

Câmpus
Ipameri



Universidade
Estadual de Goiás



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

**DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA EM HÍBRIDOS SIMPLES DE SORGO
GRANÍFERO SOB ESTRESSE HÍDRICO**

AYURE GOMES DA SILVA

MESTRADO

**Ipameri-GO
2018**

AYURE GOMES DA SILVA

**DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA EM HÍBRIDOS SIMPLES DE SORGO
GRANÍFERO SOB ESTRESSE HÍDRICO**

Orientador Prof. Dr. Fabricio Rodrigues

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Câmpus Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri
2018

Silva, Ayure Gomes.

Depressão endogâmica em híbridos de sorgo granífero sob estresse hídrico/Ayure Gomes Silva - 2017.

56 f. il.

Orientador: Prof. Dr. Fabricio Rodrigues

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri, 2017.

Bibliografia.

1. Ciências Agrárias. 2. Agronomia. 3. Sorgo Granífero.
I. Título.

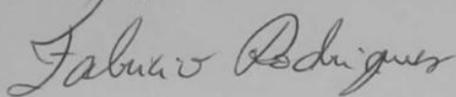
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA EM HÍBRIDOS SIMPLES DE SORGO GRANÍFERO SOB ESTRESSE HÍDRICO.”

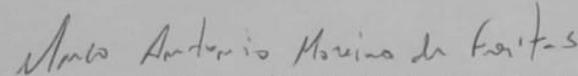
AUTORA: Ayure Gomes da Silva

ORIENTADOR: Fabricio Rodrigues

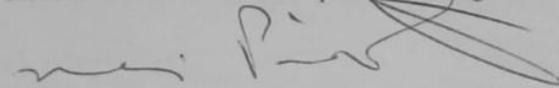
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:



Prof. Dr. FABRICIO RODRIGUES
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO



Prof. Dr. MARCO ANTÔNIO MOREIRA DE FREITAS
Instituto Federal Goiano/Câmpus Urutai/Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas



Prof. Dr. NEI PEIXOTO
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO

Data da realização: 26 de janeiro de 2018

“Direi do senhor: Ele é o meu refúgio e a minha fortaleza, o meu Deus,
em quem confio.”

A Deus e a nossa Senhora Aparecida pela força e proteção concebida.

Aos meus pais Ivanildo e Edileuza.

Aos meus irmãos Tainã e Ivanildo Junior.

Aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus, pela dádiva da vida, amparo, proteção, sabedoria e força para realização desse sonho e a Nossa Senhora da Aparecida por sempre me estender a mão e cuidar da minha vida.

Agradeço aos meus pais, Edileuza Gomes e Ivanildo Francisco, por sempre me proporcionarem o melhor, por sempre me apoiarem em todos os meus sonhos, mesmo que para isso fosse necessário abrir mão dos seus próprios sonhos. Pelo amor, dedicação, esforço e educação que sempre me proporcionaram.

Agradeço aos meus irmãos, Tainã Francisco e Ivanildo Júnior e, a minha cunhada Gabriele por sempre estarem ao meu lado e sempre me incentivando a ir em busca do melhor para mim. Agradeço a Herta Araújo, por ser uma pessoa maravilhosa e iluminada, estando sempre ao meu lado diante das dificuldades.

Agradeço a minhas avós, Isaura Luiza e Joana Alves e, meus avôs, Francisco José e Dorival Gomes, por todo amor, dedicação e ensinamentos.

Agradeço ao meu orientador, Fabricio Rodrigues, pela oportunidade de participar do seu grupo de pesquisa, pelos ensinamentos, paciência e ensinamentos.

Agradeço a Jéssica Borges e Ruanny Vidal, pelos conselhos e apoio nos momentos mais difíceis dessa jornada, pela amizade sincera, que levarei por toda vida independente da distância.

Agradeço aos meus amigos, João Carlos, Erica Munique e Eliane Toledo, por sempre estarem ao meu lado, me apoiando e incentivando, independente da distância.

Agradeço imensamente a secretária da pós-graduação, Cida, pela paciência, amizade e dedicação ao seu trabalho.

Agradeço a Gabriela Teodoro, pela amizade e ajuda no desenvolvimento da pesquisa.

A todos os professores, em especial Dr. Nei Peixoto, que me ensinou que título não define a pessoa e, que a humildade e educação cabe em qualquer lugar e, por ser um ser tão especial me alegrando em muitos dias tristes.

Agradeço a banca examinadora por aceitar o convite e contribuir com a melhoria do trabalho.

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás- FAPEG, pela bolsa de mestrado concedida.

A todos que de alguma forma contribuíram para realização desse sonho, apoiando e aconselhando. Muito obrigada.

SUMÁRIO

RESUMO.....	IX
ABSTRACT	X
INTRODUÇÃO GERAL	11
OBJETIVO	13
CAPITULO I: DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS SIMPLES DE SORGO GRANÍFERO CULTIVADOS SOB ESTRESSE HÍDRICO	14
RESUMO.....	15
ABSTRACT	16
1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVO	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 ÁREA EXPERIMENTAL	20
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	20
3.3 PLANTIO	20
3.4 DISPONIBILIDADES HÍDRICAS	20
3.5 VARIÁVEIS AVALIADAS	20
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5. CONCLUSÕES.....	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
CAPITULO II: DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA EM POPULAÇÕES DE SORGO GRANÍFERO SOB ESTRESSE HÍDRICO	33
RESUMO.....	34
ABSTRACT	35
1. INTRODUÇÃO	36
2. OBJETIVO	38
3. MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1 ÁREA EXPERIMENTAL	39
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	39
3.3 PLANTIO	39
3.4 DISPONIBILIDADES HÍDRICAS	39
3.5 VARIÁVEIS AVALIADAS	40
3.6 DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41

5. CONCLUSÕES.....	48
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

RESUMO

O sorgo é classificado como o quinto cereal de maior importância do mundo e é tolerante ao déficit hídrico, sendo, uma excelente alternativa de cultivo em locais de estiagem e, baixa fertilidade. A deficiência hídrica consiste na quantidade de água disponível, onde a mesma é menor do que a quantidade necessária para satisfazer as necessidades hídricas da cultura. Objetivou-se neste trabalho avaliar caracteres agronômicos sob estresse hídrico, determinar a depressão por endogamia em populações endogâmicas de híbridos comerciais de sorgo granífero. Foram utilizados cinco híbridos comerciais de sorgo granífero, recomendados para cultivo na região Centro-Oeste do Brasil e, suas respectivas gerações de autofecundação (F₂ e F₃). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial (5 x 3), as plantas foram submetidas a três condições hídricas, sendo irrigadas a quatro dias com os volumes 100 (1100 ml), 75 (825 ml) e 50% (550 ml) da capacidade de retenção de água no solo, representando 0, 25 e 50% de estresse, respectivamente, as disponibilidades hídricas foram determinadas através do cálculo da capacidade de campo. As variáveis avaliadas foram altura de plantas, diâmetro do colmo, florescimento, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa de grãos. O estresse hídrico proporcionou decréscimo nas médias das variáveis avaliadas: diâmetro, florescimento, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa de grãos. O estresse hídrico interferiu de forma significativa na média de todas as características agronômicas avaliadas, o qual houve diferença significativa. Os híbridos de sorgo mostraram-se mais tolerante quando o solo apresentou 25% (1/4) do seu volume com água, não sendo recomendado para o cultivo em locais com estresse acentuado ou excesso de água. Os híbridos comerciais 50A50, 50A70 e Fox destacaram por serem mais tolerantes quando submetidos aos estresses, entretanto, para a massa de grão, o Buster e o Fox, os mais indicados para ambientes com baixa pluviosidade ou com restrição hídrica. A alta produtividade de grãos no ambiente com estresse hídrico está associada, possivelmente, ao rápido desenvolvimento das plantas, enquanto no ambiente irrigado está associada ao maior período vegetativo. Houve uma grande variação na depressão por endogamia e heterose para os caracteres avaliados, indicando diferentes comportamentos entre as gerações. Houve expressão de depressão endogâmica e heterose para todas as variáveis em estudo. A população 50A50 apresentou baixo índice de depressão por endogamia para as variáveis altura de planta, diâmetro de colmo e florescimento e, as populações 50A70 e DKB 550, se destacaram para a massa de grãos, com menor índice de depressão, sendo indicados na obtenção de linhagens promissoras e na seleção recorrente intrapopulacional. A população Fox apresentou alto índice de depressão endogâmica para as características diâmetro do colmo, massa seca da raiz e massa de grãos, sendo recomendado para programas de melhoramento de populações e na seleção recorrente recíproca.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor* L. Moench; condições hídricas; produtividade; ambiente irrigado.

ABSTRACT

The sorghum is classified as the fifth most important cereal in the world is tolerant to water deficit, being an excellent alternative of cultivation in drought and low fertility sites. Water deficiency consists of the amount of available water, where it is less than the amount needed to meet the water needs of the crop. The objective of this work was to evaluate agronomic characteristics under water stress, to determine inbreeding depression in endogamous populations of commercial hybrids of sorghum. Five commercial hybrids of sorghum, recommended for cultivation in the Center-West region of Brazil, and their respective generations of self-fertilization (F2 and F3) were used. The experimental design was a randomized complete block design, in a factorial scheme (5 x 3), the plants were submitted to three water conditions and irrigated four days with volumes 100 (1100 ml), 75 (825 ml) and 50% (550 ml) of soil water retention capacity, representing 0, 25 and 50% of stress, respectively, water availability was determined by calculating the field capacity. The evaluated variables were plant height, stem diameter, flowering, aerial shoot dry mass, root dry mass and grain mass. The water stress provided a decrease in the averages of the evaluated variables: diameter, flowering, aerial shoot dry mass, root dry mass and grain mass. Water stress significantly interfered with the average of all evaluated agronomic characteristics, which showed a significant difference. Sorghum hybrids were more tolerant when the soil presented 25% (1/4) of its volume with water and is not recommended for cultivation in places with marked stress or excess water. Commercial hybrids 50A50, 50A70 and Fox have been highlighted because they are more tolerant when submitted to stress, however, for the grain mass, Buster and Fox, the most suitable for environments with low rainfall or with water restriction. The high productivity of grains in the environment with water stress is possibly associated to the rapid development of the plants, while in the irrigated environment it is associated to the longer vegetative period. There was a great variation in depression by inbreeding and heterosis for the characters evaluated, indicating different behaviors between the generations. There was expression of inbreeding depression and heterosis for all the variables under study. The 50A50 population presented a low rate of inbreeding depression for plant height, stem diameter and flowering, and the populations 50A70 and DKB 550 stood out for the grain mass, with a lower index of depression, being indicated in obtaining promising strains and recurrent intrapopulation selection. The Fox population presented a high index of inbreeding depression for the stem diameter, root dry mass and grain mass, being recommended for programs of population improvement and reciprocal recurrent selection.

Keywords: *Sorghum bicolor* L. Moench; water conditions; productivity; irrigated environment.

INTRODUÇÃO GERAL

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é classificado como o quinto cereal de maior importância do mundo, sendo antecedido pelo trigo, arroz, milho e cevada, é a principal fonte de alimento em grande parte dos países da África, Sul da Ásia, da América Central e, também, componente de grande importância na alimentação animal nos Estados Unidos, Austrália e América do Sul (ARAÚJO et al., 2014).

O sorgo é tolerante ao déficit hídrico, assim, é uma excelente alternativa de cultivo em locais de estiagem, além de baixa fertilidade (MONTANARI et al., 2013; SILVA et al., 2016). A cultura do sorgo apresenta características fisiológicas que permitem a interrupção do crescimento ou a diminuição das atividades metabólicas durante o período de estresse hídrico e, após o término do período de estresse hídrico, as plantas conseguem até mesmo crescer mais rápido do que as que não sofreram estresse (AMARAL et al., 2003). A planta pertence ao grupo C₄, suportando altos níveis de radiação solar, apresentando altas taxas fotossintéticas, reduzindo a abertura dos estômatos e, conseqüentemente, reduzindo a perda de água (FRANCISCO et al., 2016).

A cultura apresenta grande potencial para ser cultivado na safrinha na região Centro-Oeste, onde existe possibilidade de mecanizar as práticas culturais da lavoura (SILVA et al., 2009), entretanto, a região sofre com veranicos frequentes. De acordo com Menezes et al. (2015), o estresse hídrico acentuado pode ocasionar danos no desenvolvimento desta planta irreversíveis, dessa forma, selecionar genótipos mais adaptados a condições de estresse hídrico, contribuiria para melhorar a viabilidade do cultivo agrícola.

De acordo com Francisco et al. (2016) para alcançar níveis satisfatórios de produtividade sem necessitar de irrigação, a cultura do sorgo exige em média de precipitação pluviométrica de 300 a 400 mm de água, distribuídos de uma forma regular durante todo ciclo de desenvolvimento e crescimento. A deficiência hídrica consiste na quantidade de água disponível, onde a mesma é menor do que a quantidade necessária para satisfazer as necessidades hídricas da cultura (RODRIGUES et al., 2013). Segundo Klocke et al. (2012) para se tomar uma decisão em relação à utilização de irrigação deficitária, deve se levar em consideração os preços de commodities e o custo operacional, utilizados para calcular o retorno econômico líquido que o produtor terá ao final da colheita.

