valores abaixo de 50%.

A variação de IEP entre as cultivares, de 42,66% a 93,02%, foi superior ao observado por Peksen et al. (2014), que, avaliando duas cultivares de feijão-caupi submetidas ao estresse hídrico, em regime de sequeiro, na Turquia, observaram valores de 58% e 72% de IEP; e Pejić et al. (2013), avaliando dois genótipos de feijão-caupi em campo, na Sérvia, observaram média em sequeiro de IEP de 39% e 49%.

Considerando os níveis de estresse hídrico, o estresse leve foi superior ao estresse severo. Com estresse leve, o IEP foi de 84,55%, o que demonstra que as cultivares nesse nível de estresse são mais estáveis que as cultivares no nível severo, que apresentaram valor de IEP de apenas 55,91%.

Um importante parâmetro na recomendação de cultivares sob estresse hídrico é o índice de produtividade (IP). Segundo Farshadfar et al. (2013), as cultivares com alto valor desse índice são adequadas para a condição de estresse hídrico. Observa-se que a cultivar BRS Pujante com IP de 136,67% destacou-se, apresentando valores superiores aos das cultivares BRS Rouxinol (67,67%) e BRS Novaera (63,02%) e similares aos das demais (Tabela 3).

**TABELA 3** – Índice de produtividade de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação.

Cultivares	Índice de produtividade – IP (%)			
	Irrigação para capacidade de vaso (nível de estresse)			
	40% (severo)	60% (moderado)	80% (leve)	Média
<b>BRS Novaera</b>	40,81	69,21	79,04	63,02 b
<b>BRS Guariba</b>	91,99	103,14	116,50	103,88 ab
<b>BRS Tumucumaque</b>	100,48	141,18	108,00	116,55 ab
<b>BRS Itaim</b>	63,77	106,21	174,88	114,95 ab
<b>BRS Xiquexique</b>	93,18	76,50	121,16	96,95 ab
<b>BRS Pujante</b>	114,31	148,27	147,44	136,67 a
<b>BRS Pajeú</b>	81,16	102,62	116,19	99,99 ab
<b>BRS Rouxinol</b>	53,60	78,92	70,48	67,67 b
<b>Média</b>	79,91 B	103,26 AB	116,71 A	

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O IP, como era esperado, apresentou maior valor médio entre as cultivares (116,71%) com estresse hídrico leve e menor valor (79,91%) com estresse hídrico severo, indicativo de uma maior produtividade de grãos entre as cultivares quando submetidas ao estresse hídrico leve, se comparada à da situação de estresse hídrico severo.

Os valores foram superiores aos observados por Meira (2017), que, com irrigação para capacidade de vaso de 40%, obteve valor de IP de 23%; com 60% de irrigação, o valor foi 80%, e, com 80% de irrigação, apresentou-se IP de 103%, com as cultivares BRS Guariba, BRS Xiquexique e BRS Pujante com média de 70%, 60% e 70%, respectivamente.

A redução de produtividade (RP) indica o quanto que, proporcionalmente, as cultivares produziram a menos quando submetidas ao estresse hídrico, em comparação com os valores obtidos em irrigação plena. Na Tabela 4, são apresentados os proporcionais de redução de produtividade para as cultivares e para os diferentes níveis de estresse hídrico.

As maiores RP médias, considerando os níveis de estresse hídrico, foram observadas nas cultivares BRS Pajeú e BRS Rouxinol, que apresentaram 57,34% e 55,2% de redução, respectivamente; foram as únicas que apresentaram valores acima de 50% de redução. As

---

menores RP, abaixo de 10%, foram observadas nas cultivares BRS Pujante (7,73%) e BRS Novaera (6,98%), o que indica que não mudaram consideravelmente de produtividade com o efeito do estresse hídrico. A variação de RP entre as oito cultivares foi de 6,98% a 57,34%, superior à observada por Abayomi e Abidoye (2009), que constataram variação de RP em dez genótipos de 41,5% a 65,5%.

A RP com estresse hídrico leve (80% de irrigação para capacidade de vaso), comparada com irrigação plena (100% de irrigação), foi de 15,45%; com estresse moderado (60% de irrigação), a redução foi de 25,74%, e, com estresse severo (40% de irrigação), a RP foi mais drástica, chegou a 44,09%.

