

## Resposta Fisiológica do Sorgo ao Estresse Hídrico em Casa de Vegetação



ISSN 1679-0154

Outubro, 2012

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 46**

## **Resposta Fisiológica do Sorgo ao Estresse Hídrico em Casa de Vegetação**

Paulo César Magalhães  
Paulo Emílio Pereira de Albuquerque  
João Herbert Moreira Viana

Embrapa Milho e Sorgo  
Sete Lagoas, MG  
2012

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Milho e Sorgo**

Rod. MG 424 Km 45  
Caixa Postal 151  
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG  
Fone: (31) 3027-1100  
Fax: (31) 3027-1188  
Home page: [www.cnpms.embrapa.br](http://www.cnpms.embrapa.br)  
E-mail: [sac@cnpms.embrapa.br](mailto:sac@cnpms.embrapa.br)

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Sidney Netto Parentoni  
Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau  
Membros: Flávia Cristina dos Santos Flávio Dessaune Tardin, Eliane Aparecida Gomes, Paulo Afonso Viana, Guilherme Ferreira Viana e Rosângela Lacerda de Castro

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros  
Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro  
Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa  
Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa  
Foto(s) da capa: Paulo César Magalhães

**1ª edição**

1ª impressão (2012): on line

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Embrapa Milho e Sorgo**

---

Magalhães, Paulo César

Resposta fisiológica do sorgo ao estresse hídrico em casa de vegetação / Paulo César Magalhães, Paulo Emilio Pereira de Albuquerque, João Herbert Moreira Viana -- Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2012.

21 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679- 0154; 46).

1. Sorgo. 2. Sorghum bicolor. 3. Deficiência hídrica. I. Albuquerque, Paulo Emilio Pereira de. II. Viana, João Herbert Moreira. Título. III. Série.

CDD 633.62 (21. ed.)

© Embrapa 2012

# Sumário

<b>Introdução</b> .....	5
<b>Material e Métodos</b> .....	7
<b>Resultados e Discussão</b> .....	8
<b>Conclusões</b> .....	19
<b>Referências</b> .....	19



# Resposta Fisiológica do Sorgo ao Estresse Hídrico em Casa de Vegetação

---

*Paulo César Magalhães<sup>1</sup>*

*Paulo Emílio Pereira de Albuquerque<sup>2</sup>*

*João Herbert Moreira Viana<sup>3</sup>*

## Introdução

A tolerância à seca é a principal característica que faz do sorgo (*Sorghum bicolor* L.) uma das mais importantes culturas em regiões áridas e semi-áridas. O sorgo destaca-se entre outras gramíneas de importância econômica devido não só à sua tolerância ao déficit hídrico mas também pela possibilidade de cultivo em sistema de sequeiro, em épocas e locais com maior ocorrência de irregularidade na distribuição da pluviosidade (XIN et al., 2009).

O estresse hídrico reduz as taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> das plantas devido à redução da condutância estomática (ANJUM et al., 2011a). A ausência de água tem um impacto direto no aparato

---

<sup>1</sup>Doutorado em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, MG 424, Km 45, CEP.: 35701-970, Sete Lagoas-MG. e-mail: pcesar@cnpms.embrapa.br

<sup>2</sup>PhD em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, MG 424, Km 45, CEP.: 35701-970, Sete Lagoas-MG. e-mail: emilio@cnpms.embrapa.br

<sup>3</sup>D.Sc. Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, MG 424, Km 45, CEP.: 35701-970, Sete Lagoas-MG. e-mail: jherbert@cnpms.embrapa.br

fotossintético, principalmente pelos desarranjos provocados na maior parte dos componentes fotossintéticos, incluindo o transporte de elétrons nos tilacoides e a fixação do  $\text{CO}_2$  pela diminuição da funcionalidade estomática e peroxidação de lipídios e destruição de membrana (ANJUM et al., 2011a). O déficit hídrico é definido como um desequilíbrio entre a disponibilidade de água no solo e a demanda evaporativa, capaz de reduzir a acumulação de carbono, a expansão de tecidos e o número de células. Cada um desses processos envolve um grande número de genes, enzimas, hormônios e metabólitos.