A seleção de progênies superiores não é considerada uma tarefa fácil, uma vez que os caracteres considerados importantes, em sua maioria são quantitativos, além de exibirem comportamento complexo pela influência do ambiente e podem estar inter-relacionados de

forma que quando um é selecionado, ocasiona uma série de mudanças nos outros (ARAÚJO et al., 2014).

A redução média fenotípica de caracteres quantitativos, decorrente de homozigose envolvendo alelos recessivos deletérios é denominada depressão endogâmica. A depressão por endogamia pode limitar o número de linhagens promissoras a serem extraídas de determinado germoplasma, sendo indicativo do potencial das populações para uso no melhoramento genético (HALLAUER et al. 2010). Segundo Paterniani et al. (2010) uma das maiores contribuições práticas da genética à agricultura mundial é, o vigor híbrido. Utilizando híbridos, os melhoristas estão interessados em capitalizar a heterose ou vigor híbrido, que tem como definição o comportamento superior de combinações híbridas comparada com a média de seus parentais, para uma mesma característica.

OBJETIVO

O objetivo do trabalho foi determinar a depressão por endogamia em híbridos comerciais de sorgo e avaliar o desempenho dos híbridos de sorgo sob estresse hídrico

**CAPITULO I: DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS SIMPLES DE
SORGO GRANÍFERO CULTIVADOS SOB ESTRESSE HÍDRICO**

RESUMO

O sorgo apresenta capacidade fotossintética de se adaptar às diversas condições de fertilidade do solo, sendo considerado mais tolerante às condições adversas, principalmente relacionadas ao clima. O objetivo deste trabalho foi avaliar caracteres agronômicos em híbridos comerciais de sorgo granífero sob estresse hídrico. O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial (5 x 3), os híbridos foram submetidos a condição de cultivo irrigados durante o estágio vegetativo, sendo que, no V₇, condicionados a três diferentes regimes hídricos, sendo irrigadas a quatro dias com os volumes 100 (1100 ml), 75 (825 ml) e 50% (550 ml) da capacidade de retenção de água no solo, representando 0, 25 e 50% de estresse, respectivamente, as disponibilidades hídricas foram determinadas através do cálculo da capacidade de campo. As variáveis avaliadas foram altura de plantas, diâmetro do colmo, florescimento, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa de grãos. O estresse hídrico interferiu de forma significativa na média de todas as características agronômicas avaliadas, o qual houve diferença significativa. Os híbridos de sorgo mostraram-se mais tolerante quando o solo apresentou 25% (1/4) do seu volume com água, não sendo recomendado para o cultivo em locais com estresse acentuado ou excesso de água. Os híbridos comerciais 50A50, 50A70 e Fox destacaram por serem mais tolerantes quando submetidos aos estresses, entretanto, para a massa de grão, o Buster e o Fox, os mais indicados para ambientes com baixa pluviosidade ou com restrição hídrica.

Palavras-Chave: cultivo irrigado; estágio vegetativo; regimes hídricos; tolerantes.

ABSTRACT

Sorghum has a photosynthetic ability to adapt to the different soil fertility conditions, being considered more tolerant to the adverse conditions, mainly related to the climate. The objective of this work was to evaluate agronomic traits in commercial hybrids of sorghum under water stress. The experiment was conducted at the State University of Goiás, Câmpus Ipameri. The experimental design was randomized blocks, in a factorial scheme (5 x 3), the hybrids were submitted to cultivation conditions irrigated during the vegetative stage, being in V7, conditioned to three different water regimes, being irrigated to four days with volumes 100 (1100 ml), 75 (825 ml) and 50% (550 ml) of soil water retention capacity, representing 0, 25 and 50% stress, respectively, water availability was determined by calculation of field capacity. The evaluated variables were plant height, stem diameter, flowering, aerial shoot dry mass, root dry mass and grain mass. Water stress significantly interfered with the average of all evaluated agronomic characteristics, which showed a significant difference. Sorghum hybrids were more tolerant when the soil presented 25% (1/4) of its volume with water and is not recommended for cultivation in places with marked stress or excess water. Commercial hybrids 50A50, 50A70 and Fox have been highlighted because they are more tolerant when submitted to stress, however, for the grain mass, Buster and Fox, the most suitable for environments with low rainfall or with water restriction.

Keywords: irrigated crop; vegetative stage; water regimes; tolerant.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o sorgo tem como finalidade a fabricação de rações para bovinos, suínos e aves. De acordo com Silva et al. (2015), o aumento da demanda de grãos de sorgo pelas agroindústrias instaladas no Centro-Oeste contribuiu para a consolidação da cultura na região.

Por ser uma planta de origem tropical, o sorgo apresenta capacidade fotossintética de se adaptar às diversas condições de fertilidade do solo, sendo considerado mais tolerante às condições adversas, principalmente relacionadas ao clima. Por esses motivos, seu cultivo é realizado em ampla latitude, com temperaturas altas, secas ou com presença de veranicos (ANDRADE NETO et al., 2010).

Na região Centro-Oeste, o cultivo do sorgo granífero ocorre principalmente na safrinha, em sucessão a soja, nesse período as chuvas diminuem gradativamente com o desenvolvimento da cultura (SILVA et al., 2015). É importante enfatizar que a utilização de sorgo adaptados aos sistemas de produção da região, aumentam o potencial de grãos (CYSNE & PITOMBEIRA, 2012), considerado como a melhor alternativa de cultivo para região, que apresentam baixa pluviosidade nesse período.

A cultura do sorgo possui grande vantagem em relação às outras culturas, especialmente o milho, devido sua adaptação a diversos ambientes e por apresentar uma maior tolerância ao déficit hídrico e solos que apresentam baixa fertilidade (MOTA et al., 2016). Segundo Moreira et al. (2013), a tolerância a seca, se dá através de características fisiológicas apresentadas pelo sorgo que permitem paralisar o crescimento das plantas ou diminuir as atividades metabólicas quando submetidas à ambientes sob déficit hídrico e, após o término do período de estresse hídrico, as plantas tem a capacidade de se recuperar mais rápido.

As plantas de sorgo apresentam várias características xerofíticas, que as torna mais resistentes à seca, portanto, sua capacidade de recuperar após a seca é de grande importância a produtividade. Apesar de apresentar resistência ao estresse hídrico, a cultura também é afetada pelos efeitos causados pelo estresse, podendo reduzir consideravelmente a produtividade e outros caracteres (BONFIM-SILVA et al., 2012).

Entre os estádios de desenvolvimento, o que mais ocasiona maior perda de produtividade de grãos, é no estágio reprodutivo (LIMA et al., 2011). Com o acentuado estresse hídrico nessa fase, várias sementes em potencial não são formadas, tanto pelo abortamento quanto pelo desenvolvimento insuficiente da panícula, mesmo após ocorrer a fertilização do óvulo, também comprometendo o enchimento de grãos (TARDIN et al., 2013).

De acordo com dados da Conab (2017), o clima adverso em Goiás foi um fator limitante para a cultura do sorgo, apesar da cultura ser considerada mais tolerante ao déficit hídrico que o milho, ocorreram perdas significativas, aliados à semeadura tardia. As altas

temperaturas comprometeram a cultura, ocasionando o abortamento das flores, com o longo período de estiagem em Goiás, o enchimento dos grãos ficou comprometido e as plantas apresentaram baixo porte, com pequenos cachos, devido a esse acentuado estresse hídrico, na fase reprodutiva.

2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho dos híbridos de sorgo granífero sob estresse hídrico.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri com coordenadas geográficas 48,08 W ° e 17,43° S. Segundo Köeppen (1948) o clima da região, é classificado com AW (clima tropical com estação seca de Inverno). O solo da região é composto por Latossolo Vermelho distrófico, conforme critérios descritos por EMBRAPA (2013).

O experimento teve sua condução em casa de vegetação (30x7x3,5m), com estrutura metálica coberta por filme de polietileno difusor de luz, com espessura de 150 micra, no Câmpus Ipameri, UEG. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 5x3 (híbridos e estresses), com oito repetições, sendo cada parcela, um vaso plástico com capacidade para oito litros de solo.

3.2 Caracterização do solo

A unidade amostral foi preenchida com Latossolo Vermelho Distrófico, segundo Embrapa (2013), com solo apresentando as seguintes características químicas: pH - 4,9; Matéria orgânica - 24,1 g dm⁻³; P - 5 mg dm⁻³; H+Al - 30,3 mmol_c dm⁻³; K - 4,1 mmol_c dm⁻³; Ca - 18,2 mmol_c dm⁻³; Mg - 7,5 mmol_c dm⁻³; SB - 27,8 mmol_c dm⁻³; CTC - 57,6 mmol_c dm⁻³; V% - 47,7.

A correção do pH foi feita calcário dolomítico (PRNT 80), 20 dias antes do plantio, na proporção de 900 kg ha⁻¹. A adubação de plantio foi realizada uma semana antes da semeadura, na proporção de 300 kg ha⁻¹ da formulação de NPK (8-28-16), 30 dias após o plantio foi feita adubação nitrogenada na proporção de 200 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia.

3.3 Plantio

Foram utilizados cinco híbridos comerciais de sorgo granífero (50A50, 50A70, BUSTER, DKB540 e, FOX), recomendados para cultivo na região Centro-Oeste do Brasil. A semeadura foi na quantidade de cinco sementes por vaso. quinze dias após a emergência das plantas foi realizado o desbaste, deixando apenas a planta mais vigorosa no vaso.

3.4 Disponibilidades hídricas

Os híbridos foram submetidos a condição de cultivo irrigados durante o estágio vegetativo, sendo que, no V₇ (período de emborrachamento), foram condicionados a diferentes regimes hídricos, sendo irrigadas a quatro dias com os volumes 100 (1100 ml), 75 (825 ml) e 50% (550 ml) da capacidade de retenção de água no solo, representando 0, 25 e 50% de estresse, respectivamente. As disponibilidades hídricas foram determinadas através do cálculo da capacidade de campo.

3.5 Variáveis avaliadas

As variáveis avaliadas foram: altura de plantas (AP) - medida do solo ao ápice da panícula, com auxílio de régua graduada, em centímetros (cm); diâmetro do colmo (DC) - medida referente ao colmo, sendo a distância, a dois centímetros do solo, com o auxílio de um paquímetro, em milímetros (mm); florescimento (FLOR) - considerou-se o florescimento na parcela quando, em mais de 50% das plantas, as flores do terço médio da panícula entraram em antese, em dias (dia). A parte aérea, grãos e as raízes foram colocadas em sacos de papel e levados para a estufa, por um período de 72 horas, a 70°C, após esse período foram avaliadas as seguintes variáveis: massa seca da parte aérea (MSPA) - a massa seca da parte aérea pesada em balança eletrônica, em gramas (g); massa seca da raiz (MSR) - massa seca do sistema radicular, pesada em balança eletrônica, em gramas (g); massa de grãos (MG) - os grãos das panículas de cada parcela foram pesados e, transformados em toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$).

3.6 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância para todos os caracteres avaliados estão apresentados na Tabela 1. Para as fontes de variação estresse, híbrido e para a interação estresse x híbrido, houve diferença significativa ($p \leq 0,01$) para todas as variáveis analisadas, o que demonstra a existência de variabilidade genética entre os híbridos avaliados, além da influência do estresse. Os coeficientes de variação experimental variaram de 3,9 a 11,5%, da ALT a MSR. Segundo Pimentel-Gomes (2009), o experimento foi conduzido dentro dos padrões considerados adequados para a cultura do sorgo, onde o coeficiente de variação deve ser menor do que 20%, indicando alta precisão experimental.

Os coeficientes de variação (Tabela 1) foram menores para as variáveis altura, florescimento e diâmetro, com média de 4,5%, isso ocorre por que estas variáveis são pouco influenciadas pelo ambiente, mesmo sob estresse, no caso do sorgo. Estas características são controladas por poucos genes, contrastando com as massas, que apresentaram maior valor quando comparado a essas variáveis. Os valores corroboram com os obtidos por Araújo et al. (2014) e Silva et al. (2009) que encontraram, respectivamente o maior CV (%) para peso de grãos (24,5), rendimento de grãos (11,33%) e peso de mil grãos (6,72%), sendo essa característica mais influenciada pelo ambiente e, os menores valores, para as variáveis altura de planta (5,3%) e florescimento (3,2%).

Tabela 1- Quadrado médio para altura de planta (ALT), diâmetro do colmo (DIAM), florescimento dias após plantio (FLOR), massa seca da parte área (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa de grãos (MG). Ipameri, GO, 2016.

Fonte de variação	Quadrados Médios						
	GL	ALT	DIAM	FLOR	MSPA	MSR	MG
ESTRESSE (E)	2	848,15**	82,22**	34,19*	1779,07**	251,37**	2157837,72**
HIBRIDO (H)	4	378,44**	43,94**	243,34**	516,88**	53,83**	2074598,69**
E x H	8	164,67**	10,29**	330,10**	232,34**	27,42**	2477676,84**
BLOCO	3	9,69	0,29	12,22	93,96	12,63	61265,20
ERRO	42	4,41	0,46	10,60	15,03	6,63	134284,72
CV (%)=		3,91	4,56	4,98	10,32	11,55	10,64

** significativo a 1%, * significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

O híbrido 50A50 mostrou-se mais tolerante a restrição hídrica com relação a variável ALT, sob restrição de 50%, com valor superior em 10 cm a média, ao contrário do híbrido 50A70, que apresentou o menor desempenho, com valor inferior em 12 cm (Tabela 2). O Fox obteve maior destaque quando submetido ao de estresse de 25%, superior em 13 cm a média geral. No ambiente sem restrição hídrica, os híbridos apresentam redução de aproximadamente

11,3 cm na ALT, quando comparados aos com estresses hídricos, sendo o excesso de água fator limitante para o desenvolvimento da altura dos híbridos.

Tardin et al. (2013) ressaltaram que alturas inferiores a 1,5 m, diminuem a incidência de acamamento das plantas, porém estas não devem apresentar-se inferiores a 1,0 m, por causa da colheita mecanizada (1,0 a 1,5 m), assim, não ocorre redução na produtividade e baixo prejuízo econômico. Os autores observaram, também, que no ambiente sem estresse hídrico, as médias variaram de 1,0 a 1,5 m, entretanto, no ambiente com estresse hídrico, as médias variaram de 75 a 130 cm, mas não significativa. Nota-se que esses resultados são contrastantes com os encontrados no trabalho, o qual as médias variaram de 42,9 a 70,7 cm em estresse, sem estresse hídrico, de 42,6 a 48,3 cm, não atingindo a altura mínima exigida para realizar colheita mecanizada (Tabela 2).

Os híbridos por terem sido cultivados em vasos, podem ter sofrido pela limitação que o vaso causa as raízes e limitar também a quantidade de água disponível no solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2016), avaliando o desempenho produtivo de sorgo sacarino, cultivado em barragem subterrânea e sequeiro, apresentando altura variando de 1,5 e 1,2 m. Tal comportamento observado ficou abaixo do potencial de crescimento da cultivar em média 3 m, fato que pode ter ocorrido devido à baixa precipitação, que foi de apenas 149 mm, abaixo do que é exigido para a cultura do sorgo sacarino.

Tabela 2- Média dos híbridos de sorgo comerciais para as características de altura (ALT), diâmetro (DIAM) e florescimento (FLOR). Ipameri, GO, 2016.

	Híbridos	Estresse			Média Geral
		50	25	0	
ALT (cm)	50A50	67,51 aA	57,75 cB	47,25 aC	57,50 a
	50A70	44,79 dA	42,95 dA	45,37 bA	44,37 c
	BUSTER	59,50 bA	56,42 Cb	42,62 bC	52,85 b
	DKB 550	59,75 bA	61,67 bA	47,75 aB	56,39 a
	FOX	54,25 cB	70,77 aA	48,37 aC	57,80 a
	Média Geral	57,16 a	57,91 a	46,27 b	53,87
DIAM (mm)	50A50	15,52 bC	16,56 aB	17,77 aA	16,61 b
	50A70	17,63 aA	16,53 aB	17,58 aA	17,25 a
	BUSTER	11,19 cB	10,58 dB	17,40 aA	13,05 d
	DKB 550	11,22 cC	14,39 bB	16,92 bA	14,17 c
	FOX	11,53 cB	12,28 cB	16,37 bA	13,39 d
	Média Geral	13,41 c	14,06 b	17,20 a	14,89
FLOR (dias)	50A50	71,06 aB	79,56 aA	66,75 aB	72,45 a
	50A70	63,62 bA	65,06 bA	66,75 aA	65,14 b
	BUSTER	62,44 bB	70,12 bA	57,00 bC	63,18 b
	DKB 550	69,44 aA	42,19 cB	69,25 aA	60,29 c
	FOX	67,94 aA	65,94 bA	63,75 aA	65,87 b
	Média Geral	66,9 a	64,57 b	64,70 b	65,39

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Bonfim-Silva et al. (2011) ao avaliarem o desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico, relataram que o sorgo apresentou maior desenvolvimento na disponibilidade hídrica de 60% da capacidade de campo. Evidenciaram maior tolerância das plantas ao estresse hídrico, ao avaliarem a massa seca da parte aérea e a altura de plantas, obtendo a mesma produção em todas as disponibilidades hídricas submetidas (30% 60% e solo alagado). Resultados similares foram encontrados no presente trabalho, nota-se que as plantas de sorgo apresentaram maior desenvolvimento para ALT quando submetidas ao estresse de 25 e 50%.

Verificou-se que o 50A70 sofreu menor interferência em seu diâmetro sob os estresses ao qual foi submetido, sendo estatisticamente superior, com incremento de 3,1 mm, em média, baseado nos três ambientes (Tabela 2). O Buster apresentou efeito mais responsivo quando cultivado com maior disponibilidade hídrica, não sendo recomendado para regiões com baixa precipitação pluviométrica, visto que quando submetido aos estresses, sofreu redução de 6,5 mm. A redução do diâmetro das plantas não é uma característica desejada, visto que colmos mais finos possuem menor capacidade de translocação de água e nutrientes e ainda são mais suscetíveis ao acamamento (CRUSCIOL et al., 2011).

Os resultados foram semelhantes aos encontrados por Oliveira et al. (2016), que ao realizar estudo sobre o desempenho produtivo de sorgo sacarino utilizando barragens subterrânea, observaram que o colmo foi afetado pela baixa disponibilidade hídrica, onde as plantas obtiveram 12,4 mm cultivadas em barragem e, as que foram cultivadas fora, com valor de 11,2 mm, obtendo redução média de 1,3 mm. O maior diâmetro de colmo dá sustentação a planta, mantendo o bom equilíbrio entre colmo, folhas e panículas, evitando o corte de algumas plantas e perdas no campo pela impossibilidade de colheita mecanizada.

Bonfim-Silva et al. (2012), observaram que o diâmetro do colmo apresentou maior espessura quando o solo estava com 80% da capacidade de retenção de água, os resultados confirmam os valores obtidos no presente trabalho, pois os híbridos de sorgo submetidos a maior disponibilidade hídrica, foram os que apresentaram as maiores médias, obtendo 3,5 mm de incremento quando comparado com as plantas sob os estresses.

Tardin et al. (2013) avaliaram dois ambientes, tratados da mesma forma até o florescimento, irrigado e com estresse, e observaram que o florescimento das plantas no ambiente com estresse foi mais precoce. Resultados contrastantes com os do trabalho em questão, pois, nota-se na Tabela 2, que o florescimento ocorreu primeiro nas plantas cultivadas com maior disponibilidade hídrica no solo, possivelmente por se tratar de materiais precoces e o estresse ter sido ocasionado próximo ao período de florescimento, assim, com pouca interferência em seu florescimento.

O estresse de 25% interferiu de forma mais expressiva no florescimento do DKB 550, com uma redução de 13 dias para o início do florescimento, conforme Tabela 2. Essa precocidade pode ter ocorrido através da ativação de mecanismos fisiológicos para a sobrevivência da planta no ambiente com restrição hídrica, porém, plantas com precocidade muito antecipada podem sofrer redução da produtividade devido ao curto período de tempo para concluir o seu ciclo, além da maior suscetibilidade a pragas e doenças. As disponibilidades de água não interferiram no florescimento dos híbridos 50A70 e Fox, indicando que esses híbridos apresentam tolerância maior, de acordo com os estresses aos quais foram submetidos. Resultados semelhantes foram encontrados por Tardin et al. (2013), os mesmos encontraram pequena diferença entre as medias de florescimento nos dois ambientes, sendo esta diferença menor que dois dias, demonstrando que o corte de irrigação aos 45 dias após o plantio, promoveu estresse hídrico em todos híbridos em estudo, porém o estresse não interferiu de forma drástica no florescimento dos híbridos.

Denota-se incremento na massa seca da parte aérea do híbrido DKB 550, à medida que se aumenta a disponibilidade de água no solo, sendo o mais responsivo, no ambiente sem estresse, porém quando submetido ao estresse de 50%, apresenta redução significativa de 24 g comparado ao estresse de 0% (Tabela 3). Costa et al. (2008) estudando a produção de matéria seca em cultivares de milho sob diferentes níveis de estresse hídrico, observaram que, tanto no estágio vegetativo como no reprodutivo, à água disponível promoveu uma redução na matéria seca da parte aérea das cultivares. Resultados se assemelham com os do trabalho em questão, pois as plantas sobre estresse a 50% obtiveram uma redução de 18 g quando comparadas as plantas sob estresse de 25% e, 14 g quando comparada ao sem estresse.

Bomfim-Silva et al. (2012) trabalhando com disponibilidades hídricas no desenvolvimento inicial do sorgo e pH do solo, identificaram que a maior produção de massa seca da parte aérea do sorgo foi quando o solo atingiu 82% da sua capacidade máxima de retenção de água, com produtividade média de 33 g. Estes resultados corroboram com os obtidos para o estresse 25%, que apresentaram uma maior produção de MSPA, com média de 44,6 g (Tabela 3). A produção de massa seca da parte aérea é um fator importante, visto que, maior produção de parte aérea, atrelada a outros fatores como folhas e colmos mais digestíveis é um dos principais objetivos dos programas de melhoramento visando silagem de sorgo (GUARESCHI et al., (2010). Por se um alimento de alto valor nutricional e, apresentar grande rendimento de massa seca por unidade de área, o sorgo vem se destacando em relação ao milho e ao milheto quanto a esse quesito.

Os híbridos cultivados sob maior disponibilidade hídrica, expressaram uma redução média de 3,6 g na MSPA, quando comparado ao estresse de 25%. Notou-se que o aumento da disponibilidade de água não influencia o aumento da massa seca da parte aérea, indicando que

quando a cultura já tem disponível a quantidade de água necessária para completar seu ciclo, o incremento não irá elevar sua massa (Tabela 3).

Ramos Junior et al. (2013) ao analisarem o crescimento de plantas de cobertura, sob déficit hídrico, como aveia preta (*Avena strigosa* Sckreb), milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench.) e sorgo-de-guiné (*Sorghum bicolor* subespécie *bicolor* raça *guinea*), identificaram que as culturas que se destacaram foram o sorgo granífero e, principalmente o sorgo de guiné, que além de terem apresentado sistema radicular bem desenvolvido, não foram afetados pela redução da disponibilidade hídrica. Resultados que são contrastantes aos do presente trabalho, pois, as plantas obtiveram maior MSR, quando submetidas ao ambiente sem estresse hídrico, indicando que a menor disponibilidade foi fator limitante para o desenvolvimento das raízes (Tabela 3).

Tabela 3- Média dos híbridos de sorgo comerciais para as características de massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), e massa de Grãos (MG). Ipameri, GO, 2016.

	Híbridos	Estresse			Média Geral
		50	25	0	
MSPA (g)	50A50	27,79 bB	43,23 bA	41,06 bA	37,36 b
	50A70	21,73 cB	51,91 aA	25,82 dB	33,15 c
	BUSTER	15,68 dB	36,83 cA	35,55 cA	29,35 d
	DKB 550	34,61 aC	42,77 bB	58,29 aA	45,22 a
	FOX	34,54 aB	48,72 aA	44,95 bA	42,73 a
	Média Geral	26,87 c	44,69 a	41,13 b	37,56
MSR (g)	50A50	22,20 aB	22,24 aB	30,93 aA	25,12 a
	50A70	20,46 aB	20,54 aB	29,91 aA	23,63 a
	BUSTER	23,95 aA	20,89 aA	21,55 bA	22,13 b
	DKB 550	18,16 bB	18,58 aB	24,53 bA	20,42 b
	FOX	16,14 bB	19,29 aB	25,01 bA	20,14 b
	Média Geral	20,18 b	20,30 b	26,38 a	22,29
MG (t ha ⁻¹)	50A50	2706,50 bC	4054,00 bA	3491,00 bB	3417,17 b
	50A70	2124,50 cC	3059,50 cB	4229,75 aA	3137,92 c
	BUSTER	3949,00 aB	3333,75 cC	4582,75 aA	3955,17 a
	DKB 550	2717,00 bA	3000,00 cA	3148,50 bA	2955,17 c
	FOX	3827,25 aB	4721,50 aA	2717,00 cC	3755,25 a
	Média Geral	3064,85 b	3633,75 a	3633,80 a	3444,14

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A maior quantidade de raízes finas e pelos radiculares foi observada nas plantas submetidas aos estresses hídricos de 25 e 50%, porém, essas raízes não conseguiram se desenvolver apresentando pouca espessura, sendo que o estresse hídrico pode ter causado compactação no solo, dificultando a penetração e o desenvolvimento das raízes no vaso, fazendo com que a massa seca da raiz tivesse o maior peso no ambiente sem estresse (Tabela

3). As respostas à compactação das principais culturas ainda não são completamente elucidadas, conforme Collares et al. (2008) comenta, assim o comportamento não é previsível. Segundo Bergamim et al. (2010), o aumento da compactação reduz o crescimento das raízes devido ao aumento da resistência do solo a penetração, acarretando perdas de produtividade nos cultivos agrícolas, por reduzir o reservatório de água e nutrientes às raízes.

O Buster não apresentou diferença significativa para MSR quando submetido as diferentes condições hídricas (Tabela 3), indicando que a planta sofreu baixa influencia em suas raízes sob estresse, entretanto, a parte aérea apresentou redução sobre estresse de 50%. Resultados semelhantes foram encontrados por Costa et al. (2008), o qual observaram que não houve diferença significativa para o crescimento de raízes nos dois estádios fenológicos sob os diferentes níveis de estresse hídrico.

Para a massa de grãos o estresse a 25% e 0% não diferiram entre si (Tabela 3), obtendo a mesma produtividade na média, porém, o estresse mais drástico, apresentou uma redução na produtividade de 569 t ha^{-1} . Os híbridos submetidos a esse ambiente chegaram a produzir quatro panículas por planta e pelo fato de estarem sob estresse extremo não conseguiram completar o enchimento de grãos. Nota-se que mesmo a planta de sorgo sendo considerada tolerante ao estresse, a baixa pluviosidade ou um longo período de veranico ocasiona perdas consideráveis na produtividade de grãos. Segundo Francisco et al. (2016), a cultura do sorgo exige em média de 300 a 400 mm de água durante todo ciclo de desenvolvimento da cultura, explicando o motivo pelo qual o excesso e o estresse acentuado prejudicam o crescimento das plantas.

Beiragi et al., (2011) ao realizarem um estudo sobre a base morfológica do milho e rendimento sob condições de tensão seca usando correlação e análise de trilha, observaram que a porcentagem de redução do rendimento total de grãos em condição de estresse foi de 71,5%, indicando que essa variável foi significativamente afetada pela deficiência hídrica.

Menezes et al. (2015) avaliando a adaptabilidade e estabilidade de linhagens de sorgo em ambientes com e sem restrição hídrica, detectaram que o estresse hídrico reduziu significativamente a produtividade das linhagens em 39%, constatando que o estresse hídrico pode ser um fator limitante para a produção de sorgo em áreas ou épocas de baixa pluviosidade. Estes resultados confirmam os encontrados para o híbrido 50A50, que quando submetido ao estresse de 50% apresentou uma redução de 1.347 t ha^{-1} (33,2%) quando comparado ao estresse de 25%.

Albuquerque et al. (2011) avaliando espaçamento e densidade de semeadura para linhagens de sorgo granífero no semiárido e Tardin et al. (2013) avaliando híbridos de sorgo granífero cultivado sob irrigação e estresse hídrico, encontraram reduções de 45 a 54% de produtividade, resultado semelhante foi encontrado para o híbrido Fox com redução de 2.004 t

ha⁻¹ (42,4%) em sua produtividade no ambiente sob irrigação quando comparado ao estresse de 25%, sendo este híbrido pouco responsivo ao aumento hídrico.

5. CONCLUSÕES

O estresse hídrico interferiu de forma significativa na média de todas as características agronômicas avaliadas.

Os híbridos comerciais 50A50, 50A70 e Fox se destacaram por serem mais tolerantes ao estresse hídrico, entretanto, para a massa de grão, o Buster e o Fox, são os mais indicados para ambientes com baixa pluviosidade ou com restrição hídrica.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C. J. B; VON PINHO; R.G; RODRIGUES, J.A.S; BRANT, R.S; MENDES; M.C. Espaçamento e densidade de semeadura para linhagens de sorgo granífero no semiárido. **Bragantia**, Campinas, v. 70, p. 278- 285, 2011.

ANDRADE NETO, R. C; MIRANDA, N. O; DUDA, G. P; GÓES, G. B; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 124-130, 2010.

ARAÚJO, B. L; ARNHOLD, E; JUNIOR, E. A. O. de; LIMA, C. F. de. Parâmetros genéticos em cultivares de sorgo granífero avaliados em safrinha. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadina-ma, v. 9, n. 2, p.1-9, 1 jan. 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/CLIENTE/Downloads/1263-14936-1-PB.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2017.

BEIRAGI, M. A; EBRAHIMI, M; MOSTAFAVI, K; GOLBASHY, M; KHORASANI, S. K. A study of morphological basis of corn (*Zea mays* L.) yield under drought stress condition using correlation and path coefficient analysis. **Journal of Cereals and Oilseeds**, Lagos, v. 2, n. 2, p. 32-37, 2011.

BERGAMIN, A. C; VITORINO, A. C. T; FRANCHINI, J. C; SOUZA, C. M. A. de; SOUZA, F. R. de. Compactação em um latossolo vermelho distroférrico e suas relações com o crescimento radicular do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Dourados, Ms, p.681-691, 2010.

BERNINI, C. S; PATERNIANI, M. E. A. G. Z; DUARTE, A. P; GALLO, P. B; GUIMARÃES, P. de. S; ROVARIS, S. R. S. Depressão endogâmica e heterose de híbridos de populações F2 de milho no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas Sp, v. 72, n. 3, p.217-223, 2013.

BONELLI, E. A; BONFIM-SILVA, E. M; CABRAL, C. E. A; CAMPOS, J. J; SCARAMUZZA, W. L. M. P; POLIZEL, A. C; Compactação do solo: Efeitos nas características produtivas e morfológicas dos capins Piatã e Mombaça; **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande v.15, n.3, p.264–269, 2011.

BONFIM-SILVA, E. M; KROTH, B. E; SILVA, T. J. A; FREITAS, D. C. Disponibilidades hídricas no desenvolvimento inicial de sorgo e pH do solo. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia-go, v. 8, n. 14, p.397-407, 1 jan. 2012.

BONFIM-SILVA, E. M; SILVA, T. J. A; CABRAL, E. A; KROTH, B. E; REZENDE, D. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p.180-186, abr.-jun., 2011.

COLLARES, G. L; REINERT, D. J; REICHERT, J. M; KAISER, D. R. Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:933- 942, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Sorgo período: junho de 2016**. CONAB, Brasília, p.1-9, 2017.

COSTA, J. R; PINHO, J. L. N; PARRY, M. M. Produção de matéria seca de cultivares de milho sob diferentes níveis de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p.443-450, 13 mar. 2008.

CRUSCIOL, C. A. C; MATEUS, G. P; PARIZ, C. M; BORGHI, E; COSTA, C; SILVEIRA, J. P. F. Nutrição e produtividade de híbridos de sorgo granífero de ciclos contrastantes consorciados com capim-marandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília- Df, v. 46, n. 10, p.1234-1240, out. 2011.

CYSNE, J. R. B; PITOMBEIRA, J. B. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de sorgo granífero em diferentes ambientes do estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 273-278, 2012.

EMBRAPA - CNPS (2013) **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI, 306 p. < http://livraria.sct.embrapa.br/liv_resumos/pdf/00053080.pdf> Acesso em: 06 fev. 2017.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FRANCISCO, P. R. M; SANTOS, D.; BANDEIRA, M. M; GUIMARÃES, C. L; CABRAL, D. E. C. Aptidão climática do sorgo (*Sorghum bicolor*) para o estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Paraíba, v. 9, n. 4, p.1-15, 2016.

GUARESCHI, R. F; BRASIL, R. B; PERIN, A; RBEIRO, J. M. M. Produção de silagem de híbridos de milho e sorgo sem nitrogênio de cobertura em safra de verão. - **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia- Go, v. 40, n. 4, p.541-546, 12 dez. 2010.

HALLAUER, A. R; CARENA, J. M; Miranda, J. B. F. Quantitative genetics in maize breeding. New York: **Springer**. 2010.

KÖEPPEN, W. Climatologia: con un Estudio de los Climas de la Tierra. México: **Fondo de Cultura Econômica**, 1948. 478 p.

KLOCKE, N. L; CURRIE, R. S; TOMSICEK, D. J; KOEHN, J. W. Sorghum yield response to deficit irrigation. Transaction of the **ASABE**, St. Joseph, v.55, n.3, p.947-955, 2012.

LIMA, N. R. C. B; SANTOS, P. M; MENDONÇA, F. C; ARAÚJO, L. C. Critical periods of sorghum and palisadegrass in intercropped cultivation for climatic risk zoning. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, MG, v. 40, p. 1452-1457, 2011.

MENEZES, C. B. de; RIBEIRO, A. da. S; TARDIN, F; CARVALHO, A. J. de; BASTOS, E. A; CARDOSO, M. J; PORTUGAL, A. F; SILVA, K. J. da; SANTOS, C. V. dos; ALMEIDA, F. H. L. de. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de sorgo em ambientes com e sem restrição hídrica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Nova Porteirinha MG, v. 14, n. 1, p.101-115, 2015.

MONTANARI, R; PANACHUKI, E; LOVERA, L. H; CORREA, A. R; OLIVEIRA, I. S; QUEIROZ, H. A; TOMAZ, P. K. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e de atributos do solo na região do Ecótono Cerrado-Pantanal, MS. **Revista Bras. Ciência do Solo**, São Paulo, p.385-396, 2015.

MONTANARI, R; PANACHUKI, E; LOVERA, L. H; OLIVEIRA, I. S; BONINI, C. dos. S. B. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e atributos físicos em um Planossolo. **Revista Agro@mbiente On-line**, Aquidauana Ms, v. 7, n. 3, p.252-261, 2013.

MOTA, J. H; BEVILAQUA, L. K. A; MENEZES, C. B. de. Avaliação de cultivares de sorgo granífero na safrinha em Jataí-Go. **Revista de Agricultura**, Jataí-go, v. 91, n. 3, p.240-248, 2016.

MOREIRA, L. R; ERVILHA, J. D. C; COUTINHO, P. H; VIDIGAL, J. G; OGLIARI, J; MIRANDA, G. V; PEREIRA, L. F. Caracterização fisiológica de sorgo sacarino em diferentes intensidades de irrigação. **Vértices**, Campos dos Goytacazes- Rj, v. 15, n. 2, p.39-48, 2013.

OLIVEIRA, A. R. de; MELO, R. F. de; SANTOS, J. M. R. dos; TARDIN, F. D. Desempenho produtivo de sorgo sacarino cultivado em barragem subterrânea. **Revista Científica Intellecto**, Petrolina -PE, v. 1, n. 2, p.103-111. 2016.

PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; BERNINI, C. S; GUIMARÃES, P. de S; DONÁ, S; GALLO, P. B; DUARTE, A. P. POTENCIAL PRODUTIVO E HETEROSE DE HÍBRIDOS DE POPULAÇÕES F2 DE MILHO NO ESTADO DE SÃO PAULO. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 27, n. 1, p.29-46, 2010.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 15 ed. Piracicaba: **FEALQ**, 2009. 451 p

RAMOS JUNIOR, E. U.; MACHADO, R. A. F; OLIBONE, D; CASTOLDI, G; RAMOS, B. M. Crescimento de plantas de cobertura sob déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p.47-56, Jan. -fev. 2013.

RODRIGUES, G. C; PAREDES, P; GONÇALVES, J. M; ALVES, I; PEREIRA, L. S. Comparing sprinkler and drip irrigation systems for full and deficit irrigated maize using multicriteria analysis and simulation modelling: Ranking for water saving vs. farm economic returns, **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 126, p. 85–96, aug. 2013.

SILVA, A. G. da; FRANCISCHINI, R; GOULART, M. M. P. Desempenho agrônomo e econômico de híbridos de sorgo granífero na safrinha em Montividiu-Go. **Revista de Agricultura**, Rio Verde- Go, v. 90, n. 1, p.17-3, 2015. Disponível em: <<http://www.fealq.org.br/ojs/index.php/revistadeagricultura/article/view/117/56>>. Acesso em: 04 set. 2017.

SILVA, K. J. de; MENEZES. C. B. de; TARDIN, F. D; SILVA, A. R. da; CARDOSO, M. J; BASTOS, E. A; GODINHO, V. de. P. C. Seleção para produtividade de grãos adaptabilidade e estabilidade de sorgo granífero. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Santo Antônio de Goiás, v. 15, n. 2, p.335-345, 2016.

SILVA, A. G; BARROS, A. S; SILVA, L. H. C. P. da; MORAES, E. B. de; PIRES, R; TEIXEIRA, I. R. Avaliação de cultivares de sorgo granífero na safrinha no Sudoeste do Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, Go, v. 39, n. 2, p.168-174, 2009. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/3320/4785>>. Acesso em: 05 fev. 2017.

TARDIN, F. D; FILHO, J. E. A; OLIVEIRA, C. M; LEITE, C. E. P; MENEZES, C. B; MAGALHÃES, P. C; RODRIGUES, J. A. S; SCHAFFERT, R. E. Avaliação agrônoma de híbridos de sorgo granífero cultivados sob irrigação e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 102-117, 2013.

**CAPITULO II: DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA EM POPULAÇÕES DE SORGO
GRANÍFERO SOB ESTRESSE HÍDRICO**

RESUMO

Dentre as cultivares de sorgo atualmente disponíveis no mercado, o uso predominante tem sido de híbridos simples. Estes materiais apresentam ampla adaptabilidade e estabilidade de produção e expressam sua máxima produtividade, sendo necessário que o produtor adquira as sementes todos os anos. O objetivo desse trabalho foi determinar a depressão por endogamia na obtenção de populações F_2 e F_3 de híbridos comerciais de sorgo granífero sob diferentes estresses hídricos. Foram utilizados cinco híbridos comerciais de sorgo granífero e, suas respectivas gerações de autofecundação. O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial (5×3), os híbridos e suas populações foram submetidos a condição de cultivo irrigados durante o estágio vegetativo, sendo que, no V_7 , foram condicionados a três diferentes regimes hídricos, sendo irrigadas a quatro dias com os volumes 100 (1100 ml), 75 (825 ml) e 50% (550 ml) da capacidade de retenção de água no solo, representando 0, 25 e 50% de estresse, respectivamente, as disponibilidades hídricas foram determinadas através do cálculo da capacidade de campo. As variáveis avaliadas foram altura de plantas, diâmetro do colmo, florescimento, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa de grãos. Houve uma grande variação na depressão por endogamia e heterose para os caracteres avaliados, indicando diferentes comportamentos entre as gerações. Houve expressão de depressão endogâmica e heterose para todas as variáveis em estudo. A população 50A50 apresentou baixo índice de depressão por endogamia para as variáveis altura de planta, diâmetro de colmo e florescimento e, as populações 50A70 e DKB 550, se destacaram para a massa de grãos, com menor índice de depressão, sendo indicados na obtenção de linhagens promissoras e na seleção recorrente intrapopulacional. A população Fox apresentou alto índice de depressão endogâmica para as características diâmetro do colmo, massa seca da raiz e massa de grãos, sendo recomendado para programas de melhoramento de populações e na seleção recorrente recíproca

Palavras-Chave: Heterose; regime hídrico; florescimento; autofecundação; seleção recorrente.

ABSTRACT

Among the sorghum cultivars currently available in the market, the predominant use has been of simple hybrids. These materials present wide adaptability and stability of production and express their maximum productivity, being necessary that the producer acquires the seeds every year. The objective of this work was to determine the inbreeding depression in obtaining F₂ and F₃ populations of commercial hybrids of sorghum under different water stresses. Five commercial hybrids of sorghum and their respective generations of self-fertilization were used. The experiment was conducted at the State University of Goiás, Câmpus Ipameri. The experimental design was randomized blocks, in a factorial scheme (5 x 3), the hybrids and their populations were submitted to culture condition irrigated during the vegetative stage, and in V7, were conditioned to three different water regimes, being irrigated at four days with volumes 100 (1100 ml), 75 (825 ml) and 50% (550 ml) of the water retention capacity in the soil, representing 0, 25 and 50% stress, respectively, water availabilities were determined by the calculation of field capacity. The evaluated variables were plant height, stem diameter, flowering, aerial shoot dry mass, root dry mass and grain mass. There was a great variation in depression by inbreeding and heterosis for the characters evaluated, indicating different behaviors between the generations. There was expression of inbreeding depression and heterosis for all the variables under study. The 50A50 population presented a low rate of inbreeding depression for plant height, stem diameter and flowering, and the populations 50A70 and DKB 550 stood out for the grain mass, with a lower index of depression, being indicated in obtaining promising strains and recurrent intrapopulation selection. The Fox population presented a high index of inbreeding depression for the characteristics stem diameter, root dry mass and grain mass, being recommended for programs of population improvement and reciprocal recurrent selection

Keywords: Heterosis; water regime; flowering; self-fertilization; recurrent selection.

1. INTRODUÇÃO

O *Sorghum bicolor* (L.) Moench é uma forrageira de grande importância e alta produtividade, que vem crescendo no cenário brasileiro de forma lenta em substituição ao cultivo do milho safrinha (MONTANARI et al., 2015). De acordo com Basso et al. (2011), a expansão da área cultivada com sorgo no Brasil, vem ocorrendo de forma lenta, principalmente pelas práticas incorretas aplicadas ao cultivo da cultura, o que afeta sua produtividade e qualidade.

O sorgo granífero é cultivado sob três sistemas de produção, no Rio grande do Sul, cultiva-se o sorgo na primavera e colhe-se no outono. No Brasil Central, a semeadura é realizada em sucessão às culturas de verões, especialmente a soja. No Nordeste, o cultivo do sorgo ocorre nas estações chuvosas ou de “inverno” (FRANÇA et al., 2017). Para Tardin et al. (2010), as cultivares de sorgo granífero são capazes de rebrotar e podem ser aproveitadas para produção de grãos, forragem ou cobertura do solo, podendo ser viável desde que a temperatura e a umidade do solo sejam propícias ao seu desenvolvimento

Dentre as cultivares de sorgo atualmente disponíveis no mercado, o uso predominante tem sido de híbridos simples. Estes materiais apresentam ampla adaptabilidade e estabilidade de produção e expressam sua máxima produtividade, sendo necessário que o produtor adquira as sementes todos os anos. A semeadura da segunda geração (F₂), pode acarretar a redução de produtividade, dependendo do híbrido essa redução pode variar de 15 a 40%, com efeito negativo na qualidade do produto (TARDIN et al., 2010).

A redução do vigor híbrido de um genótipo oriundo do cruzamento entre indivíduos relacionados é chamado de “depressão por endogamia”, que ocasionada pela expressão de alelos recessivos deletérios (FREITAS et al., 2016). A depressão endogâmica e a heterose, nos programas de melhoramento, são fenômenos importantes e complementares, para obtenção de híbridos convencionais e para alavancar o melhoramento das populações (BERNINI et al., 2013). De acordo com Ahmad et al. (2010), a depressão por endogamia é útil, pois ocasiona a redução da frequência de alelos deletérios na população e fixa os favoráveis nas linhagens.

Geralmente, a carga de genes é estimada pelo índice de depressão por endogamia (BERNINI et al., 2013). Segundo Rivera et al. (2005) a endogamia tem como principal benefício a dispersão de alelos de uma população, para se realizar a seleção de plantas individuais, de maneira que a fixação de alelos favoráveis, seja empregado na obtenção de híbridos superiores e no melhoramento de populações.

A heterose, também conhecida como vigo híbrido, é o fenômeno no qual as progênes apresentam melhor desempenho que seus parentais, apresentando grande importância

econômica e biológica. A heterose é considerada o principal contribuinte para o melhoramento de muitas espécies de plantas (LI et al., 2016)

Para Kumar et al. (2016), a exploração da heterose é uma forma conveniente de combinar caracteres desejáveis, é importante no melhoramento de sorgo, uma vez que pode ser um indicativo para produção de segregantes transgressivos para vários caracteres quantitativos, em gerações posteriores. A alta heterose atrelada com a baixa depressão por endogamia, indica variação genética aditiva, que pode ser fixada nas gerações segregantes.

2. OBJETIVO

O objetivo desse trabalho foi determinar a depressão por endogamia em sorgo granífero sob diferentes estresses hídricos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri, com coordenadas geográficas 48,08 W ° e 17,43° S. Segundo Köeppen (1948) o clima da região, é classificado com AW (clima tropical com estação seca de Inverno).

O experimento foi conduzido em casa de vegetação (30 x 7 x 3,5m), com estrutura metálica coberta, por filme de polietileno difusor de luz, com espessura de 150 micra. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em ensaio fatorial 5 x 3 (populações e estresses), com oito repetições, sendo a parcela, um vaso plástico com capacidade para 12 litros de solo.

3.2 Caracterização do solo

A unidade amostral foi preenchida com solo Latossolo Vermelho Distrófico, segundo Embrapa (2013), com solo apresentando as seguintes características químicas: pH - 4,9; Matéria orgânica -24,1 g dm⁻³; P - 5 mg dm⁻³; H+Al - 30,3 mmol_c dm⁻³; K - 4,1 mmol_c dm⁻³; Ca -18,2 mmol_c dm⁻³; Mg - 7,5 mmol_c dm⁻³; SB - 27,8 mmol_c dm⁻³; CTC - 57,6 mmol_c dm⁻³; V% - 47,7.

A correção do pH foi feita com calcário dolomítico (PRNT 80), 20 dias antes do plantio, na proporção de 900 kg ha⁻¹. A adubação de plantio foi realizada uma semana antes da semeadura, na proporção de 300 kg ha⁻¹ da formulação de NPK (8-28-16), 30 dias após o plantio foi feita adubação nitrogenada, na proporção de 200 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia.

3.3 Plantio

Foram utilizados cinco híbridos comerciais de sorgo granífero (50A50, 50A70, BUSTER, DKB540 e, FOX), recomendados para cultivo na região Centro-Oeste do Brasil e, suas respectivas gerações de autofecundações (F₂ e F₃), a obtenção dessas sementes autofecundadas se deu no ano de 2015, através do programa de melhoramento da UEG, do grupo de pesquisa MelhorVe. Foram semeadas cinco sementes por vaso. Posteriormente, quinze dias após a emergência das plantas foi realizado o desbaste, deixando apenas a planta mais vigorosa em cada vaso.

3.4 Disponibilidades hídricas

As populações foram submetidas a condição de cultivo irrigados durante o estágio vegetativo, sendo que, no V₇ (emborrachamento), foram condicionados a diferentes regimes hídricos, sendo irrigadas a quatro dias com os volumes 100 (1100 ml), 75 (825 ml) e 50% (550 ml) da capacidade de retenção de água no solo, representando 0, 25 e 50% de estresse, respectivamente. As disponibilidades hídricas foram determinadas através do cálculo da capacidade de campo.

3.5 Variáveis avaliadas

As variáveis avaliadas foram: altura de plantas (AP) - medida do solo ao ápice da panícula, com auxílio de régua graduada, em centímetros (cm); diâmetro do colmo (DC) - medida referente ao colmo, sendo a distância, a dois centímetros do solo, com o auxílio de um paquímetro, em milímetros (mm); florescimento (FLOR) - considerou-se o florescimento na parcela quando, em mais de 50% das plantas, as flores do terço médio da panícula entraram em antese, em dias (dia). A parte aérea, grãos e as raízes foram colocadas em sacos de papel e levados para a estufa, por um período de 72 horas, a 70°C, após esse período foram avaliadas as seguintes variáveis: massa seca da parte aérea (MSPA) - a massa seca da parte aérea pesada em balança eletrônica, em gramas (g); massa seca da raiz (MSR) - massa seca do sistema radicular, pesada em balança eletrônica, em gramas (g); massa de grãos (MG) - os grãos das panículas de cada parcela foram pesados e, transformados em toneladas por hectare (t ha⁻¹). Posteriormente esses valores foram transformados em porcentagem ao realizar o cálculo da depressão por endogamia.

3.6 Depressão por endogamia

A estimativa da depressão por endogamia (DP), em porcentagem, entre os híbridos comerciais e suas respectivas gerações de autofecundações F₂ e F₃, foi calculada da seguinte forma:

$$D = \frac{(F_1 - F_2)}{F_1} \times 100$$

$$D = \frac{(F_2 - F_3)}{F_2} \times 100$$

Em que:

D: depressão por endogamia;

F₁: média da população original;

F₂: média da população após uma geração de autofecundação

F₃: média da população após duas gerações de autofecundação

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A depressão por endogamia expressa na variável ALT foi em média 10% na geração F₂ e, 9,6% na geração F₃ (Tabela 1). Estes resultados estão próximos aos obtidos por Bernini et al. (2013), avaliando a depressão endogâmica e heterose de híbridos de população F₂ de milho, no estado de São Paulo, observaram que a média para a depressão endogâmica foi de 6,1% para altura de plantas e espiga. Os resultados corroboram também com os encontrados por Scapim et al. (2006), em estudos de Componentes genéticos de médias e depressão por endogamia em populações de milho-pipoca encontraram predominância de efeitos aditivos e depressão por endogamia de 10% para altura de plantas.

Tabela 1- Estimativas de índice de depressão por endogamia de populações de sorgo granífero após duas gerações de autofecundação (F₂ e F₃) para altura de plantas (ALT) e diâmetro de colmo (DIAM). Ipameri, GO, 2016.

		Médias							
Geração	População	ALT (cm)				DIAM (mm)			
		50	25	0	Média	50	25	0	Média
F ₁	50A50	67,51	57,75	47,25	57,50	15,52	16,56	17,77	16,62
	50A70	44,79	42,95	45,37	44,37	17,63	16,53	17,58	17,25
	BUSTER	59,50	56,42	42,62	52,85	11,19	10,58	17,40	13,06
	DKB550	59,75	61,67	47,75	56,39	11,22	14,39	16,92	14,18
	FOX	54,25	70,77	48,37	57,80	11,53	12,28	16,37	13,39
	Média	57,16	57,91	46,27	53,78	13,42	14,07	17,21	14,90
F ₂	50A50	56,13	70,45	49,42	58,67	18,76	15,38	13,08	15,74
	50A70	66,68	57,24	45,03	56,32	17,97	16,22	14,95	16,38
	BUSTER	50,25	56,27	41,63	49,38	10,85	11,56	14,98	12,46
	DKB550	48,21	57,01	41,31	48,84	12,78	12,98	14,78	13,51
	FOX	60,84	60,05	44,13	55,01	11,28	11,78	12,67	11,91
	Média	56,42	60,20	44,30	53,64	14,33	13,59	14,09	14,00
F ₃	50A50	68,77	59,69	53,34	60,60	14,51	12,86	12,80	13,39
	50A70	58,73	66,38	43,03	56,05	16,18	17,21	14,91	16,10
	BUSTER	56,12	63,34	31,97	50,48	11,24	16,33	13,54	13,70
	DKB550	57,41	58,61	40,41	52,14	10,69	13,84	14,29	12,94
	FOX	58,47	61,23	41,34	53,68	9,56	12,58	15,13	12,42
	Média	59,90	61,85	42,02	54,59	12,44	14,56	14,14	13,71
Depressão por endogamia									
F ₂	50A50	16,86	-22,00	-4,60	-3,24	-20,89	7,12	26,39	4,20
	50A70	-48,86	-33,27	0,75	-27,13	-1,92	1,86	14,98	4,97
	BUSTER	15,55	0,27	2,33	6,05	3,04	-9,29	13,94	2,56
	DKB550	19,31	7,56	13,48	13,45	-13,86	9,83	12,62	2,87
	FOX	-12,15	15,15	8,78	3,92	2,21	4,04	22,59	9,61
	Média	-1,86	-6,46	4,15	-1,39	-6,28	2,71	18,10	4,84
F ₃	50A50	-22,52	15,27	-7,94	-5,06	22,65	16,38	2,13	13,72
	50A70	11,91	-15,96	4,44	0,13	9,97	-6,11	0,23	1,36
	BUSTER	-11,68	-12,57	23,20	-0,35	-3,57	-41,19	9,58	-11,73
	DKB550	-19,07	-2,81	2,19	-6,56	16,34	-6,70	3,36	4,34
	FOX	3,91	-1,96	6,30	2,75	15,22	-6,71	-19,41	-3,63
	Média	-7,49	-3,60	5,64	-1,82	12,12	-8,87	-0,82	0,81

DP- Depressão por endogamia em %

Nota-se que na população F_2 (Tabela 1), o Buster e o DKB 550, expressaram depressão por endogamia nos três estresses avaliados, apresentando média de 9,8% de depressão endogâmica, com redução de 5,5 cm na altura das plantas. A redução na altura das plantas expressas pela depressão por endogamia, pode ser uma consequência desejável, desde que a altura fique entre 1,0 e 1,5 m, visto que, plantas com altura inferior a 1,5 m, diminuem a incidência de acamamento das plantas. Rebetzke et al. (2012) avaliando a capacidade de combinação de genes de trigo, obtiveram redução média de 17% na altura das plantas, tendo como consequência resistência ao acamamento. Na geração F_3 , os mesmos materiais expressarão heterose no estresse a 50 e 25% com acréscimo médio de 5,9 cm na altura das plantas. Nas populações Buster e DKB 550 não houve a expressão de alelos deletérios. Para esta variável o incremento na altura ocasionado pela heterose, pode ser um fator decisivo para determinar se as plantas apresentam ou não resistência ao acamamento, podendo ser utilizadas para obtenção de populações mais promissoras. Li et al. (2017) em estudos relacionados a característica quantitativa em lócus de análise de heterose para altura de plantas e altura de espiga em híbrido de milho elite zhengdan 958, afirmam que a altura de planta e altura de inserção da espiga são fatores determinantes para se estimar a densidade de plantas e detectar resistência ao acamamento.

De modo geral o 50A70 apresentou maior variação média para heterose nas duas gerações (Tabela 1), obtendo média de -32,7%, com incremento médio de 15,1 cm, na altura das plantas, sendo esta população indicada para obtenção de linhagens promissoras. O incremento na altura de plantas é um fator favorável, pois a redução na altura de plantas pode interferir de forma negativa na colheita mecanizada das plantas, já que para tal atividade, plantas inferiores a 1,0 m de altura inviabilizam a colheita mecanizada.

As estimativas de depressão por endogamia para DIAM são mais notórias no estresse a 0% para a geração F_2 , no qual se obteve média de 18,1%, resultando em redução média de 3,1 mm no diâmetro do colmo. Em F_3 a média para depressão por endogamia foi de 10,7%, denota-se que o 50A50 apresentou as maiores estimativas para depressão por endogamia, nos três estresses (Tabela 1), com média de 13,7%, ocasionando redução média de 2,4 mm no diâmetro. Fato esse que pode ter ocorrido devido a expressão de alelos deletérios ou pela interação genótipo ambiente. Ahmad et al. (2010) estudaram 99 linhas de milho S_1 para depressão por endogamia, demonstrou que o diâmetro das plantas reduziu consideravelmente com depressão, fato que pode ter ocorrido devido a expressão de alelos deletérios ou devido a interação genótipo ambiente, que pode ter ocasionando redução no diâmetro e altura das plantas. A redução do diâmetro do colmo influencia de forma negativa o desenvolvimento das plantas, estas quando apresenta colmos mais finos tem dificuldades em transportar água e nutrientes, além de produzir baixa quantidade de assimilados para o enchimento dos grãos.

A heterose expressa pelo 50A70, Buster, DKB 550 e Fox, na geração F₃, submetidos a estresse de 25%, indicaram ganho positivo no DIAM, com média de incremento de 1,9 mm. As plantas com maior diâmetro de colmo possuem maior sustentação, maior capacidade de translocação de água e nutrientes, resistência ao acamamento e, assim, evita perdas no campo pela impossibilidade da colheita.

O efeito de heterose foi altamente significativo para o florescimento das plantas, quando submetidas ao estresse de 25% (Tabela 2), em populações F₂, a heterose foi expressa no 50A70, Buster, DKB 550 e Fox, que apresentaram em média de -13,0%, adição de 9 dias para o início do florescimento. Na geração F₃, os híbridos avaliados no nível de 25% de estresse, apresentaram efeito negativo, com média de -8,0%, com incremento de 6 dias para o início do florescimento.

A heterose para a variável FLOR ocasionou o prolongamento do número de dias para os florescimentos, fator não desejável, pois o cultivo do sorgo ocorre geralmente no período da safrinha, sendo utilizado matérias precoces, devido as condições ambientais, aos quais são submetidos, uma vez que nesse período o regime pluviométrico é baixo. Resultados do trabalho em questão corroboram com os obtidos por Mendes et al. (2013), em estudos de depressão por endogamia em população de milho denominada MPA, que ocorreu acréscimo no número de dias para o florescimento masculino e feminino, com uma geração de autofecundação, indicando efeito negativo da endogamia, cujo os percentuais de depressão por endogamia foram de -5,61 e -6,19% para florescimento masculino e feminino, respectivamente.

Constatou-se na geração F₃, ao estresse de 50%, que quatro populações (50A50, 50A70, Buster e, DKB 550) foram as mais precoces, por causa da expressividade da depressão, reduzindo em média 16 dias para o início do florescimento. Semelhantemente aos resultados obtidos por Bernini et al. (2012) estimando parâmetros de heterose em híbridos de população F₂ de milho. Estes autores constataram que 14 híbridos se destacaram como os mais precoces, não diferindo estatisticamente das testemunhas comerciais DKB 390 e IAC 8333, que pode ter sido ocasionado pela endogamia. As plantas com florescimento precoce são as mais utilizadas para o cultivo durante a safrinha, porém vale ressaltar que plantas que apresentam precocidade muito antecipada, podem sofrer redução na produtividade pelo curto período de tempo que a mesma tem para completar seu ciclo, além de serem mais suscetíveis a pragas e doenças.

Scapim et al. (1998) em estudos sobre efeitos gênicos, heterose e depressão endogâmica em caracteres de sorgo granífero, perceberam no que diz respeito a depressão endogâmica, houve redução do rendimento médio da massa seca total do híbrido BR 303 (10,1 e 5,53 t ha⁻¹) na geração F₂ (7,78 e 3,43 t ha⁻¹), ocasionando valores de depressão endogâmica positivos e de alta magnitude (23,3 e 38,0%), nas duas épocas de plantio. Já no híbrido BR 304 na população F₂, obteve-se valor positivo e de alta magnitude, sendo de 31,2%, no plantio em

sucessão. Corroborando com o estresse de 50% na geração F₃, onde o 50A50 e 50A70 obtiveram depressão endogâmica positiva de alta magnitude (35,59 e 10,93%) respectivamente (Tabela 2), ocorrendo redução de rendimento médio da MSPA de 10,9 g.

Tabela 2- Estimativas de índice de depressão por endogamia de populações de sorgo granífero após duas gerações de autofecundação (F₂ e F₃) para florescimento (FLOR) e massa seca da parte aérea (MSPA). Ipameri, Go, 2016.

Médias									
Geração	População	FLOR (dias)				MSPA (g)			
		50	25	0	Média	50	25	0	Média
F ₁	50A50	71,06	79,56	66,75	72,46	27,79	43,23	41,06	37,36
	50A70	63,62	65,06	66,75	65,14	21,73	51,91	25,82	33,15
	BUSTER	62,44	70,12	57,00	63,19	15,68	36,83	35,55	29,35
	DKB550	69,44	78,10	69,25	72,26	34,61	42,77	58,29	45,22
	FOX	67,94	65,94	63,75	65,88	34,54	48,72	44,95	42,74
	Média	66,90	71,76	64,70	67,79	26,87	44,69	41,13	37,56
F ₂	50A50	75,63	70,63	66,66	70,97	48,38	36,34	43,47	42,73
	50A70	74,06	75,88	65,75	71,90	40,97	45,70	36,20	40,96
	BUSTER	71,25	73,72	63,66	69,54	28,36	30,37	46,52	35,08
	DKB550	80,56	86,81	68,19	78,52	48,94	53,09	44,08	48,70
	FOX	64,25	78,03	68,38	70,22	29,66	55,96	38,69	41,43
	Média	73,15	77,01	66,53	72,23	39,26	44,29	41,79	41,78
F ₃	50A50	71,19	78,38	73,00	74,19	31,16	40,25	49,37	40,26
	50A70	56,53	76,19	66,44	66,39	36,49	56,75	35,25	42,83
	BUSTER	58,97	77,25	53,56	63,26	27,86	56,86	53,03	45,91
	DKB550	51,53	93,63	66,00	70,39	45,24	66,24	44,94	52,14
	FOX	68,25	90,63	68,38	75,75	34,62	60,23	51,14	48,66
	Média	61,29	83,21	65,48	70,00	35,07	56,06	46,74	45,96
Depressão por endogamia									
F ₂	50A50	-6,42	11,23	0,14	1,65	-74,11	15,93	-5,87	-21,35
	50A70	-16,41	-16,62	1,50	-10,51	-88,54	11,97	-40,20	-38,92
	BUSTER	-14,11	-5,13	-11,68	-10,31	-80,45	17,54	-30,84	-31,25
	DKB550	-16,02	-11,16	1,53	-8,55	-41,41	-24,13	24,39	-13,72
	FOX	5,43	-18,34	-7,25	-6,72	14,14	-14,86	13,93	4,41
	Média	-9,51	-8,00	-3,15	-6,89	-54,07	1,29	-7,72	-20,17
F ₃	50A50	5,87	-10,97	-9,52	-4,87	35,59	-10,73	-13,57	3,76
	50A70	23,67	-0,41	-1,05	7,40	10,93	-24,19	2,63	-3,54
	BUSTER	17,24	-4,79	15,86	9,43	1,77	-87,22	-14,00	-33,15
	DKB550	36,04	-7,85	3,21	10,47	7,57	-24,76	-1,96	-6,38
	FOX	-6,23	-16,14	0,00	-7,46	-16,76	-7,63	-32,18	-18,86
	Média	15,32	-8,03	1,70	3,00	7,82	-30,91	-11,82	-11,63

DP- Depressão por endogamia em %

Do ponto de vista fisiológico, o rendimento da MSPA é uma das principais características de desempenho produtivo para o sorgo. Verifica-se na (Tabela 2) que a geração F₂, a 50% de estresse, obteve maior expressividade de heterose do que endogamia, o qual contribuiu com incremento na massa seca da parte aérea em 16,7 g. Na geração F₃, as plantas

submetidas ao estresse de 25%, não expressaram efeito endogâmico, sendo predominante o efeito da heterose, contribuindo para o aumento em 11,8 g.

O incremento da massa seca, ocasionado pela heterose, torna-se fator positivo para a variável em questão, visto que, os rendimentos de MSPA estão ligados de forma direta aos caracteres de produtividade, onde maior produção de MSPA, refletem em maiores produtividades. Além desse fator, a alta produtividade de MSPA atrelada a outros fatores como folhas e colmos mais digestíveis, vem sendo um dos principais objetivos dos programas de melhoramento visando a produção de silagem de sorgo (GUARESCHI et al., (2010).

Nas gerações F₂ e F₃ a população 50A50, apresentou depressão por endogamia na MSR em todos os estresses ao qual foram submetidos, em média a depressão foi de 10,7% e 22,9%, respectivamente, promovendo a redução de 3,0 g na geração F₂ e de 4,8 g na geração F₃.

Verifica-se que o DKB 550 na geração F₂ (Tabela 3), obteve efeito heterótico nos estresses avaliados, em média a heterose foi -39,6%, influenciando de forma positiva no aumento da produtividade de MSR, incrementando cerca de 8,3 g, indicando plantas com maior quantidade de raiz e com maior capacidade de absorver água e nutrientes do solo, elementos fundamentais para realização da fotossíntese e, conseqüente, desenvolvimento adequado da planta. Porém na geração F₃, o DKB 550 apresentou efeito contrário ao obtido na F₂, expressando endogamia em todos os ambientes avaliados, reduzindo cerca de 9,1 g da massa seca da raiz. A redução da raiz das plantas é indesejável para qualquer cultura, pois plantas com menor produção de raiz, apresentam dificuldade de absorver água e nutrientes necessários para completar seu ciclo.

Para massa de grãos as estimativas de depressão por endogamia foram altas na geração F₂ (Tabela 3), os índices médios variam de 1,17 a 30,85%, o que resultou na redução de 626,44 t ha⁻¹, na produtividade de grãos. Na geração F₃ as variações do índice de endogamia foram de 1,12 a 41,83%, reduzindo cerca de 553,99 t ha⁻¹. Valores semelhantes para a estimativa de depressão por endogamia foram encontrados Rivera et al. (2005), ao realizarem estudos sobre a diversidade genética e heterose entre híbridos de milho comercial Jalisco, encontraram valores de depressão por endogamia no rendimento de grãos de milho de 32 e 38% na geração F₂. Mendes et al. (2013) para peso de espigas (PT) e peso de grãos (PG), notaram efeito mais expressivo da endogamia, 52,00 e 53,75%, respectivamente. Para os autores, esses valores elevados são esperados, em virtude da complexidade dos caracteres e da diversidade na origem da população em estudo, pois a população MPA tem sua origem composto de mais de 30 populações. Bernini et al. (2013) observaram que os híbridos em estudo apresentaram alta estimativa de depressão por endogamia para massa de grãos, onde a MG foi de 48,1% no HC10, de 36,3% no HC13 e de 39,2% no HC14.

Tabela 3- Estimativas de índice de depressão por endogamia de populações de sorgo granífero após duas gerações de autofecundação (F₂ e F₃) para massa seca da raiz (MSR) e massa de grãos (MG). Ipameri, GO, 2016.

Médias									
Geração	População	MSR (g)				MG (t ha ⁻¹)			
		50	25	0	Média	50	25	0	Média
F ₁	50A50	22,20	22,24	30,93	25,12	2706,50	4054,00	3491,00	3417,17
	50A70	20,46	20,54	29,91	23,64	2124,50	3059,50	4229,75	3137,92
	BUSTER	23,95	20,89	21,55	22,13	3949,00	3333,75	4582,75	3955,17
	DKB550	18,16	18,58	24,53	20,42	2717,00	3000,00	3148,50	2955,17
	FOX	16,14	19,29	25,01	20,15	3827,25	4721,50	2717,00	3755,25
	Média	20,18	20,31	26,39	22,29	3064,85	3633,75	3633,80	3444,14
F ₂	50A50	20,62	21,77	23,84	22,08	2081,88	3258,75	3450,00	2930,21
	50A70	24,36	13,19	30,81	22,78	2746,25	3597,03	4004,38	3449,22
	BUSTER	15,68	20,72	29,49	21,96	3395,63	3929,53	3964,38	3763,18
	DKB550	27,31	22,23	36,48	28,67	2020,00	3208,44	4638,13	3288,85
	FOX	7,57	16,96	28,24	17,59	4130,63	3265,00	4410,00	3935,21
	Média	19,11	18,97	29,77	22,62	2874,88	3451,75	4093,38	3473,33
F ₃	50A50	12,09	16,05	23,59	17,24	3437,34	3880,94	3165,94	3494,74
	50A70	8,05	25,64	30,04	21,24	2061,41	5048,44	3936,25	3682,03
	BUSTER	23,53	20,57	19,88	21,33	3307,03	3885,63	4498,75	3897,14
	DKB550	16,33	17,77	24,70	19,60	2329,84	3236,25	3628,75	3064,95
	FOX	13,46	18,31	25,96	19,24	2402,66	3982,66	3885,00	3423,44
	Média	14,69	19,66	24,83	19,73	2707,66	4006,78	3822,94	3512,46
Depressão por endogamia									
F ₂	50A50	7,10	2,10	22,91	10,70	23,08	19,62	1,17	14,62
	50A70	-19,04	35,79	-3,01	4,58	-29,27	-17,57	5,33	-13,84
	BUSTER	34,52	0,82	-36,85	-0,50	14,01	-17,87	13,49	3,21
	DKB550	-50,40	-19,66	-48,71	-39,59	25,65	-6,95	-47,31	-9,54
	FOX	53,08	12,10	-12,93	17,42	-7,93	30,85	-62,31	-13,13
	Média	5,05	6,23	-15,72	-7,39	5,11	1,62	-17,93	-3,73
F ₃	50A50	41,36	26,30	1,05	22,90	-65,11	-19,09	8,23	-25,32
	50A70	66,95	-94,39	2,51	-8,31	24,94	-40,35	1,70	-4,57
	BUSTER	-50,06	0,74	32,59	-5,58	2,61	1,12	-13,48	-3,25
	DKB550	40,19	20,08	32,28	30,85	-15,34	-0,87	21,76	1,85
	FOX	-77,79	-7,96	8,09	-25,89	41,83	-21,98	11,90	10,59
	Média	4,13	-11,05	15,30	2,80	-2,21	-16,23	6,02	-4,14

DP- Depressão por endogamia em %

As estimativas do efeito heterótico para MG tiveram grande amplitude de variação na população F₂, de -6,95 a -62,31% (Tabela 3), o alto índice de variação interferiu de forma positiva na massa de grãos, incrementando cerca de 778,50 t ha⁻¹. Na população F₃, a heterose variou de -0,87 a -65,11%, ocasionando incremento de 716,96 t ha⁻¹, na massa de grãos. A expressividade da heterose contribuiu com incremento da MG, indicando que as plantas com são promissoras em programas de melhoramento, visando aumento da produtividade de grãos, que é um dos principais focos em culturas de sorgo granífero.

As populações DBK 550 e Fox apresentaram alto índice de depressão endogâmica para a variável MG, sendo essas mais indicadas para programas de melhoramento de populações e métodos de seleção recorrente recíproca.

A depressão por endogamia ocasionou quedas no rendimento médio das populações, fato esse esperado, pois, a depressão endogâmica é causada pela presença de efeitos gênicos não aditivos, sendo a consequência mais notável a redução média da produtividade na geração F_2 e F_3 , motivo pelo qual os agricultores não devem estocar sementes para semear para as safras seguintes.

Os índices de depressão por endogamia foram maiores da geração F_2 para F_3 , isso demonstra que a depressão maior ocorre de F_2 para F_3 e, posteriormente a tendência é ficar mais branda, com o aumento da endogamia, fator importante, visto que, alta heterose atrelada com a baixa depressão por endogamia, indica variação genética aditiva, que pode ser fixada nas gerações segregantes.

5. CONCLUSÕES

Houve expressão de depressão endogâmica e heterose para todas as variáveis em estudo, indicando diferentes comportamentos nos híbridos comerciais da geração F_1 para F_2 e, F_2 para F_3 .

As populações 50A50 e 50A70 apresentaram baixo índice de depressão por endogamia para as variáveis altura de planta, diâmetro de colmo e florescimento, enquanto a população Buster, se destacou para massa de grãos, com menor índice de depressão, assim são os mais indicados para obtenção de linhagens promissoras e para a seleção recorrente intrapopulacional.

As populações Fox e DKB 550 apresentaram alto índice de depressão por endogâmica para as características diâmetro do colmo, massa seca da raiz e massa de grãos, sendo recomendadas para a seleção recorrente recíproca.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, M; KHAN, S; AHMAD, F; SHAH, N. H; AKTAR, N. Evaluation of 99 s1 lines of maize for inbreeding depression. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, Pexauar, Paquistão, v. 47, n. 3, p.209-213, 2010.
- BASSO, F. C; ANDREOTTI, M; CARVALHO, M. de. P; LODO, B. N. RELAÇÕES ENTRE PRODUTIVIDADE DE SORGO FORRAGEIRO E ATRIBUTOS FÍSICOS E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DE UM LATOSSOLO DO CERRADO. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia- Go, v. 41, n. 1, p.135-144, 1 mar. 2011.
- BERNINI, C. S; PATERNIANI, M. E. A. G. Z; DUARTE, A. P; GALLO, P. B; GUIMARÃES, P. de. S; ROVARIS, S. R. S. Depressão endogâmica e heterose de híbridos de populações F2 de milho no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas Sp, v. 72, n. 3, p.217-223, 2013.
- BERNINI, C. S; PATERNIANI M. E. A. G. Z; SAWAZAKI, E; DUARTE, A. P; GALLO, P. B; GUIMARÃES P. S. Depressão Endogâmica e Heterose em Híbridos de Populações F2 de Milho. In: **XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 2012, Águas de Lindóia. Anais do Instituto Agrônomo / Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 3020-3026.
- EMBRAPA - CNPS (2013) **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI, 306 p. < http://livraria.sct.embrapa.br/liv_resumos/pdf/00053080.pdf> Acesso em: 06 set. 2017.
- FRANÇA, I. S; SILVA, J. C. de S; LIMA, P. Q. de. A importância do sorgo na pecuária bovina leiteira no Brasil: O Sorgo no Brasil. **Nutritime Revista Eletrônica On-line**, Viçosa, v. 14, n. 1, p.4964-4969, 01 fev. 2017.
- FREITAS, J. P. X; SANTOS, V. da. S; OLIVEIRA, E. J. de. Inbreeding depression in cassava for productive traits. **Euphytica**, v.208, p.1-9, 2016.
- GUARESCHI, R. F; BRASIL, R. B; PERIN, A; RBEIRO, J. M. M. Produção de silagem de híbridos de milho e sorgo sem nitrogênio de cobertura em safra de verão. - **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia- Go, v. 40, n. 4, p.541-546, 12 dez. 2010.
- KÖEPPEN, W. **Climatologia**: con un Estudio de los Climats de la Tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.
- KUMAR, S; RAO, S; REDDY, B. V; RAVINDRABADU, V; REDDYK. H. P. Heterosis and Inbreeding Depression in Tropical Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Crop Research**, Patancheru, v. 51, n. 1, p.1-4. 2016
- LI, H; YANG, Q; FAN, N; ZHANG, M; ZHAI, H; NI, Z; YIRONG, Z. Quantitative trait locus analysis of heterosis for plant height and ear height in an elite maize hybrid zhengdan 958 by design III. **Bmc Genetics**, Pequim, v. 3, n. 1, p.1-10. 2017.
- LI, X; LI, X; FRIDMAN, E; TESSO, T. T; YU, J. Dissecting repulsion linkage in the dwarfing gene Dw3 region for sorghum plant height provides insights into heterosis. **Proceedings of the National Academy of Science**, Kansas, v. 112, n. 1, p.11823-11828. 2016.

MENDES, U. C. SOUSA, S. B.; SCHINDLER, R. F.; PINTO, J. F. N.; REIS, E. F. Depressão por endogamia em uma população de milho denominada MPA. Xii **Seminário Nacional Estabilidade de Produtividade**, Dourados- Ms, v. 1, n. 1, p.1-6. 2013.

MONTANARI, R; PANACHUKI, E; LOVERA, L. H; CORREA, A. R; OLIVEIRA, I. S; QUEIROZ, H. A; TOMAZ, P. K. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e de atributos do solo na região do ecótono Cerrado-Pantanal, MS. **Revistas Brasileira de Ciências do Solo**, São Paulo, v. 39, n. 1, p.385-396, 1 out. 2015.

REBETZKE, G. J; ELLIS, M. H; BONNETT, D. G; MICKELSON, B; CONDON, A. G.; RICHARDS, R. A. Height reduction and agronomic performance for selected gibberellin-responsive dwarfing genes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **Field Crops Research**v.126p.87–96, 2012.

RIVERA, M. M. M; PARRA, J. R; GONZÁLEZ, J. J. S; DÍAZ, J. L. R; LARIOS, L. C; MUNGUÍA, S. M; PEÑA, S. H; BONAPARTE, M. C. Diversidad genética y heterosis entre híbridos comerciales de maíz de Jalisco liberados em la década de 1990. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.28, p.115-126, 2005.

SCAPIM, C. A; BRACCINI, A. L; PINTO, R. J. B; AMARAL JÚNIOR, A. T; RODOVALHO, M. A; SILVA, R. M; MORTELE, L. M. Componentes genéticos de médias e depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. **Ciência Rural**, v. 36, p. 63- 69, 2006.

SCAPIM, C. A; CARVALHO, C. G. P; CRUZ, C. D. Efeitos gênicos, heterose e depressão endogâmica em caracteres de sorgo granífero. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 33, n. 11, p. 1847-1857, nov.1998.

TARDIN, F. D; RODRIGUES, J. A. S; COELHO, R. R. **Cultivo do sorgo**. 6. Ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 2).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura do sorgo apresenta uma certa tolerância ao estresse hídrico, sendo uma ótima opção de cultivo para o período da safrinha e, locais com baixa pluviosidade. Porém quando submetidas ao estresse acentuado, longo período de veranico, ou pluviosidade abaixo do mínimo recomendado para a cultura, apresentará limitações em seu desenvolvimento e perdas consideráveis na produtividade.

Foi constatado altos índices de depressão por endogamia e a heterose, nas populações em estudo, esses fatores são de grande importância em programas de melhoramento de plantas, principalmente na obtenção de populações promissoras. Porém não é recomendado aos produtores o uso de sementes de sorgo provenientes de autofecundação, visto que a expressão de alelos deletérios pode ocasionar perdas significativas na cultura, tanto em produção quanto em desenvolvimento das plantas.

A interação do genótipo com os ambientes aos quais foram submetidos, pode ter influenciado na maior expressividade da depressão por endogamia, nas populações em estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, M; KHAN, S; AHMAD, F; SHAH, N. H; AKTAR, N. Evaluation of 99 s1 lines of maize for inbreeding depression. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, Pexauar, Paquistão, v. 47, n. 3, p.209-213, 2010.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO; R.G.; RODRIGUES, J.A.S.; BRANT, R.S.; MENDES; M.C. Espaçamento e densidade de semeadura para linhagens de sorgo granífero no semiárido. **Bragantia**, Campinas, v. 70, p. 278- 285, 2011.

ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 124-130, 2010.

ARAÚJO, B. L.; ARNHOLD, E.; JUNIOR, E. A. O. de.; LIMA, C. F. de. Parâmetros genéticos em cultivares de sorgo granífero avaliados em safrinha. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha–ma, v. 9, n. 2, p.1-9, 1 jan. 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/CLIENTE/Downloads/1263-14936-1-PB.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2017.

BASSO, F. C; ANDREOTTI, M; CARVALHO, M. de. P; LODO, B. N. RELAÇÕES ENTRE PRODUTIVIDADE DE SORGO FORRAGEIRO E ATRIBUTOS FÍSICOS E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DE UM LATOSSOLO DO CERRADO. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia- Go, v. 41, n. 1, p.135-144, 1 mar. 2011.

BEIRAGI, M. A.; EBRAHIMI, M.; MOSTAFAVI, K.; GOLBASHY, M.; KHORASANI, S. K. A study of morphological basis of corn (*Zea mays* L.) yield under drought stress condition using correlation and path coefficient analysis. **Journal of Cereals and Oilseeds**, Lagos, v. 2, n. 2, p. 32-37, 2011.

BERGAMIN, A. C; VITORINO, A. C. T; FRANCHINI, J. C; SOUZA, C. M. A. de; SOUZA, F. R. de. Compactação em um latossolo vermelho distroférrico e suas relações com o crescimento radicular do milho. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Dourados, Ms, p.681-691, 2010.

BERNINI, C. S.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; DUARTE, A. P.; GALLO, P. B.; GUIMARÃES, P. de. S.; ROVARIS, S. R. S. Depressão endogâmica e heterose de híbridos de populações F2 de milho no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas Sp, v. 72, n. 3, p.217-223, 2013.

BERNINI, C. S.; PATERNIANI M. E. A. G. Z.; SAWAZAKI, E.; DUARTE, A. P.; GALLO, P. B.; GUIMARÃES P. S. Depressão Endogâmica e Heterose em Híbridos de Populações F2 de Milho. In: **XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 2012, Águas de Lindóia. Anais do Instituto Agrônomo / Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 3020-3026.

BONELLI, E. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; CABRAL, C. E. A.; CAMPOS, J. J; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; POLIZEL, A. C.; Compactação do solo: Efeitos nas características produtivas e morfológicas dos capins Piatã e Mombaça; **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande v.15, n.3, p.264–269, 2011.

BONFIM-SILVA, E. M.; KROTH, B. E.; SILVA, T. J. A.; FREITAS, D. C. Disponibilidades hídricas no desenvolvimento inicial de sorgo e pH do solo. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia-go, v. 8, n. 14, p.397-407, 1 jan. 2012.

BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, E. A.; KROTH, B. E.; REZENDE, D. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p.180-186, abr.-jun., 2011. Disponível em: <file:///C:/Users/AeH/Downloads/1871-6196-1-PB (1).pdf>. Acesso em: 26 maio 2017.

COLLARES, G.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. & KAISER, D.R. Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 32:933- 942, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Sorgo período: junho de 2016**. CONAB, Brasília, p.1-9, 2017.

COSTA, J R.; PINHO, J L. N.; PARRY, M. M. Produção de matéria seca de cultivares de milho sob diferentes níveis de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p.443-450, 13 mar. 2008.

CRUSCIOL, C. A. C; MATEUS, G. P; PARIZ, C. M; BORGHI, E; COSTA, C; SILVEIRA, J. P. F. Nutrição e produtividade de híbridos de sorgo granífero de ciclos contrastantes consorciados com capim-marandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília- Df, v. 46, n. 10, p.1234-1240, out. 2011.

CYSNE, J. R. B.; PITOMBEIRA, J. B. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de sorgo granífero em diferentes ambientes do estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 273-278, 2012.

EMBRAPA - CNPS (2013) **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI, 306 p. < http://livraria.sct.embrapa.br/liv_resumos/pdf/00053080.pdf> Acesso em: 06 fev. 2017.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; BANDEIRA, M. M.; GUIMARÃES, C. L.; CABRAL, D. E. C. Aptidão climática do sorgo (*Sorghum bicolor*) para o estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Paraíba, v. 9, n. 4, p.1-15, 2016.

FRANÇA, I. S; SILVA, J. C. de S; LIMA, P. Q. de. A importância do sorgo na pecuária bovina leiteira no Brasil: O Sorgo no Brasil. **Nutritime Revista Eletrônica On-line**, Viçosa, v. 14, n. 1, p.4964-4969, 01 fev. 2017.

FREITAS, J. P. X; SANTOS, V. da. S; OLIVEIRA, E. J. de. Inbreeding depression in cassava for productive traits. **Euphytica**, v.208, p.1-9, 2016.

GUARESCHI, R. F; BRASIL, R. B; PERIN, A; RBEIRO, J. M. M. Produção de silagem de híbridos de milho e sorgo sem nitrogênio de cobertura em safra de verão. - **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia- Go, v. 40, n. 4, p.541-546, 12 dez. 2010.

HALLAUER, A. R; CARENA, J. M; MIRANDA, J. B. F. Quantitative genetics in maize breeding. New York: **Springer**. 2010.

JUNIOR, E. U. R.; MACHADO, R. A. F.; OLIBONE, D.; CASTOLDI, G.; RAMOS, B. M. Crescimento de plantas de cobertura sob déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p.47-56, jan.-fev. 2013.

KÖEPPEN, W. Climatologia: con un Estudio de los Climas de la Tierra. México: **Fondo de Cultura Económica**, 1948. 478 p.

KLOCKE, N. L.; CURRIE, R. S; TOMSICEK, D. J.; KOEHN, J. W. Sorghum yield response to deficit irrigation. Transaction of the **ASABE**, St. Joseph, v.55, n.3, p.947-955, 2012.

KUMAR, S; RAO, S; REDDY, B. V; RAVINDRABADU, V; REDDYK. H. P. Heterosis and Inbreeding Depression in Tropical Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Crop Research**, Patancheru, v. 51, n. 1, p.1-4. 2016

LI, H; YANG, Q; FAN, N; ZHANG, M; ZHAI, H; NI, Z; YIRONG, Z. Quantitative trait locus analysis of heterosis for plant height and ear height in an elite maize hybrid zhengdan 958 by design III. **Bmc Genetics**, Pequim, v. 3, n. 1, p.1-10. 2017.

LI, X; LI, X; FRIDMAN, E; TESSO; T. T; YU, J. Dissecting repulsion linkage in the dwarfing gene Dw3 region for sorghum plant height provides insights into heterosis. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Kansas, v. 112, n. 1, p.11823-11828. 2016.

LIMA, N. R. C. B; SANTOS, P. M; MENDONÇA, F. C; ARAÚJO, L. C. Critical periods of sorghum and palisadegrass in intercropped cultivation for climatic risk zoning. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, MG, v. 40, p. 1452-1457, 2011.

MENDES, U. C. SOUSA, S. B.; SCHINDLER, R. F.; PINTO, J. F. N.; REIS, E. F. Depressão por endogamia em uma população de milho denominada MPA. Xii **Seminário Nacional Estabilidade de Produtividade**, Dourados- Ms, v. 1, n. 1, p.1-6. 2013.

MENEZES, C. B. de.; RIBEIRO, A. da. S.; TARDIN, F. D.; CARVALHO, A. J. de.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; PORTUGAL, A. F.; SILVA, K. J. da.; SANTOS, C. V. dos.; ALMEIDA, F. H. L. de. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de sorgo em ambientes com e sem restrição hídrica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Nova Porteirinha MG, v. 14, n. 1, p.101-115, 2015.

MONTANARI, R.; PANACHUKI, E.; LOVERA, L. H.; CORREA, A. R.; OLIVEIRA, I. S.; QUEIROZ, H. A.; TOMAZ, P. K. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e de atributos do solo na região do Ecótono Cerrado-Pantanal, MS. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, São Paulo, p.385-396, 2015.

MONTANARI, R.; PANACHUKI, E.; LOVERA, L. H.; OLIVEIRA, I. S.; BONINI, C. dos. S. B. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e atributos físicos em um Planossolo. **Revista Agro@mbiente On-line**, Aquidauana Ms, v. 7, n. 3, p.252-261, 2013.

MOTA, J. H; BEVILAQUA, L. K. A; MENEZES, C. B. de. Avaliação de cultivares de sorgo granífero na safrinha em Jataí-Go. **Revista de Agricultura**, Jataí-go, v. 91, n. 3, p.240-248, 2016.

MOREIRA, L. R; ERVILHA, J. D. C; COUTINHO, P. H; VIDIGAL, J. G; OGLIARI, J; MIRANDA, G. V; PEREIRA, L. F. Caracterização fisiológica de sorgo sacarino em diferentes intensidades de irrigação. **Vértices**, Campos dos Goytacazes- RJ, v. 15, n. 2, p.39-48, 2013.

OLIVEIRA, A. R. de; MELO, R. F. de; SANTOS, J. M. R. dos; TARDIN, F. D. Desempenho produtivo de sorgo sacarino cultivado em barragem subterrânea. **Revista Científica Intellecto**, Petrolina -PE, v. 1, n. 2, p.103-111, 2016.

PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; BERNINI, C. S; GUIMARÃES, P. de S; DONÁ, S; GALLO, P. B; DUARTE, A. P. POTENCIAL PRODUTIVO E HETEROSE DE HÍBRIDOS DE POPULAÇÕES F2 DE MILHO NO ESTADO DE SÃO PAULO. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 27, n. 1, p.29-46, 2010.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15 ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p

REBETZKE, G. J.; ELLIS, M. H.; BONNETT, D. G.; MICKELSON, B.; CONDON, A. G.; RICHARDS, R. A. Height reduction and agronomic performance for selected gibberellin-responsive dwarfing genes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **Field Crops Research** v.126p.87–96, 2012.

RIVERA, M.M.M.; PARRA, J.R.; GONZÁLEZ, J.J.S.; DÍAZ, J.L.R.; LARIOS, L.C.; MUNGUÍA, S.M.; PEÑA, S.H.; BONAPARTE, M.C. Diversidad genética y heterosis entre híbridos comerciales de maíz de Jalisco liberados em la década de 1990. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.28, p.115-126, 2005.

RODRIGUES, G. C.; PAREDES, P.; GONÇALVES, J. M.; ALVES, I; PEREIRA, L. S. Comparing sprinkler and drip irrigation systems for full and deficit irrigated maize using multicriteria analysis and simulation modelling: Ranking for water saving vs. farm economic returns, **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 126, p. 85–96, aug. 2013.

SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; PINTO, R. J. B.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; RODOVALHO, M. A.; SILVA, R. M.; MORTELE, L. M. Componentes genéticos de médias e depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. **Ciência Rural**, v. 36, p. 63-69, 2006.

SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D. Efeitos gênicos, heterose e depressão endogâmica em caracteres de sorgo granífero. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 33, n. 11, p. 1847-1857, nov.1998.

SILVA, A. G. da; FRANCISCHINI, R; GOULART, M. M. P. Desempenho agrônômico e econômico de híbridos de sorgo granífero na safrinha em Montividiu-Go. **Revista de Agricultura**, Rio Verde- Go, v. 90, n. 1, p.17-3, 2015. Disponível em: <<http://www.fealq.org.br/ojs/index.php/revistadeagricultura/article/view/117/56>>. Acesso em: 04 set. 2017.

SILVA, K. J. d.; MENEZES. C. B. de.; TARDIN, F. D.; SILVA, A. R. da.; CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; GODINHO, V. de. P. C. Seleção para produtividade de grãos adaptabilidade e estabilidade de sorgo granífero. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Santo Antônio de Goiás, v. 15, n. 2, p.335-345, 2016. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/661/pdf_471>. Acesso em: 05 fev. 2017.

SILVA, A. G.; BARROS, A. S.; SILVA, L. H. C. P. da.; MORAES, E. B. de.; PIRES, R.; TEIXEIRA, I. R. Avaliação de cultivares de sorgo granífero na safrinha no Sudoeste do Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, Go, v. 39, n. 2, p.168-174, 2009.

TARDIN, F. D.; FILHO, J. E. A.; OLIVEIRA, C. M.; LEITE, C. E. P.; MENEZES, C. B.; MAGALHÃES, P. C.; RODRIGUES, J. A. S.; SCHAFFERT, R. E. Avaliação agronômica de híbridos de sorgo granífero cultivados sob irrigação e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 102-117, 2013.

TARDIN, F. D.; RODRIGUES, J. A. S.; COELHO, R. R. **Cultivo do sorgo**. 6. Ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 2).