A variação de RP entre os diferentes níveis de estresse hídrico encontrada no presente estudo foi inferior às observadas por Abayomi e Abidoye (2009), que, considerando estresse hídrico leve, moderado e severo, obtiveram valores de 27,2%, 52,7% e 81,7%, respectivamente; e por Meira (2017), que, em três níveis de estresse hídrico, obtiveram valores de 28,78%, 27,50% e 77% para, respectivamente, 40%, 60% e 80% de irrigação para capacidade de vaso.

A classificação de tolerância à seca é baseada na redução de produtividade de grãos. Na Tabela 4, entre parênteses, são apresentados os resultados de classificação à tolerância à seca para diferentes cultivares e diferentes níveis de estresse hídrico.

Comparando os valores das cultivares por nível de estresse hídrico, observa-se que, com estresse hídrico leve, cinco das oito cultivares (BRS Novaera, BRS Tumucumaque, BRS Itaim, BRS Xiquexique e BRS Pujante) apresentaram classificação como “tolerante”, e as cultivares BRS Guariba, BRS Pajeú e BRS Rouxinol foram classificadas como “moderadamente sensíveis”.

Com estresse hídrico moderado, as cultivares BRS Novaera, BRS Tumucumaque, BRS Itaim e BRS Pujante foram classificadas como “tolerantes”. Com estresse hídrico severo, nenhuma cultivar foi classificada como “tolerante”, e as cultivares BRS Pajeú e BRS Rouxinol foram classificadas como “sensíveis”.

Na média geral, considerando os três níveis de estresse hídrico, destacaram-se como “tolerantes” as cultivares BRS Novaera, BRS Tumucumaque, BRS Itaim e BRS Pujante. A cultivar BRS Xiquexique foi classificada como “moderadamente tolerante”, e as cultivares BRS Guariba, BRS Pajeú e BRS Rouxinol foram classificadas como “moderadamente sensíveis”.

Considerando o estresse hídrico leve, a média das oito cultivares foi classificada como “tolerante”; com estresse moderado, foi “moderadamente tolerante”; e, com estresse severo, “moderadamente sensível”.

---

Na média geral das oito cultivares submetidas aos três diferentes níveis de estresse hídrico, o feijão-caupi foi classificado como “moderadamente tolerante”, corroborando a classificação proposta por Boyer (1978), que indicou o feijão-caupi como moderadamente tolerante, tanto para a deficiência hídrica quanto para o excesso de água. Para efeito de comparação, o feijão comum foi classificado pelo mesmo autor como sensível ao déficit hídrico.

Pelas interpretações dos parâmetros, observa-se que a cultivar BRS Novaera apresentou pouca susceptibilidade à seca, porém apresenta baixa produtividade. A cultivar BRS Pajeú é susceptível à seca, todavia apresentou satisfatória produtividade média.

A cultivar que menos se destacou foi a BRS Rouxinol, que apresentou baixa resistência à seca e baixa produtividade; por outro lado, a cultivar BRS Pujante destacou-se com relação às demais, apresentando valores satisfatórios em todos os parâmetros avaliados, sendo considerada pouco susceptível e bem produtiva em condições de estresse hídrico.

### 3.2 ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS

Na Tabela 5, são apresentados os parâmetros genéticos dos traços avaliados. Foram avaliadas as características altura de plantas (ALT); número de ramos laterais (NRL); número de vagens por planta (NVP); massa de vagem (MG); comprimento de vagem (COMPV); número de grãos por vagem (NGV); massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD).

**TABELA 5** – Parâmetros genéticos para altura de plantas (ALT), número de ramos laterais (NRL), número de vagens por planta (NVP), massa de vagem (MV), comprimento de vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de oito cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido.