Magalhães et al. (2009), estudando, em casa de vegetação, os efeitos da restrição hídrica no florescimento de genótipos de milho, aos 7 dias após a restrição hídrica de  $-70$  kPa, observaram maior fotossíntese, maior condutância e maior transpiração das plantas em ambientes sem estresse, quando comparados à condição de estresse de água.

O conteúdo de água dentro da planta é resultado das taxas de absorção e perda, a absorção depende de vários fatores que vão desde a morfologia do sistema radicular, características físicas do solo e suprimento hídrico (PIMENTEL, 2004).

A transpiração é proporcional ao déficit de pressão de vapor de água na atmosfera, e seu controle é feito pelo fechamento do poro estomático. Porém, o controle da transpiração está intimamente relacionado ao suprimento de  $\text{CO}_2$  à folha. Desse modo, a condutância pode variar ao longo do tempo de forma a garantir o mínimo de perdas de água para uma máxima assimilação de  $\text{CO}_2$  (KRAMER; BOYER, 1995 apud PIMENTEL, 2004, p. 42).

Oliveira et al. (2005), ao trabalharem com a condutância estomática como indicador de estresse hídrico, relatam que a condutância possui estreita relação com o estágio fenológico, temperatura e transpiração. Plantas com menor condutância estomática possuem

maior economia no uso da água (ANJUM et al., 2011a).

Em sorgo, além de serem poucos os trabalhos relacionados com a fotossíntese, condutância estomática e transpiração nos estádios fenológicos de florescimento e enchimento de grãos, não se tem referência de qual umidade no solo seria capaz de proporcionar o estresse desejado. Normalmente, se usam os mesmos parâmetros utilizados para o milho; convém salientar, no entanto, que as duas gramíneas possuem mecanismos de tolerância à seca completamente diferentes.

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi estabelecer o conteúdo de água do solo suficiente para causar nas plantas de sorgo um estresse equivalente a 50% de água total disponível no solo (50% CAD).

## **Material e Métodos**

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação, no período de julho a outubro de 2010, na Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, localizada a 19° 28' de latitude S, longitude 44°15'08" W e 732 m de altitude.

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 4x3 com três repetições, sendo, duas linhagens de sorgo tolerantes à seca: Tx642 e 99100, e duas sensíveis: BR007 e BR001, combinadas com três regimes hídricos (estresse no florescimento, estresse no enchimento de grãos e sem estresse), totalizando 36 vasos dispostos em delineamento inteiramente casualizado. A duração do período de estresse hídrico imposto, tanto no florescimento como enchimento de grãos, foi de 10 dias.

Todos os vasos foram completados com 20 kg de solo com terra fina seca ao ar (TFSA), coletada na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, cuja classificação é Latossolo Vermelho Distrófico

Típico. Esse foi amostrado, nos 36 vasos, para determinação da curva de retenção da água no solo. Essa curva de retenção, considerando-se todas as amostragens de todos os vasos, está apresentada na Figura 1.

O teor de água no solo foi monitorado diariamente nos períodos da manhã e da tarde (9:00 e 15:00 horas), com auxílio de um sensor de umidade modelo GBReader, N 1535 (Measurement Engineering, Austrália) instalado nas parcelas experimentais a uma profundidade de 20 cm. A reposição hídrica, através de irrigação, foi realizada com base nas leituras obtidas com o sensor. Esses cálculos de reposição foram realizados com o auxílio de uma planilha eletrônica feita em função da curva de retenção de água do solo.

