

## **Efeitos de Diferentes níveis de estresse hídrico na caracterização ecofisiológica de genótipos de sorgo**

**Paulo César Magalhães**<sup>(1)</sup>; **Maria Lúcia Ferreira Simeone**<sup>(1)</sup>; **Newton Portilho Carneiro**<sup>(1)</sup>; **Carlos César Gomes Júnior**<sup>(2)</sup>; **Thiago Correa de Souza**<sup>(3)</sup>; **Antônio Carlos de Oliveira**<sup>(1)</sup> **Thais Melo da Fonseca**<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo; Sete Lagoas, MG; [paulo.magalhaes@embrapa.br](mailto:paulo.magalhaes@embrapa.br); <sup>(2)</sup> Graduando da Universidade Federal de São João Del Rei, Sete Lagoas, MG; <sup>(3)</sup> Professor da Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG;

**RESUMO:** A planta de sorgo tolera mais o déficit de água do que a maioria dos outros cereais, no entanto, o estresse hídrico na fase reprodutiva, ainda é um dos fatores mais limitantes da produtividade da cultura. Os objetivos deste trabalho foram verificar os efeitos de diversos níveis de estresse hídrico em características ecofisiológicas do sorgo. Foram utilizadas duas linhagens contrastantes para tolerância à seca: 9910032 (tolerante) e 9618158 (sensível). O ensaio foi conduzido, em casa de vegetação, na Embrapa Milho e Sorgo. No pré-florescimento, foram impostos em ambos os genótipos quatro níveis de estresse: ameno (quatro dias de estresse); médio (oito); severo (12 dias) e o tratamento recuperação que corresponde a avaliação com sete dias após a suspensão do estresse. Para cada tipo de estresse houve uma testemunha irrigada correspondente. Foram avaliados: teor relativo de clorofila, relação Fv/Fm, condutância estomática, potencial hídrico, e o peso de grãos. Os genótipos sensíveis e tolerantes mostraram menor condutância estomática para todos os tipos de estresse, quando comparados aos tratamentos irrigados. O potencial hídrico foliar foi diferente nos estresses médio e severo. A massa de grãos para o genótipo sensível foi maior nos tratamentos irrigados. Por outro lado, para o genótipo tolerante os estresses não resultaram em diferenças estatisticamente significativas entre irrigado versus estressado.

**Termos de indexação:** Tolerância à seca, *Sorghum bicolor* L.

### **INTRODUÇÃO**

A planta de sorgo tolera mais o déficit de água do que a maioria dos outros cereais, no entanto, o estresse hídrico na fase reprodutiva, ainda é um dos fatores mais limitantes da produtividade da cultura.

O sorgo é uma planta C4, de dia curto e com altas taxas

fotossintéticas. A grande maioria dos materiais genéticos de sorgo requerem temperaturas superiores a 21°C para um bom crescimento e desenvolvimento. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diversos níveis de déficit hídrico em características ecofisiológicas do sorgo.

### **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram utilizadas duas linhagens contrastantes para tolerância à seca: 9910032 (tolerante) 9618158 (sensível). O ensaio foi conduzido, em regime de casa de vegetação, na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas. Utilizaram-se duas plantas por vaso de 20 litros, preenchidos previamente com solo do tipo Latossolo Vermelho Distrófico Típico. A adubação foi feita de acordo com a recomendação da análise química do solo. As plantas foram irrigadas regularmente mantendo umidade do solo próximo à capacidade de campo (CC) até a imposição dos tratamentos. O teor de água no solo foi monitorado diariamente nos períodos da manhã e da tarde (9 e 15 horas), com o auxílio de um sensor de umidade watermark (tensiômetro) modelo 200SS – 5”(IRROMETER, Califórnia – USA), instalado no centro dos vasos de cada repetição, na profundidade de 20 cm.