Fator de Variação	Parâmetros Genéticos							
	ALT	NRL	NVP	MV	COMPV	NGV	M100G	PROD
VP	230,287	1,840	4,793	0,677	28,330	13,363	37,147	286942,540
VG	192,153	1,073	3,200	0,557	27,387	12,283	32,930	210983,743
VE	38,13	0,767	1,593	0,120	0,943	1,080	4,217	75958,797
CVP (%)	27,61	17,19	38,41	45,70	35,13	49,80	32,15	45,14
CVG (%)	25,22	13,13	31,38	41,45	34,54	47,75	30,27	38,71
CVE (%)	11,23	11,10	22,14	19,24	6,41	14,16	10,83	23,23
h <sup>2</sup> a (%)	83,44	58,33	66,76	82,27	96,67	91,92	88,65	73,53
GA	26,084	1,630	3,011	1,394	10,599	6,922	11,130	811,370
GAM	47,5	20,7	52,8	77,4	70,0	94,3	58,7	68,4
CVG/CVE	2,24	1,18	1,42	2,15	5,39	3,37	2,79	1,67

Variação fenotípica (VP), variação genotípica (VG), variação ambiental (VE), coeficiente de variação fenotípica (CVP), coeficiente de variação genotípica (CVG), coeficiente de variação ambiental (CVE), herdabilidade em sentido amplo (h<sup>2</sup>a), ganho genético (GA), ganho genético em porcentagem da média (GAM).

---

Conforme classificação de Sivasubramanian e Menon (1973), o coeficiente de variação fenotípica (CVP) e o de variação genotípica (CVG) foram considerados altos para todos os traços, exceto para o número de ramos laterais (NRL), que foi classificado como médio. Quando os valores de CVP e CVG observados são próximos um do outro, constitui-se condição ideal para que exista uma probabilidade de seleção mais eficiente, pois essa situação denota que o fator genético é o principal para determinação da característica, predominando sobre a influência ambiental.

Para o fator coeficiente de variação ambiental (CVE) entre as características avaliadas, apenas os traços produtividade de grãos (PROD) e número de vagens por grãos (NVG) apresentaram valores considerados altos; o traço comprimento de vagem (COMPV) foi considerado baixo, e os demais, considerados médios. Os resultados indicam valores de coeficiente de variação ambiental reduzidos, o que difere dos seus respectivos coeficientes de variação fenotípica (CVP) e genotípica (CVG), que apresentaram valores superiores.

Foi observado que, em todos os traços avaliados, o CVG foi maior que seu respectivo CVE; isso demonstra que a característica estudada possui influência maior do fator genético sobre o fator ambiental; assim, analisando-se o coeficiente  $b$  ( $CVG / CVE$ ), a variação observada foi de 1,18 para o traço número de ramos laterais (NRL) a 5,39 para a característica comprimento de vagem (COMPV). Dessa forma, como a variação genética sobressaiu em relação à ambiental, apresentando valores do coeficiente  $b$  maiores que 1, é recomendado o uso de seleção. Esses resultados foram similares aos do trabalho de Públio Júnior et al. (2018), que observaram valores do coeficiente  $b$  variando de 1,06, para número de vagens por planta, a 3,67, para início da floração.

Alta estimativa de herdabilidade indica menor influência ambiental nos respectivos caracteres (PÚBLIO JÚNIOR et al., 2018). Segundo classificação proposta por Johnson et al. (1955), a estimativa de herdabilidade foi média para número de ramos laterais (NRL) e alta para todos os outros traços, com destaque para número de grãos por vagem (NGV) e comprimento de vagem (COMPV), que apresentaram valores acima de 90%. Tais resultados obtidos permitem inferir que a população estudada é altamente promissora para a seleção [9]. Entretanto, as estimativas de herdabilidade analisadas individualmente não podem fornecer informações concretas sobre o ganho esperado na próxima geração; é necessário que sejam consideradas em associação com as estimativas de avanço genético (SHUKLA, 2006).

Segundo classificação de Johnson et al. (1955), todas as características apresentaram valores altos para ganho genético da média (GAM), variando de 20,7%, observado na

---

característica número de ramos laterais (NRL), até 94,3%, da característica número de grãos por vagem (NGV). Khan et al. (2015), avaliando 196 genótipos de feijão-caupi na Índia, também observaram alta herdabilidade e alto ganho genético em porcentagem da média (GAM) para número de vagens por planta, número de sementes por vagem, comprimento de vagem, altura de planta e número de ramos por planta; para os autores, essas situações encontradas denotam que esses caracteres são governados por ação gênica aditiva e devem ir para a seleção direta para que tais traços melhorem futuramente.