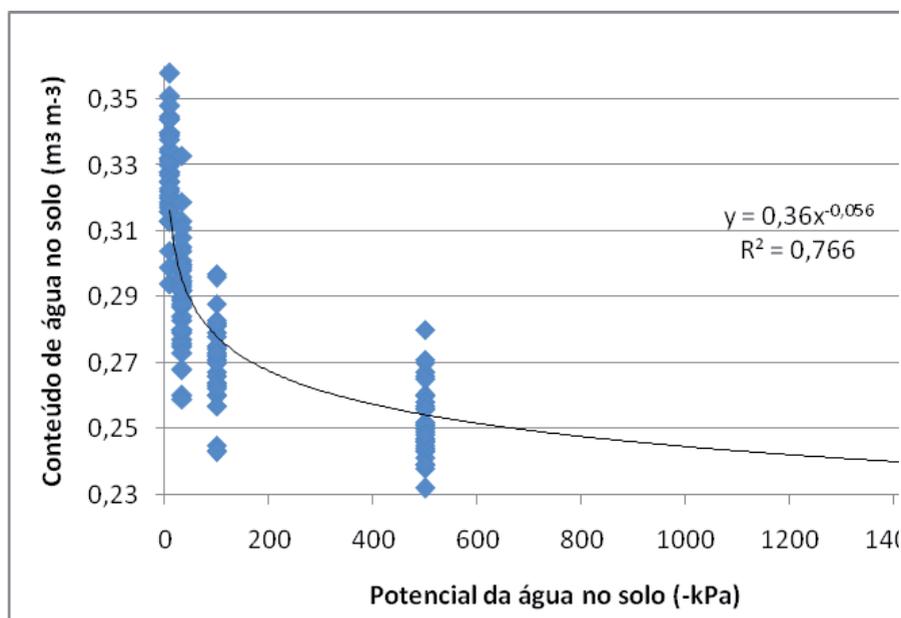
As seguintes características foram avaliadas: potencial de água no solo, fotossíntese, carbono interno, relação carbono interno e carbono de referência ( $C_i/C_r$ ), eficiência no uso da água, eficiência de carboxilação, densidade estomática e produtividade. Foi realizada a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

### Curva de retenção

O potencial da água no solo, na capacidade de campo (CC), foi considerado estar no ponto de -15 kPa e o do ponto de murcha permanente (PM), em -1500 kPa (Figura 1). Esses potenciais estão dentro das faixas com o que preconiza a literatura (REICHARDT, 1996). Pela Figura 1 e pela Tabela 1 observa-se que -15 kPa corresponde ao conteúdo volumétrico de água no solo de  $0,3093 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e o potencial de -1500 kPa a  $0,2390 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , perfazendo uma

capacidade total de água disponível (CAD) de  $0,07032 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . As plantas de sorgo submetidas ao estresse hídrico (no florescimento e no enchimento de grãos) foram deixadas em solo seco até que o potencial ultrapassasse  $-138 \text{ kPa}$ , correspondendo a aproximadamente 50% do consumo da água total disponível no solo (50% CAD – Tabela 1). A reposição da água no solo durante esse período de manutenção do estresse (durante 10 dias) era feito até o potencial retornar a  $-138 \text{ kPa}$ , ou seja, a reposição era feita parcialmente, não alcançando a CC. Entretanto, nas plantas mantidas na condição hídrica de não estresse a reposição era integral, isto é, até o conteúdo de água no solo atingir a CC ( $-15 \text{ kPa}$ ).



**Figura 1.** Curva de retenção de água no solo utilizado em vasos com plantas de sorgo em casa de vegetação (Sete Lagoas, 2011).

**Tabela 1.** Potencial de água ( $\psi$ ) em função do conteúdo volumétrico de água ( $\theta$ ) e da capacidade total de água disponível (CAD) em solo em vasos com plantas de sorgo em casa de vegetação (Sete Lagoas, 2011).

y (kPa)	q ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	CAD (%)
-15 (CC*)	0,3093	100
-33	0,2960	81
-100	0,2782	56
-138	0,2732	49
-500	0,2542	22
-1500 (PM**)	0,2390	0

\* CC = capacidade de campo; \*\* PM = ponto de murcha permanente.

## Fotossíntese

A análise da fotossíntese, condutância estomática e transpiração apresentaram interação apenas para as linhagens e os estádios fenológicos, enquanto as características carbono interno e a relação Carbono interno/Carbono de referência apresentaram interação significativa para as linhagens e os estádios fenológicos.

Os maiores valores para fotossíntese, condutância estomática e transpiração no estágio fenológico do florescimento foram encontrados nas linhagens sensíveis à seca (BR001 e BR007), enquanto para o enchimento de grãos os maiores valores desses atributos foram encontrados nas linhagens tolerantes à seca (99100 e Tx642). Para todas as linhagens, a fotossíntese foi em média 59,39% maior no florescimento do que no enchimento de grãos (Tabela 2).