### **Tratamentos e parâmetros avaliados**

No pré-florescimento, em parte das plantas foi imposto o déficit hídrico em ambos os genótipos. Os estressados foram compostos por quatro tipos de estresse: ameno (quatro dias de déficit hídrico); médio (oito dias); severo (12 dias de estresse hídrico) e o tratamento recuperação que corresponde a avaliação com sete dias após a suspensão do estresse. Os tratamentos irrigados correspondem a quatro testemunhas, as quais não

sofreram estresse hídrico. Para cada tratamento estressado houve uma testemunha correspondente. Para os tratamentos irrigados a reposição hídrica foi realizada diariamente até o solo atingir a umidade próxima a CC (tensão da água no solo de aproximadamente -18 kPa), enquanto que, nos tratamentos com déficit de água, a indução do estresse hídrico foi realizada diariamente aplicando-se no mínimo 50% da água total disponível, ou seja, até a tensão da água no solo atingir no mínimo -138 kPa. As avaliações realizadas após cada período de estresse, foram: teor relativo de clorofila (unidades de SPAD), determinado na folha bandeira utilizando um clorofilometro (Model SPAD 502, Minolta, Japan); eficiência quântica máxima do fotosistema II ( $F_v/F_m$ ), determinada em folhas adaptadas ao escuro por meio de um fluorímetro (Plant Efficiency Analyser, Hansatech Instruments King's Lynn, UK); condutância estomática foliar, obtida através de um porômetro (Decagon Devices, Inc., Pullman, WA, USA); potencial hídrico foliar, determinado através de uma câmara de pressão do tipo Scholander (Soil Moisture Equipment Corp., Modelo 3005, Santa Barbara CA, USA). Na colheita, foi avaliado o peso de grãos.

### Delineamento e análise estatística

O Delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados, sendo oito tratamentos hídricos, dispostos num fatorial 2x8, com quatro repetições, sendo quatro tratamentos estressados e quatro irrigados.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estresses ameno e médio não causaram nenhum efeito entre os genótipos estudados, quando comparados a testemunha irrigada, para o teor de clorofila na folha. No entanto os estresses severo e de recuperação resultaram em teores maiores de clorofila em ambos os genótipos, quando comparados com o tratamento irrigado (Tabela 1).

O teor relativo de clorofila pelo SPAD é um parâmetro de avaliação bastante usado no melhoramento de gramíneas, porém sua relação com a seca ainda é motivo de bastante controvérsia na literatura. Estudos realizados por Magalhães et al., (2009) para o teor relativo de clorofila em linhagens de milho contrastantes quanto a tolerância à seca, não detectaram diferenças significativas entre as linhagens com e sem restrição hídrica, no entanto a média dos ambientes revelou superioridade significativa do ambiente sem deficiência hídrica.

A fluorescência da clorofila não foi afetada pelos diversos tratamentos utilizados, a exceção do estresse severo, onde ocorreu menor atividade do

fotossistema II nos tratamentos estressados, para ambos os genótipos (Tabela 2).

Magalhães et al. (2016) trabalhando com as linhagens de sorgo BR007 e 9910032, respectivamente sensível e tolerante a seca, relataram que a relação ( $F_v/F_m$ ) em plantas controle de ambas linhagens e mesmo em plantas da linhagem 9910032 expostas ao déficit hídrico foi de 0.77, e somente em folhas de plantas da linhagem BR007 a razão  $F_v/F_m$  decresceu, esse declínio na razão  $F_v/F_m$  foi em paralelo a uma maior atividade da catalase.

**Tabela 1** - Teor relativo de clorofila em unidades SPAD em folhas de plantas de sorgo submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Sete Lagoas – MG, 2015.

Tratamentos	Genótipos	
	9618158 <sup>1</sup>	9910032 <sup>2</sup>
Estresse Ameno	*50,95 a	50,61 a
Testemunha 1 Irrigado	48,41 a	53,04 a
Estresse Médio	47,95 a	53,33 a
Testemunha 2 Irrigado	51,25 a	49,08 a
Estresse Severo	49,00 a	52,06 a
Testemunha 3 Irrigado	44,10 b	42,53 b
Recuperação	51,86 a	51,73 a
Testemunha 4 Irrigado	43,41 b	42,24 b

\*Médias seguidas pela mesma letra para cada tipo de estresse, comparados com a respectiva testemunha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de t.