Número de grãos por vagem (NGV) destacou-se em herdabilidade e ganho genético em porcentagem da média (GAM), apresentando mais de 90% em ambos; assim, diferiram dos dados de Khan et al. (2015), que observaram valores de herdabilidade de 80,86% e GAM de apenas 30,72%.

Analisando individualmente os valores de produtividade de grãos (PROD), traço de maior interesse da cultura, foi observado que os valores de CVP, CVG e CVE foram altos. A relação de CVG / CVE foi de 1,67, indicativo do uso de seleção, similar ao resultado de Lopes et al. (2017), que, avaliando 20 genótipos, observaram para esse traço relação de 1,85. A herdabilidade com 73,53% também foi considerada alta, assim como o ganho genético em porcentagem da média (GAM), que, com 68,4%, equivale a uma estimativa de ganho genético (GA) de 811,37 kg ha<sup>-1</sup> na próxima geração.

Na Tabela 6, são apresentados os resultados das correlações fenotípicas ( $r_P$ ), genotípicas ( $r_G$ ) e ambientais ( $r_E$ ) entre todos os traços avaliados. Observa-se que, no geral, os sinais nas respectivas correlações foram iguais e que as correlações genotípicas foram maiores que suas respectivas correlações fenotípicas e ambientais, similares às de outros trabalhos utilizando a mesma cultura (SILVA e NEVES, 2011; CORREA et al., 2012; PÚBLIO JÚNIOR et al., 2018). Traços que apresentem alta magnitude de correlação (fenotípica e genotípica) podem ser considerados nas estratégias para melhoramento utilizando seleção indireta, enquanto características que possuem baixa magnitude de correlação (fenotípica e genotípica) podem ser consideradas em estratégias de melhoramento por seleção direta (CRUZ et al., 2012).

**TABELA 6** – Correlações fenotípicas (*rP*), correlações genotípicas (*rG*) e correlações ambientais (*rE*) de altura de plantas (ALT), número de ramos laterais (NRL), número de vagens por planta (NVP), massa de vagens (MV), comprimento de vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de oito cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido.

		NRL	NVP	MV	COMPV	NGV	M100G	PROD
ALT	<i>rP</i>	-0,29**	0,78**	-0,04	-0,10	-0,19	-0,18	0,47**
	<i>rG</i>	-0,46**	0,99**	-0,08	-0,12	-0,22*	-0,22*	0,58**
	<i>rE</i>	-0,09	0,07	0,01	-0,09	0,07	-0,06	0,08
NBL	<i>rP</i>		-0,37**	0,46**	-0,08	0,03	0,59**	0,06
	<i>rG</i>		-0,67**	0,61**	-0,13	0,07	0,76**	-0,08
	<i>rE</i>		0,15	0,03	-0,15	0,01	-0,01	0,02
NVP	<i>rP</i>			-0,19	-0,19	-0,22*	-0,29**	0,49**
	<i>rG</i>			-0,27**	-0,25*	-0,20	-0,37**	0,40**
	<i>rE</i>			-0,40**	-0,36**	-0,35**	-0,03	0,68**
MV	<i>rP</i>				0,81**	0,75**	0,10	0,72**
	<i>rG</i>				0,85**	0,78**	0,07	0,75**
	<i>rE</i>				0,59**	0,64**	0,49**	0,24*
COMV	<i>rP</i>					0,86**	-0,23*	0,63**
	<i>rG</i>					0,90**	-0,22*	0,74**
	<i>rE</i>					0,56**	0,18	0,06
NGV	<i>rP</i>						-0,51**	0,60**
	<i>rG</i>						-0,52**	0,75**
	<i>rE</i>						-0,16	0,14
M100G	<i>rP</i>							-0,23*
	<i>rG</i>							-0,38**
	<i>rE</i>							0,37**

\*, \*\* Significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste t.