Nas condições desse experimento, a condutância estomática foi menor no enchimento de grãos do que no florescimento, conseqüentemente, a fotossíntese líquida também foi menor no enchimento de grãos.

**Tabela 2.** Fotossíntese, condutância estomática e transpiração de linhagens de sorgo nos estádios fenológicos de florescimento e enchimento. (Sete Lagoas, 2011).

Linhagens	A ( $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )		Gs ( $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )		T ( $\mu\text{g cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	
	Flor	Ench	Flor	Ench	Flor	Ench
BR001	34,35 aA	9,65 bB	0,276 aA	0,052 bB	5,58 aA	1,02 bB
BR007	33,06 aA	10,19 bB	0,283 aA	0,052 bB	5,71 aA	0,99 bB
99100	24,78 bA	16,03 aB	0,239 bA	0,089 aB	4,85 bA	1,61 aB
Tx642	24,14 bA	11,35 bB	0,194 cA	0,067 bB	4,34 bA	1,22 bB

A: Taxa de fotossíntese foliar, Gs: Condutância estomática, T:

Transpiração, Flor: Florescimento, Ench: Enchimento de grãos.

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O florescimento marca a passagem da planta do estágio vegetativo para o estágio reprodutivo, embora não se tenham informações na literatura a respeito de diferenças entre atividade fotossintética nos estádios fenológicos de florescimento e enchimento de grãos em sorgo. Supõe-se que a maior atividade fotossintética no florescimento seja para suprir as elevadas demandas energéticas da reprodução, enquanto no enchimento de grãos a fotossíntese seja principalmente para “manutenção” da planta, visto que grande parte dos fotoassimilados produzidos durante o estágio vegetativo, armazenados no colmo, são translocados para os grãos.

Cabe ressaltar que as maiores taxas fotossintéticas nem sempre estão relacionadas com elevada produtividade. A produtividade de uma cultura é resultado de uma série de fatores e as relações entre eles, como por exemplo a relação fonte- dreno, genética e condições ambientais (DURÃES et al., 2005).

Em sorgo, poucos são os trabalhos relacionados com a

fotossíntese, condutância estomática e transpiração nos estádios fenológicos de florescimento e enchimento.

Em estudos recentes sobre Eficiência da transpiração TE (acúmulo de biomassa por unidade de água transpirada), foi relatada a existência de consideráveis variações na eficiência de transpiração em genótipos de sorgo e acumulação de biomassa. Além disso, esse parâmetro pode ser fortemente influenciado por fatores ambientais, baixa concentração interna de  $\text{CO}_2$  e capacidade fotossintética, podendo variar de ano para ano e de genótipo para genótipo (XIN et al., 2009).

A transpiração é proporcional ao déficit de pressão de vapor de água na atmosfera, e seu controle é feito pelo fechamento do poro estomático. Porém, o controle da transpiração está intimamente relacionado ao suprimento de  $\text{CO}_2$  à folha, desse modo, a condutância pode variar ao longo do tempo de forma a garantir o mínimo de perdas de água para uma máxima assimilação de  $\text{CO}_2$  (KRAMER; BOYER, 1995 apud PIMENTEL 2004, p. 42).

Oliveira et al., (2005), ao trabalharem com a condutância estomática como indicador de estresse hídrico, relataram que a condutância possui estreita relação com o estágio fenológico, temperatura e transpiração.

Plantas com menor condutância estomática possuem maior economia no uso da água. Assim, é possível verificar na Tabela 2 que há uma maior demanda de água no florescimento, devido á maior atividade fotossintética e transpiratória. Nesse sentido, os programas de melhoramento de sorgo para tolerância à seca devem buscar linhagens que possuam no florescimento elevada atividade fotossintética e baixa condutância estomática para reduzir as perdas de água por transpiração.

A água perdida para a atmosfera, através da transpiração, é uma consequência inevitável da necessidade de assimilação do  $\text{CO}_2$

atmosférico, pela fotossíntese, pois, quando a planta abre os estômatos para a aquisição do  $\text{CO}_2$ , ocorre a perda de água pela transpiração (HSIAO; XU, 2000).