<sup>1</sup> Genótipo sensível ao estresse hídrico

<sup>2</sup> Genótipo tolerante ao estresse hídrico

Os genótipos 9618158 e o 9910032 mostraram menor condutância estomática para todos os tipos de estresse estudados, quando comparados aos tratamentos irrigados, e esse padrão foi mantido após período de recuperação (Tabela 3).

Em conformidade com estes resultados Magalhães et al. (2009), também estudando os efeitos da restrição hídrica no florescimento em genótipos de milho em casa de vegetação, aos 7 dias após a restrição hídrica de -70KPa, observaram maior fotossíntese em ambientes sem estresse, portanto maior condutância e maior transpiração quando comparados a condição de estresse.

Em contraste, Magalhães et al. (2016) reportaram que diferentemente do esperado, a taxa fotossintética por unidade de área foliar foi sobremaneira aumentada, especialmente em folhas oriundas da linhagem BR007, linhagem de sorgo sensível a seca.

**Tabela 2** - Fluorescência da Clorofila (relação Fv/Fm) determinada pelo PEA em folhas de plantas de sorgo submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Sete Lagoas – MG, 2015.

Tratamentos	Genótipos	
	9618158 <sup>1</sup>	9910032 <sup>2</sup>
Estresse Ameno	*0,73 a	0,68 a
Testemunha 1 Irrigado	0,75 a	0,71 a
Estresse Médio	0,65 a	0,70 a
Testemunha 2 Irrigado	0,70 a	0,72 a
Estresse Severo	0,69 b	0,68 b
Testemunha 3 Irrigado	0,81 a	0,76 a
Recuperação	0,70 a	0,70 a
Testemunha 4 Irrigado	0,76 a	0,71 a

\*Médias seguidas pela mesma letra para cada tipo de estresse, comparados com a respectiva testemunha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de t.

<sup>1</sup> Genótipo sensível ao estresse hídrico

<sup>2</sup> Genótipo tolerante ao estresse hídrico

O potencial hídrico foliar foi diferente nos estresses médio e severo. No estresse médio ambos os genótipos resultaram em maior potencial

hídrico (valores negativos menores) para o tratamento estressado quando comparado ao irrigado. Já o estresse severo só resultou em diferenças para o genótipo sensível, neste caso o estresse severo resultou em menor potencial hídrico foliar (valores mais negativos), comparado ao tratamento irrigado (Tabela 4).

Resultados semelhantes foram encontrados por Lavinsky et al. (2015), sendo que ao final do período de imposição do estresse, todos os genótipos de milho avaliados sob déficit hídrico exibiram em relação àqueles que tiveram a umidade do solo mantida próximo à capacidade de campo, valores mais negativos de potencial hídrico foliar, entretanto, não foi possível distinguir genótipos sensíveis e tolerantes com base nessa variável.

A massa de grãos para o genótipo sensível (9618158) foi diferenciada em todos os tratamentos, sendo que o irrigado sempre superou o estressado, confirmando assim a sensibilidade do material. Por outro lado, para o genótipo tolerante (9910032) a exceção do estresse médio onde o irrigado superou o estressado, os demais estresses não resultaram em diferenças estatisticamente significativas entre irrigado versus estressado, para este genótipo, ratificando sua condição de tolerância ao déficit hídrico (Tabela 5).

**Tabela 3** - Condutância estomática ( $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) em folhas de plantas de sorgo submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Sete Lagoas – MG, 2015.

Tratamentos	Genótipos	
	9618158 <sup>1</sup>	9910032 <sup>2</sup>
Estresse Ameno	*56,30 b	23,58 b
Testemunha 1 Irrigado	134,55 a	123,55 a
Estresse Médio	54,55 b	34,38 b
Testemunha 2 Irrigado	125,45 a	98,50 a
Estresse Severo	34,18 b	30,60 b
Testemunha 3 Irrigado	131,08 a	97,85 a
Recuperação	43,40 b	34,23 b
Testemunha 4	102,53 a	105,88 a

### Irrigado

\*Médias seguidas pela mesma letra para cada tipo de estresse, comparados com a respectiva testemunha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de t.

<sup>1</sup> Genótipo sensível ao estresse hídrico

<sup>2</sup> Genótipo tolerante ao estresse hídrico

**Tabela 4** - Potencial hídrico foliar (bars) determinado pela Bomba de Scholander em folhas de plantas de sorgo submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Sete Lagoas – MG, 2015.

Tratamentos	Genótipos	
	9618158 <sup>1</sup>	9910032 <sup>2</sup>
Estresse Ameno	*-2,38 a	-3,06 a
Testemunha 1 Irrigado	-4,56 a	-5,31 a
Estresse Médio	-7,50 b	-6,13 b
Testemunha 2 Irrigado	-14,63 a	-17,00 a
Estresse Severo	-13,06 a	-12,25 a
Testemunha 3 Irrigado	-7,60 b	-9,38 a
Recuperação	-4,75 a	-3,50 a
Testemunha 4 Irrigado	-7,50 a	-5,81 a

\*Médias seguidas pela mesma letra para cada tipo de estresse, comparados com a respectiva testemunha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de t.

<sup>1</sup> Genótipo sensível ao estresse hídrico

<sup>2</sup> Genótipo tolerante ao estresse hídrico

O melhor desempenho da linhagem 9910032 foi também evidenciada no trabalho de Magalhães et al. (2016), onde foi relatado que em adição à tolerância, esta linhagem apresenta traços conservativos de evitar à seca em suas raízes, além de reunir o maior número de atributos anatômicos e modificações que lhe permite suportar melhor a seca. Estes atributos podem explicar sua performance sob déficit hídrico.

Os parâmetros fisiológicos apesar de não manterem uma relação direta com a tolerância ao estresse e

ao maior rendimento de grãos vêm sendo utilizados para auxiliar no melhoramento genético, para medir o estresse e entender os mecanismos envolvidos na tolerância (SOUZA et al. 2016).

**Tabela 5** – Peso de grãos em gramas, de plantas de sorgo submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Sete Lagoas – MG, 2015.

Tratamentos	Genótipos	
	9618158 <sup>1</sup>	9910032 <sup>2</sup>
Estresse Ameno	*21,13 b	20,76 a
Testemunha 1 Irrigado	35,25 a	18,31 a
Estresse Médio	20,36 b	17,34 b
Testemunha 2 Irrigado	39,02 a	25,72 a
Estresse Severo	27,24 b	28,34 a
Testemunha 3 Irrigado	35,49 a	22,47 a
Recuperação	22,32 b	15,24 a
Testemunha 4 Irrigado	33,87 a	17,06 a

\*Médias seguidas pela mesma letra para cada tipo de estresse, comparados com a respectiva testemunha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de t.

<sup>1</sup> Genótipo sensível ao estresse hídrico

<sup>2</sup> Genótipo tolerante ao estresse hídrico

### REFERÊNCIAS

LAVINSKY, A. O.; MAGALHAES, P. C.; AVILA, R. G.; DINIZ, M. M.; SOUZA, T. C. Partitioning between primary and secondary metabolism of carbon allocated to roots in four maize genotypes under water deficit and its effects on productivity. **The Crop Journal** 3, p. 379-386. 2015.

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** 8, p. 223-232, 2009.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C.; LAVINSKY, A. O.; ALBUQUERQUE, P. E.; OLIVEIRA, L. L.; CASTRO, E. M. Phenotypic plasticity of root system and shoots of



## XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

“Milho e Sorgo: inovações,  
mercados e segurança alimentar”

---

*Sorghum bicolor* under different soil water levels during pre-flowering stage. **AJCS** 1, p. 81-87. 2016.

SOUZA, T. C.; MAGALHÃES, P. C.; CASTRO, E. M.; DUARTE, V. P.; LAVINSKY, A. O. Corn root morphoanatomy at different development stages and yield under water stress. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 15, p. 330-339. 2016.



## XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

"Milho e Sorgo: inovações,  
mercados e segurança alimentar"

---