---

Considerando as correlações genotípicas ( $r_G$ ) para produtividade de grãos (PROD), foi observada, segundo classificação de Shimakura e Ribeiro Júnior (2012), correlação positiva forte com massa de vagem (MV) ( $r_G = 0,75^{**}$ ), comprimento de vagem (COMPV) ( $r_G = 0,74^{**}$ ) e número de grãos por vagem (NGV) ( $r_G = 0,74^{**}$ ). Todas essas correlações genotípicas foram mais fortes que suas respectivas correlações fenotípicas, o que demonstra a importância do fator genético. Nessas citadas correlações, apenas para massa de vagem (MV), a correlação ambiental foi significativa ( $r_E = 0,24^*$ ), entretanto apresentou fraca magnitude. Com isso, os resultados indicam que as cultivares que apresentam plantas com elevada massa de grão e comprimento de vagem e que tenham grande número de grãos por vagem possuem uma tendência de serem mais produtivas; desse modo, esses traços podem ser utilizados como seleção indireta para aumento de produtividade de grãos.

Produtividade de grãos também apresentou correlação moderada positiva para altura de plantas (ALT) ( $r_P = 0,47^{**}$  e  $r_G = 0,58^{**}$ ), o que indica que também a altura maior influencia positivamente na produtividade. Para massa de cem grãos (M100G), foi observada correlação fraca negativa ( $r_P = -0,23^*$  e  $r_G = -0,38^{**}$ ), isso significa que, mesmo com baixa magnitude, os genótipos que formam grãos mais pesados são menos produtivos, no entanto a correlação ambiental para esse traço apresentou sinal inverso ( $r_E = 0,37^{**}$ ), demonstrando de que os fatores ambientais influenciaram positivamente no aumento de ambos os traços. Os sinais diferentes das variações genotípicas e ambientais sugerem que os traços são governados por diferentes mecanismos fisiológicos. Para número de ramos laterais, não foi observado nenhum tipo de correlação com produtividade de grãos.

Santos et al. (2012) concluíram que a característica número de vagens por planta exerceu maior influência sobre a produtividade de grãos ( $r_P = 0,48^*$ ,  $r_G = 0,69^{**}$  e  $r_E = 0,13$ ); no presente estudo, o número de vagens por planta apresentou correlação moderada para produtividade de grãos ( $r_P = 0,48^{**}$ ,  $r_G = 0,40^{**}$  e  $r_E = 0,68^{**}$ ), com destaque para a correlação ambiental, que foi maior, resultado que indica que essas características são mais influenciadas pelas condições ambientais.

Outras correlações que se destacaram e demonstraram forte magnitude para correlação fenotípica e muito forte para correlação genotípica foram altura de plantas com número de vagens por planta ( $r_P = 0,78^{**}$  e  $r_G = 0,99^{**}$ ), sugerindo que a altura está intimamente ligada ao número de vagens, e comprimento de vagem e número de grãos por vagem ( $r_P = 0,86^{**}$  e  $r_G = 0,90^{**}$ ), indicando que vagens mais compridas geram mais grãos; vale ressaltar que esses traços também foram correlacionados ambientalmente ( $r_E = 0,56^{**}$ ) e apresentaram um valor

---

moderado, tendo assim também sua influência por fatores ambientais. Comprimento de vagem também apresentou correlações significativas com massa de vagem ( $r_P = 0,81^{**}$ ,  $r_G = 0,85^{**}$  e  $r_E = 0,59^{**}$ ): forte para a correlação fenotípica e genotípica e moderada para ambiental.

Número de ramos laterais demonstrou forte correlação genotípica com massa de cem grãos ( $r_G = 0,76^{**}$ ). As demais correlações observadas, apesar de muitas serem significativas, foram classificadas como moderada, fraca ou muito fraca e, portanto, sem grande interesse prático.

#### 4 CONCLUSÕES

Nas condições em vasos sob ambiente protegido, conclui-se que:

BRS Pujante destaca-se nos índices de tolerância à seca, sendo considerada pouco susceptível e bem produtiva em condições de estresse hídrico.

Os parâmetros genéticos indicam haver ampla variabilidade genética, com características apresentando alta herdabilidade e alto ganho genético, e a massa de vagem, o comprimento de vagem e o número de grãos por vagem podem ser utilizados na seleção indireta para aumento de produtividade de grãos, devido à fácil mensuração e à alta correlação apresentada.