É importante salientar que a transpiração tem efeitos benéficos, como o resfriamento da folha, devido ao calor de vaporização da água, aceleração da ascensão da seiva do xilema e aumento na absorção de minerais. Os efeitos nocivos são de diversos tipos e intensidade podendo ocorrer desde injúrias até a morte por desidratação (PIMENTEL, 2004).

Anjum et al. (2011a), ao estudarem os efeitos do estresse hídrico na cultura do milho, verificaram diminuição considerável da fotossíntese de 33,22%, uma queda na taxa de transpiração de 37,84% e redução da condutância estomática de 25,54%, quando comparados ao controle irrigado.

## **Carbono interno e relação Ci/Cr**

Sob irrigação ou estresse hídrico não houve diferenças estatísticas entre as linhagens com relação ao carbono interno. Sob manejo estressado, a linhagem 99100 foi a única a apresentar redução significativa na concentração de carbono interno da ordem de 41,54% a menos quando comparada com a condição irrigada (Tabela 3).

O mesmo comportamento encontrado para a concentração de carbono interno foi verificado para a relação Ci/Cr, sendo a redução da relação Ci/Cr para a linhagem 99100 de 41,27% sob estresse hídrico, quando comparada com a condição irrigada (Tabela 3).

A assimilação do  $\text{CO}_2$  é apenas um dos muitos fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento vegetal. A concentração do carbono interno (Ci) e a relação entre Ci/Cr é um parâmetro que pode prever o status fotossintético do vegetal. A maior concentração de  $\text{CO}_2$  é um indício de que a fotossíntese

está baixa ou inoperante, enquanto baixas concentrações de  $\text{CO}_2$  sugerem o contrário.

**Tabela 3.**  $\text{CO}_2$  interno e relação Carbono interno/ Carbono de referência (Ci/Cr) em linhagens de sorgo sob manejo irrigado e estressado. (Sete Lagoas, 2011).

Linhagens	Carbono Interno (PPM)		Relação Ci/Cr (PPM)	
	Irrigado	Estressado	Irrigado	Estressado
BR001	102,93 aA	105,23 aA	0,271 aA	0,268 aA
BR007	92,49 aA	119,31 aA	0,262 aA	0,305 aA
99100	139,19 aA	81,37 aB	0,361 aA	0,212 aB
Tx642	139,19 aA	112,03 aA	0,281 aA	0,286 aA

Ci - Carbono interno, Ci/Cr – Ralação carbono interno/carbono de referência.

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

### **Eficiência no uso da água e Eficiência de carboxilação**

Para a eficiência do uso da água houve interação significativa apenas para os estádios fenológicos e os manejos adotados. Sob irrigação e sob estresse hídrico, as linhagens apresentaram maior eficiência do uso da água no período de enchimento de grãos (47,27%) enquanto sob manejo estressado esta eficiência foi da ordem de 30,68%. No florescimento a maior eficiência do uso da água ocorreu sob estresse e no enchimento de grão ocorreu sob irrigação (Tabela 4).

Não houve diferenças estatísticas para a eficiência de carboxilação (CE) para os estádios fenológicos sob irrigação. Na condição de estresse, o florescimento apresentou uma maior CE do que o enchimento de grãos. Apenas para enchimento de grãos houve redução significativa da eficiência de carboxilação de 45,16% sob estresse hídrico quando comparado com o manejo irrigado (Tabela 4).

**Tabela 4.** Eficiência do Uso da Água (EUA) e Eficiência de Carboxilação (CE) em linhagens de sorgo sob manejo irrigado e estressado. (Sete Lagoas, 2011).

Estádios	EUA		CE	
	Irrigado	Estressado	Irrigado	Estressado
Florescimento	5,33 bB	6,35 bA	0,21 aA	0,28 aA
Enchimento	10,11 aA	9,16 aB	0,31 aA	0,17 bB

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A eficiência no uso de água (EUA) é de grande importância para a sobrevivência em condições de baixa disponibilidade, por ser um bom indicador para tolerância à falta de água. A maior EUA das plantas não garante por si só maior adaptação à seca (PIMENTEL, 1998).

No enchimento de grãos a menor fotossíntese em relação ao florescimento foi compensada pela menor transpiração em função da baixa disponibilidade de água para ser perdida por transpiração, o que contribuiu para uma maior EUA.

A eficiência de carboxilação (CE), velocidade com que o CO<sub>2</sub> fixado é processado, é limitada principalmente pela quantidade e

atividade enzimática e pela disponibilidade de  $\text{CO}_2$ . A eficiência de carboxilação é influenciada por vários outros fatores: concentração do aceptor, temperatura, grau de hidratação do protoplasma, suprimento de substâncias minerais (especialmente fosfato) e grau de desenvolvimento e atividade da planta. Os fito hormônios, como o ácido abscísico que regula o fluxo iônico, também intervêm na eficiência de carboxilação.

A redução significativa da eficiência da carboxilação (CE) no enchimento de grãos quando comparada entre os manejos sem restrição e com restrição hídrica é um grande indício de que a dependência de água nos processos de carboxilação é maior no enchimento do que no florescimento.

## **Densidade estomática**

Não houve interações significativas entre os genótipos e o manejo ou entre genótipos e estádios fenológicos. Porém, as linhagens avaliadas apresentaram diferenças estatísticas entre si quanto à densidade estomática, sendo a Tx642 a linhagem com a maior densidade de estômatos na epiderme da face abaxial com 37,96% mais estômatos que BR001 que foi a linhagem com menor densidade estomática. Na face adaxial, as linhagens 99100 e Tx642 apresentaram maior densidade estomática do que BR007 e BR001 (Tabela 5).

Muchow e Sinclair (1989), ao estudarem a perda de água pela condutância epidérmica em linhagens de sorgo, relataram que a condutância epidérmica está relacionada com o aumento da densidade estomática. Isso significa que a densidade estomática desempenha papel direto na perda de água mesmo em condutâncias muito baixas.

**Tabela 5.** Densidade estomática de linhagens de sorgo. (Sete Lagoas, 2011).

Linhagens	Densidade Estomática	
	Epiderme da Face Abaxial	Epiderme da Face Adaxial
BR001	67,02 c	48,72 b
BR007	78,48 b	50,26 b
99100	83,33 b	71,65 a
Tx642	108,02 a	66,14 a

Médias seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

## Produtividade

No florescimento, a linhagem 99100 foi aquela com maior média de peso seco de grãos, 87,86% a mais do que a Tx642 que apresentou o menor peso e 51,31% a mais que a média das linhagens sensíveis à seca BR001 e BR007 (Tabela 6).

Apenas as linhagens tolerantes a seca Tx642 e 99100 apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os diferentes manejos. A linhagem 99100 apresentou redução no peso seco de grãos apenas quando submetida a estresse hídrico no enchimento de grãos, com redução de 48,63% quando comparada com o manejo irrigado. A linhagem Tx642 apresentou redução no peso seco de grãos de 82,21% no florescimento e 61,88% no enchimento de grãos quando comparada ao manejo irrigado. Sob irrigação, não houve diferenças estatísticas entre as linhagens analisadas (Tabela 6).

Sob estresse hídrico nos estádios de florescimento e enchimento de grãos, a linhagem Tx642 apresentou o menor índice de colheita, enquanto as demais não diferiram entre si estatisticamente. Apenas Tx642 apresentou mudanças significativas com a imposição de estresse hídrico no florescimento e enchimento com redução do índice de colheita para ambos os estádios, sendo essa redução maior no florescimento (Tabela 6).

**Tabela 6.** Peso seco médio de grãos e Índice de Colheita (IC) de linhagens de sorgo sob manejo irrigado e estressado nos estádios fenológicos de florescimento e enchimento de grãos. (Sete Lagoas, 2011).