#### 5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB).

#### 6 REFERÊNCIAS

ABAYOMI, Y. A.; ABIDOYE, T. O. Evaluation of cowpea genotypes for soil moisture stress tolerance under screen house conditions. **African Journal of Plant Science**, v. 3, n. 10, p. 229-237, 2009.

---

AMARAL, C. L. F.; SANTOS, B. M.; BARRETO, V. M.; LEMOS, E. F.; SANTOS, N. S.; LYRA, D. H.; BRITO, F. F.; ALMEIDA, L. A. da H.; BRASILEIRO, B. P.; ALMEIDA, O. da S.; SANTANA, T. M.; AMORIM, Y. F.; MEIRA, A. L. **Melhoramento Genético Vegetal: Resistência a Fatores Estressantes Bióticos e Abióticos**. 1. ed. Ibicari: Via Litterarum, 2015. v. 01. 101p.

BASTOS, E. A.; NASCIMENTO, S. P.; SILVA, E. M.; FREIRE FILHO, F. R.; GOMIDE, R. L. Identification of cowpea genotypes for drought tolerance. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 100–107, 2011.

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

BOUSLAMA, M.; SCHAPAUGH, W. T. Stress tolerance in soybean. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. **Crop Science Journal**, v. 24, p. 933-937, 1984.

CASAROLI, D.; JONG VAN LIER, Q. de. Critérios para determinação da capacidade de vaso. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 59-66, 2008.

CORREA, A. M.; CECCON, G.; CORREA, C. M. A.; DELBEN, D.S. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres fenológicos e morfoagronômicos em feijão-caupi. **Revista Ceres**, v. 59, n. 1, p. 88-94, 2012.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4.ed. Viçosa: UFV, 2012, 514 p.

DONOHUE, R. J.; RODERICK, M. L.; MCVICAR, T. R.; FARQUHAR, G. D. Impact of CO<sub>2</sub> fertilization on maximum foliage cover across the globe's warm, arid environments. **Geophysical Research Letters**, v. 40, p. 3031–3035, 2013.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa: Imprensa Universitária, 1987. 279p.

FARSHADFAR, E.; MOHAMMADI, R.; FARSHADFAR, M.; DABIRI, S. Relationships and repeatability of drought tolerance indices in wheat-rye disomic addition lines. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 1, p. 130-138, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agroecologia**. v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FISCHER, R. A.; MAURER, R. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 29, n. 5, p. 897-912, 1978.

---

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RODRIGUES, J. E. L. F.; VIEIRA, P. F. de M. J. A cultura: aspectos socioeconômicos. In: VALE, J. C. do; BERTINI, C.; BORÉM, A. (eds.). **Feijão-caupi: do plantio a colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2017. cap. 1, p. 9-34.

GAVUZZI, P.; RIZZA, F.; PALUMBO, M.; CAMPANILE, R. G.; RICCIARDI, G. L.; BORGHI, B. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 77, n. 4, p. 523-531, 1997.

GERRANO, A. S.; ADEBOLA, P. O.; JANSEN VAN RENSBURG, W. S.; LAURIE, S. M. Genetic variability in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) genotypes. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 32, n. 3, p. 165-174, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 22/01/2020.

JOHNSON, H. W.; ROBINSON, H. F.; COMSTOCK, R. E. Estimation of genetic and environmental variability in soybeans. **Agronomy Journal**, v. 47, p. 314–318, 1955.

KHAN, H.; VISWANATHA, K. P.; SOWMYA, H. C. Study of genetic variability parameters in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) germplasm lines. **The bioscan**, v. 10, n. 2, p. 747-750, 2015.

LOPES, K. V.; TEODORO, P. E.; SILVA, F. A.; SILVA, M. T.; FERNANDES, R. L.; RODRIGUES, T. C.; FARIA, T. V.; CORRÊA, A. M. Genetic parameters and path analysis in cowpea genotypes grown in the Cerrado/Pantanal ecotone. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 2, p. 1-11, 2017.

MEIRA, A. L. **Parâmetros genéticos em feijão-caupi sob déficit hídrico, bactérias fixadoras de nitrogênio e microrganismos eficazes**. 2017. 172 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Área de concentração em Fitotecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

MELO, F. de B.; CARDOSO, M. J. Solos e adubação. In: BASTOS, E. A. (ed.). **Cultivo de feijão-caupi**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2017. (Sistema de Produção, 2). Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/temas-publicados>>. Acesso em: 28/02/2018.

MOUSA, M. A.; AL QURASHI, D. Growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) cultivars under water deficit at different growth stages. **Legume Research**, v. 41, I. 5, p. 702-709, 2018.

NASCIMENTO, S. P. do; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, E. M. D. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 853-860, 2011.

PEJIĆ, B.; MAČKIĆ, K.; MIKIĆ, A.; ČUPINA, B.; PEKSEN, E., KRSTIĆ, D.; ANTANASOVIĆ, S. Effect of water stress on the yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) in temperate climatic conditions. **Contemporary Agriculture**, Novi Sad, v. 62, n. 3-4, p. 160-168, 2013.

---

PEKSEN, E.; PEKSEN, A.; GULUMSER, A. Leaf and stomata characteristics and tolerance of cowpea cultivars to drought stress based on drought tolerance indices under rainfed and irrigated conditions. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 3, n. 2, p. 626-34, 2014.

PÚBLIO JÚNIOR, E.; GUIMARÃES, D. G.; PÚBLIO, A. P. P.; SOUZA, U. O.; AMARAL, C. L. F. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-frade. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 231-240, 2018.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. 3 ed. rev., Lavras: UFLA, 2004. 472 p.

ROCHA, M. M.; CAMPELO, J. E. G.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. R.; LOPES, Â. C. A. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi de tegumento branco. **Revista Científica Rural**, v. 8, n. 1, p.135-141, 2003.

SANTOS, A. dos; CECCON, G.; CORREA, A. M.; DURANTE, L. G. Y.; REGIS, J. A. V. B. Análise genética e de desempenho de genótipos de feijão-caupi cultivados na transição do cerrado-pantanal. **Cultivando o Saber**, v. 5, n. 4, p. 87-102, 2012.

SANTOS, J. D. S.; SOARES, C. M. G.; CORRÊA, A. M.; TEODORO, P. E.; RIBEIRO, L. P.; ABREU, H. D. Agronomic performance and genetic dissimilarity among cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) genotypes. **Global Advanced Research Journal of Agricultural Science**, v. 3, p. 271-277, 2014.

SHARMA, M.; SHARMA, P. P.; SHARMA, H.; MEGHAWAL, D. R. Genetic variability in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Germplasm lines. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 6, n. 4, p. 1384-1387, 2017.

SHIMAKURA, S.E.; RIBEIRO JÚNIOR, P.J. Departamento de Estatística da UFPR. **Estatística descritiva: interpretação do coeficiente de correlação**. 2012. Disponível em: <<http://leg.ufpr.br/~paulojus/CE003/ce003/node8.html>>. Acesso em: 08/05/2018.

SHUKLA, S.; BHARGAVA, A.; CHATTERJEE, A.; SRIVASTAVA, A.; SINGH, S.P. Genotypic variability in vegetable amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) for foliage yield and its ontributing traits over successive cuttings and years. **Euphytica**, v. 151, p. 103-110, 2006.

SILVA, A. L. J.; NEVES, J. Produção de feijão-caupi semiprostrado em cultivos de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife-PE, v. 6, n.1, p. 29-36, 2011.

SIVASUBRAMANIAM, P.; MENON, P. M. Inheritance of short statute in rice. **Madras Agricultural Journal**. v. 60, p. 1129-1133, 1973.

TAGLIAFERRE, C.; SANTOS, T. J.; SANTOS, L. da C.; SANTOS NETO, I. J. dos; ROCHA, F. A.; PAULA, A. de. Características agrônômicas do feijão caupi inoculado em função de lâminas de irrigação e de níveis de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 2, p. 242- 248, mar.-abr., 2013.

---

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**, 6ª Edição, Porto Alegre: Artmet, 2017. 888 p.