Linhagens	PS de Grãos (g)			Índice de Colheita		
	Irrigado	Estr. Flor	Estr. Ench	Irrigado	Estr. Flor	Estr. Ench
BR001	24,93 aA	24,94 bA	19,80 aA	0,47aA	0,46aA	0,40 aA
BR007	26,11 aA	26,23 bA	20,70 aA	0,40aA	0,41aA	0,51 aA
99100	40,74 aA	52,55 aA	20,93 aB	0,50 aA	0,48aA	0,37 aA
Tx642	35,86 aA	6,38 cB	13,67 aB	0,47aA	0,10bC	0,26bB

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O índice de colheita é uma razão entre a fração de grãos e a matéria seca total da planta (DURÃES et al., 2002), o que equivale dizer que quanto maior o índice maior a produção de grãos em relação aos órgãos vegetativos.

A linhagem 99100 apresentou fotossíntese maior no enchimento de grãos e os maiores valores de peso seco de grãos, o que compensou o investimento em órgãos vegetativos (peso seco de raiz e planta).

Mutava et al. (2011), ao estudarem tolerância á seca em 300 genótipos de sorgo de diferentes raças no mundo, verificaram que

o índice de colheita de grãos e o número de grãos foram afetados negativamente pela limitação de umidade para todas as raças. No geral, houve uma grande variabilidade de características fisiológicas e rendimento, dentro e entre os genótipos.

## Conclusões

Nas condições experimentais, a leitura do potencial matricial da água no solo na faixa de -138 a -126 kPa pode proporcionar em torno de 50% da capacidade de água total disponível no solo (50% CAD) para as plantas de sorgo, enquanto o potencial de -15 kPa pode ser o indicado para o conteúdo da água no solo da capacidade de campo.

A fotossíntese, a condutância estomática e a transpiração foram maiores no florescimento para as linhagens sensíveis à seca e maior no enchimento de grãos para linhagens tolerantes à seca. A linhagem 99100 apresentou maior atividade fotossintética, maior controle da transpiração, maior investimento no sistema radicular, que contribuíram para sua maior produtividade.

As linhagens apresentam uma maior eficiência do uso da água no enchimento de grãos. Sob estresse hídrico, as linhagens no estágio de enchimento tiveram uma melhor eficiência de carboxilação.

As linhagens de sorgo no geral apresentaram maiores perdas na produção de parte aérea no florescimento, sendo esse estágio o mais crítico nas condições deste trabalho.

## Referências

ANJUM, S. A.; WANG, L. C.; FAROOQ, M.; HUSSAIN, M.; XUE, L. L.; ZOU, C. M. Brassinolide application improves the drought tolerance in maize through modulation of enzymatic antioxidants and leaf gas exchange. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 197, n. 3, Jan. 2011a.

ANJUM, S. A.; XIE, X.; WANG, L.; SALEEM, M. F.; MAN, C.; LEI, W. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 9, p. 2026-2032, n.4, May 2011b.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; OLIVIERA, A. C. de. Índice de colheita genético e as possibilidades da genética fisiológica para melhoramento do rendimento do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 33-40, 2002.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; GAMA, E. E. G.; OLIVEIRA, A. C. Caracterização fenotípica de linhagens de milho quanto ao rendimento e à eficiência fotossintética. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 3, p. 355-361, 2005.

HSIAO, T. C.; XU, L. K. Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 5, n. 350, p. 1595-1616, Set. 2000.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; KARAM, D.; MAGALHÃES, M. M.; CANTÃO, F. R. O. Caracterização ecofisiológica de linhagens de milho submetidas a baixa disponibilidade hídrica durante o florescimento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 3, p. 223-232, 2009.

MUCHOW, R. C.; SINCLAIR, T. R. Epidermalconductance, stomatal density and stomatal size among genotypes of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 12, n. 4, p. 425-431, 1989.

MUTAVA, R. N.; PRASAD, P. V. V.; TUINSTRA, M. R.; KOFOID, K. D.; YU, J. Characterization of sorghum genotypes for traits related to drought tolerance. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 123, n. 1, p. 10-18, 2011.

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

PIMENTEL, C. **Metabolismo do carbono na agricultura tropical**. 9. ed. Seropédica: Edur, 1998. 150 p.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: Edur, 2004. 191 p.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ, 1996. 505 p.

XIN, Z.; AIKEN, R.; BURKE, J. Genetic diversity of transpiration efficiency in sorghum. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 111, p. 74-80, 2009.

**Embrapa**

---

*Milho e Sorgo*



Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA