

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE  
PLANTAS

RAIANE SCANDIANE DA SILVA

**Interação genótipo x ambiente no desempenho sorgo biomassa**  
**[*Sorghum bicolor* (L.) Moench]**

CÁCERES  
MATO GROSSO – BRASIL  
DEZEMBRO 2016

RAIANE SCANDIANE DA SILVA

**Interação genótipo x ambiente no desempenho de sorgo biomassa  
[Sorghum bicolor (L.) Moench]**

Dissertação apresentada à UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. MARCO ANTONIO APARECIDO BARELLI

CÁCERES  
MATO GROSSO – BRASIL  
DEZEMBRO – 2016

Silva, Raiane Scandiane da

Interação genótipo x ambiente no desempenho sorgo biomassa (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)./Raiane Scandiane da Silva. – Cáceres/MT: UNEMAT, 2016.  
72f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Mato Grosso. Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, 2016.

Orientador: Marco Antonio Aparecido Barelli

Co-orientadora: Carla Lima Corrêa

1. Sorgo. 2. Sorgo –interação genótipo x ambiente. 3. Sorgo – adaptabilidade e estabilidade. 4. Sorgo –produtividade . I. Título.

CDU: 633.174

**Interação genótipo x ambiente no desempenho de sorgo biomassa  
[Sorghum bicolor (L.) Moench].**

**RAIANE SCANDIANE DA SILVA**

Dissertação apresentada à UNIVERSIDADE DO  
ESTADO DE MATO GROSSO, como parte das  
exigências do Programa de Pós-Graduação em  
Genética e Melhoramento de Plantas, para  
obtenção do título de Mestre.

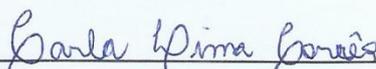
Aprovado em 09 de dezembro de 2016.

Comissão Examinadora:



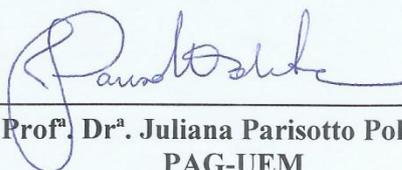
---

**Prof. Dr. Marco Antonio Aparecido Barelli**  
**PGMP-Unemat**



---

**Prof. Dr. Carla Corrêa Lima**  
**Depto Agronomia - Unemat**



---

**Prof. Dr. Juliana Parisotto Poletine**  
**PAG-UEM**

*Por isso não tema, pois estou com você, não tenha medo, pois sou o seu Deus. Eu o fortalecerei e o ajudarei; eu o segurarei com a minha mão direita vitoriosa. (Isaías 41:10)*

À Deus por ter me proporcionado mais uma conquista. E aos meus pais Jurandir Perônico da Silva e Maria de Lourdes Scandiane da Silva pelo incentivo e amor incondicional.

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

À Deus pela proteção, saúde, e por me conduzir minha vida.

À Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT pela oportunidade conferida.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, pelo apoio técnico.

Ao meu orientador, Dr. Marco Antonio Aparecido Barelli, pela orientação, pelos ensinamentos e pela colaboração durante todo trabalho de pesquisa.

À minha coorientadora, Dra. Carla Lima Corrêa pela contribuição, atenção e dedicação. Estando sempre disponível para o desenvolvimento nesta pesquisa.

À Dra. Juliana Parisotto Poletine por aceitar fazer parte da banca e pela grandiosa contribuição.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas - PGMP por participar deste passo tão importante em minha vida profissional e pelas oportunidades de geração de conhecimentos e qualificação.

Ao pesquisador Flávio Dessaune Tardin pela atenção, incentivo e contribuição científica nesta pesquisa.

Aos meus pais Jurandir Peronico da Silva e Maria de Lourdes Scandiane da Silva, pelo amor incondicional, apoio e por estarem do meu lado sempre.

Aos meus irmãos, Michele Scandiane da Silva e Gleison Scandiane da Silva, pelo carinho, compreensão e apoio em todos os momentos.

Ao meu namorado Diogo, pelo companheirismo, amor, grande incentivo e exemplo de pessoa, que acreditou em mim, despertando-me o interesse pela pesquisa científica.

Aos amigos Taiana Paula S. Vendruscolo, Marcilene A. de S. Castrillon, Fabio Tomaz, pela amizade, ajuda, incentivo, apoio e companheirismo sempre.

Aos amigos da pós-graduação Ariane Farias, Antonio M. Chimello, Patricia Campos, Talita, Camila Antoniazzi, Vivia Lemos e Paula Pinheiro, obrigada pela amizade, companheirismo, e por estarmos sempre juntos, nos ajudando mutuamente em momentos difíceis.

Aos amigos, Arthur Farias e Waldenice Barbosa Farias, pelo incentivo e carinho a mim dedicado, durante toda minha trajetória. Vocês foram essenciais nessa caminhada.

Aos doutorandos do Laboratório de Recursos Genéticos & Biotecnologia pela contribuição para realização desta pesquisa.

Aos bolsistas e voluntários do laboratório de Recursos Genéticos & Biotecnologia, pela contribuição e ajuda na coleta de dados.

Enfim, a todos que me ajudaram durante essa trajetória colaborando direta e indiretamente para a realização deste trabalho, agradeço.

## BIOGRAFIA

RAIANE SCANDIANE DA SILVA nasceu em 5 de novembro de 1992 na cidade de Rio Branco - MT, filha de Jurandir Perônico da Silva e Maria de Lourdes Scandiane da Silva.

Cursou o ensino fundamental e médio na Escola Estadual Deputado Francisco Eduardo Rangel Torres, em Rio Branco-MT.

Em fevereiro de 2015, diplomou-se em Engenharia Florestal no Instituto Federal de Mato Grosso Campus de Cáceres, IFMT.

Em março de 2015, iniciou o curso de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, na linha de pesquisa em Melhoramento Genético Vegetal.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Origem do sorgo .....	3
2.2 Morfologia e aspectos gerais .....	4
2.3 Importância econômica .....	6
2.4 Interação Genótipo x Ambiente.....	8
2.5 Adaptabilidade e estabilidade .....	10
2.6 Metodologia de Lin e Binns (1988) .....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	16
3.1 Área experimental .....	16
3.2 Município de Cáceres .....	17
3.2.1 Clima e solo .....	17
3.3 Município de Sinop.....	18
3.3.1 Clima e solo .....	18
3.5 Genótipos.....	20
3.6 Delineamento Experimental .....	20
3.7 Plantio .....	21
3.8 Tratos culturais .....	21
3.9 Colheita.....	21
3.10 Características avaliadas .....	22
3.11 Análises estatísticas.....	22
3.11.1 Análise de variância individual.....	23
3.11.2 Análise de variância conjunta .....	23
3.11.3 Método proposto por Lins e Binns (1988).....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
4.1 Análise de variância individual .....	27
4.2 Análise de variância conjunta .....	29
4.3 Teste de agrupamento Scott e knott (1974).....	31
4.4 Método de Lin e Binns (1988).....	36
5. CONCLUSÕES.....	45
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46

## RESUMO

SILVA, Raiane Scandiane da, M.Sc., UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO, dezembro de 2016, Interação genótipo x ambiente no desempenho de sorgo biomassa [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. Professor Orientador: D.Sc. Marco Antonio Aparecido Barelli, Professores Conselheiros: D.Sc. Carla Lima Correa e D.Sc. Juliana Parisotto Poletine.

O sorgo biomassa é um exemplo de cultura potencialmente energética, apresentando-se como uma planta sensível ao fotoperíodo, com característica fotossintética do tipo C4, fazendo com que esta tenha maior período vegetativo e conseqüentemente maior produção de massa verde e massa seca. Sua principal finalidade é a produção de biomassa, utilizada como fonte renovável de energia através da queima de sua biomassa lignocelulósica. Neste sentido, a realização de estudos para avaliar o potencial produtivo dessa cultura em diversas regiões se torna imprescindível, pois conhecer o comportamento de genótipos em diversos ambientes, principalmente quanto à capacidade de produção de biomassa, é fundamental para ampliação do sorgo biomassa como alternativa as demais culturas energéticas. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a interação genótipo x ambiente de sorgo biomassa, bem como verificar a estabilidade e adaptabilidade dos diferentes híbridos pelo método de Lin e Binns. O experimento foi conduzido em duas localidades do Estado de Mato Grosso na safra 14/15. Uma localizada na área experimental do Laboratório de Recursos Genéticos & Biotecnologia, na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Cáceres-MT, e a outra, situada no campo experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (Embrapa) em Sinop. Foram avaliados 34 genótipos de sorgo biomassa no delineamento em blocos ao acaso, com três repetições e as variáveis analisadas foram: número de dias para o florescimento (FLOR); altura média de planta (ALT); produção de massa verde (PMV) e produção de massa seca (PMS). Os dados foram submetidos à análise de variância e posterior análise conjunta dos dados para avaliar a significância da interação genótipo x ambiente (GxA) e realizar o estudo de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Lin e Binns. Todas as variáveis analisadas foram significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F. A análise de variância conjunta apresentou efeitos significativos entre os genótipos, ambientes e na interação GxA. Das quatro características avaliadas, apenas o peso de massa verde (PMV) e peso de massa seca (PMS) apresentaram significância da

interação GxA. Para a variável PMV as menores contribuições em porcentagem para o desvio genético foram atribuídas aos genótipos 2014B29001, 2014B29002, 2014B29026 e 2014B29030. O genótipo 2014B29026 destacou-se entre os demais, ocupando o terceiro lugar no ranque de  $P_i$  geral, além de apresentar adaptabilidade específica à ambientes desfavoráveis. Já para a variável PMS, a porcentagem para o desvio genético indicou que os genótipos 2014B29001; 2014B29027 e 2014B29031 foram os que menos contribuíram para a interação. Os genótipos 2014B29001, 2014B29026 e 2014B29030 foram os mais estáveis, expressando os menores valores de  $P_i$  geral. Os genótipos 2014B29001, 2014B29026 e 2014B29030 e a cultivar BRS716 destacaram-se entre os mais produtivos, além de apresentar os melhores parâmetros da metodologia de Lin e Binns para PMV e PMS em relação aos demais genótipos avaliados. A cultivar BRS716 apresenta adaptabilidade específica de PMV e PMS a ambientes desfavoráveis.

**Palavras-Chave:** Lin e Binns; Adaptabilidade e estabilidade; Produtividade.

## ABSTRACT

SILVA, Raiane Scandiane da, M.Sc., UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO, december 2016, Genotype x environment interaction in biomass sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] hybrids. Advisor: D.Sc. Marco Antonio Aparecido Barelli, Counselor teachers: D. Sc. Carla Lima Corrêa e D. Sc. Juliana Parisotto Poletine.

Biomass sorghum is an example of potential energetic crop, presents itself as photoperiod sensible, C4 type photosynthesis, making this a specie with longer vegetative period and, consequently, greater green mass and dry matter production. The main finality of the species is biomass production, which is used as a renewable source of energy, through the burning of the lignocellulosic biomass. Thus, the conduction of study aiming to evaluate the productive potential of this crop in different regions is crucial, since knowing the behavior of the genotypes in different environments, especially regarding the capacity of biomass production, is essential for the growth of biomass sorghum as an alternative instead others energetic crops. This study aimed to evaluate the genotype x environment interaction of biomass sorghum, as well as to verify the stability and adaptability in different biomes through Lin and Binns' method. The experiment was conducted in the experimental area of the Laboratório de Recursos Genéticos & Biotecnologia, at the Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)', Cáceres-MT, and in the experimental area of the Brazilian Company of Research and Agriculture (Embrapa), Sinop-MT. 34 biomass sorghum genotypes were evaluated in a randomized block design, with three replications and the evaluated variables were: number of days to flowering (FLOR); average plant height (ALT); green mass production (PMV); dry matter production (PMS). Data were submitted to variance analysis and further combined data analysis to evaluate the significance of the GxE interaction and perform the adaptability and stability study through Lin and Binns' method. All evaluated variables were significant at 1% probability level by the F test. The combined variance analysis shows significant effect by the test between the genotypes, environment and in the genotype x environment interaction (GxE). From four evaluated characteristics, only green mass production (PMV) and dry matter production (PMS) didn't show effects of the GxE interaction. Genotypes 2014B29001, 2014B29002, 2014B29026 and 2014B29030 were the minor contributors, in percentage, to the genetic deviation of

PMV variable. Genotype 2014B29026 stood out among the others, being in third place in the general  $P_i$  ranking, and also demonstrates specific adaptability to unfavorable environments. Regarding the variable PMS, the percentage to the genetic deviation pointed the genotypes 2014B29001; 2014B29027 and 2014B29031 as minor contributors to the interaction. Genotypes 2014B29001, 2014B29026 and 2014B29030 were the most stable, showing the minor value of general  $P_i$ . Genotypes 2014B29001, 2014B29026 and 2014B29030 and the cultivar BRS716 stood out among the most productive genotypes, and also present the better parameters of the Lin and Binns' method to PMV and PMS in relations to the others evaluated genotypes. Cultivar BRS716 shows specific adaptability of PMV and PMS to unfavorable environments.

**Keywords:** Lin and Binns, adaptability and stability, method.

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda de energia no Brasil em decorrência do aumento populacional e sustentabilidade econômico-ambiental, fez com que as chamadas biomassas dedicadas ganhassem grande destaque como matéria-prima para produção de bioenergia. E esse tema vem sendo discutido pela academia nacional e internacional, que destacam a importância da produção e do uso da biomassa para a geração de energia (Santos e Suzuki, 2011; Marques e Pinto, 2013; Oliveira et al., 2014).

Nesse cenário, o sorgo biomassa [*Sorghum bicolor* (L) Moench] é um exemplo de cultura potencialmente energética, apresentando-se como uma planta sensível ao fotoperíodo, com característica fotossintética do tipo C4, fazendo que esta tenha maior período vegetativo e conseqüentemente maior produção de massa verde e massa seca (Carrillo et al., 2014). Sua principal finalidade é produção de biomassa, utilizada como fonte renovável de energia através da queima de sua biomassa lignocelulósica (May et al., 2012).

A utilização de biomassa lignocelulósica é considerada uma das fontes mais promissoras para produção de energia. Nesse contexto, o sorgo biomassa apresenta-se como alternativa promissora em relação a outras culturas utilizadas para fins energéticos (capim elefante; cana-de-açúcar; sorgo sacarino, palha de milho e arroz, dentre outras), devido algumas vantagens, como: ciclo mais curto, baixo custo de implantação, ampla adaptabilidade, alto poder calorífico, tolerante a baixa umidade, além de apresentar alta produtividade, chegando a 150 t ha<sup>-1</sup> de massa verde (Parrella et al., 2010; Mutava et al., 2011; Chielle et al., 2013; Carrillo et al., 2014).

Assim, a realização de estudos para avaliar o potencial produtivo dessa cultura em diversas regiões se torna fundamental (Olson, 2012; May et al., 2012; Carrillo et al., 2014), pois conhecer o comportamento de genótipos em diversos ambientes, principalmente quanto à capacidade de produção de biomassa, é imprescindível para ampliação do sorgo biomassa como alternativa as demais culturas energéticas.

Diversos estudos têm sido realizados visando maximizar seu potencial produtivo, dentre estes, destaca-se pesquisas com de interação genótipo x

ambiente. A interação genótipo x ambiente constitui-se um dos maiores problemas dos programas de melhoramento de qualquer espécie, seja na fase de seleção ou recomendação de cultivares (Delacy et al., 2010). Apesar da grande importância do estudo da interação para o melhoramento, a simples análise da interação não proporciona todas as informações necessárias sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais, sendo necessário assim, estudos mais detalhados desta interação.

Neste contexto, uma das alternativas para amenizar a influência dessa interação, tem sido o emprego da análise de adaptabilidade e estabilidade, que proporciona identificar cultivares com ampla adaptabilidade e boa estabilidade (Resende, 2007) tendo comportamento previsível e que sejam responsivas às variações ambientais em condições específicas ou amplas (Cruz et al., 2004).

A utilização de análises com interpretação mais simples, tem sido mais aceita nos estudos de adaptabilidade e estabilidade nos últimos anos, os quais incorporam ambos (adaptabilidade e estabilidade) em uma única característica, como o método de Lin e Binns (Santos, 2011; Silva et al., 2013; Carvalho et al., 2015).

A metodologia de Lin e Binns (1988) consiste em uma análise não paramétrica que identifica os genótipos mais estáveis por meio de um único parâmetro de estabilidade e adaptabilidade. Essa metodologia considera ainda os desvios em relação à produtividade máxima obtida em cada ambiente, além de possibilitar o detalhamento dessa informação para ambientes favoráveis e desfavoráveis.

Portanto, a avaliação do comportamento das cultivares em vários locais e anos torna-se fundamental, a fim de testar a adaptabilidade e estabilidade da cultivar. Além de fornecer informações do potencial produtivo de cada genótipo nos ambientes avaliados, possibilita maior segurança no momento da recomendação quando se trata de diferentes regiões de plantio.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a interação genótipo x ambiente em sorgo biomassa, bem como verificar sua estabilidade e adaptabilidade dos diferentes genótipos pelo método de Lin e Binns.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Origem do sorgo

O sorgo originou-se no quadrante Noroeste da África, onde atualmente se encontra sua maior variabilidade em espécies silvestres e cultivadas. As primeiras introduções nas Américas ocorreram no Caribe, pelos comerciantes de escravos africanos, e alcançaram os Estados Unidos da América por volta do século XIX (Santos et al., 2005). Posteriormente, foi introduzido na América do Sul e Austrália. Sendo amplamente cultivado em áreas mais secas da África, Ásia, Américas, Europa e Austrália (Balole e Legwaila, 2006).

Garcia et al. (2010) relatam que a cultura do sorgo é produto da domesticação feita pelo homem, que através das gerações vem conseguindo suprir as necessidades humanas. Sua domesticação, segundo registros arqueológicos, ocorreu por volta de 3000 a.C., ao mesmo tempo em que a prática da domesticação e cultivo de outros cereais era introduzida no Egito Antigo a partir da Etiópia (Ribas, 2007).

O sentido da domesticação e evolução foi do tipo de sementes silvestres, pequenas e quebradiças para sementes maiores e robustas. Essa seleção resultou em plantas com características muito diferentes em altura, tipo de inflorescência, além de influenciar na sua utilização final, como seu uso na alimentação, forragem, produção de grãos, entre outros (Tolembo et al., 2010).

Na segunda década do século XX, as seleções foram realizadas a partir dos materiais originais, onde as cultivares que apresentavam características de precocidade e porte mais baixos eram mais apreciadas e valorizadas. Mas foi a partir da década de 40, com o surgimento do sorgo granífero, que a cultura teve uma significativa expansão em várias regiões do Oeste dos EUA (Ribas, 2007).

Já no Brasil, o sorgo foi introduzido pelos escravos africanos, da mesma forma como chegou à América do Norte e Central (Lira, 1981). Conhecido como "milho d' angola" ou "milho da guiné", nomes estes encontrados na literatura e no vocabulário do nordestino do sertão, evidenciando que possivelmente as primeiras sementes de sorgo trazidas ao Brasil entraram pelo Nordeste (Kill e Menezes, 2005).

De 1920 até 1960 a cultura é reintroduzida de forma ordenada no país através dos institutos de pesquisa públicos e universidades. E foi considerado significativamente comercial a partir de 1970 (Parrella et al., 2010), somente no final do século XX que apresentou importância dentre os cereais, passando a ser o quinto do mundo em área cultivada, atrás apenas do trigo, milho, arroz e cevada (Kill e Menezes, 2005; Rezende et al., 2011).

O cultivo do sorgo no Brasil apresentou aumento significativo com o passar dos anos, e três fatores influenciaram fortemente para isso. O primeiro está relacionado à criação do grupo Pró-sorgo no início dos anos 90, que teve como finalidade o fomento da produção de sorgo no Brasil, com maior divulgação do potencial da cultura e de suas modernas tecnologias (Parrella et al., 2010).

O segundo fator está relacionado ao uso do sistema de produção de plantio direto nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, onde o sorgo começou a ser utilizado como sendo uma opção para rotação de cultura nas áreas de agricultura com monocultivo. E o terceiro foi atribuído à crescente utilização da cultura na safrinha na região central do Brasil, onde o sorgo destacou-se por apresentar maior resistência ao estresse hídrico em comparação ao milho (Parrella et al., 2010).

## **2.2 Morfologia e aspectos gerais**

O *Sorghum bicolor* (L.) Moench pertence ao Reino Plantae; Divisão Magnoliophyta (Angiospermas); Classe Liliopsida (Monocotiledonea); Ordem Poales; Família Poaceae (Gramíneas); Gênero *Sorghum*; Espécie: *Sorghum bicolor* é uma espécie diplóide com  $2n = 20$  cromossomos. É uma planta monoica, com flores perfeitas e é considerada uma espécie autógama com baixa taxa de fecundação cruzada (Santos et al., 2005).

Suas flores são completas e em geral não apresentam autoesterilidade (Borém, 2005), sua inflorescência é do tipo panícula, com eixo central ou ráquis, por onde se originam as ramificações primárias, secundárias e terciárias. Seu fruto é do tipo cariopse ou grão seco, podendo apresentar coloração preta, marrom, marrom clara, vermelha, bronze, amarela, creme, cinza e branca (Mapa, 1997).

As folhas são alternadas variando de 7 a 30 dependendo do genótipo, e as bainhas são compridas sobrepondo-se umas às outras (Campos et al., 1973). Seu

caule é cilíndrico e ereto sendo dividido em nós e entrenós, suportado por um sistema radicular fibroso, os nós acima do solo podem produzir raízes adventícias fortes, que ajudam a dar suporte vertical a planta (Bassam, 2010). E suas raízes possuem grande quantidade de pelos absorventes e sob condições favoráveis. A altura da planta varia entre os 0,50 a 6,00 m, podendo ou não apresentar perfilhamento (Saballos, 2008).

Possui metabolismo fotossintético do tipo C4, de modo que possui uma melhor assimilação e uso do CO<sub>2</sub>, com alta produção de fotoassimilados e conseqüentemente um grande acúmulo de matéria seca (Carrillo et al., 2014). Além disso, a cultura é considerada sensível ao fotoperíodo, sendo uma planta de dias curtos, ou seja, floresce em noites longas (Parrella et al., 2010).

Os tipos de sorgo são separados de acordo com seus caracteres agrônômico, sendo classificado em 5 grupos:

**Sorgo granífero:** possui porte baixo, sua altura chega até 1,70 m, seus grãos são grandes quando comparado aos outros tipos de sorgo, é utilizado principalmente como substituto do milho em rações animais (Coelho et al., 2002; Silva et al., 2016).

**Sorgo forrageiro:** possui altura superior a dois metros, muitas folhas, panículas abertas, com poucas sementes, elevada produção de forragem, sendo muito utilizado como silagem na alimentação de bovinos (Almeida et al., 2015).

**Sorgo sacarino:** apresenta caules longos, suculentos e sua altura é superior a dois metros, sua principal característica é devido ao fato de apresentar colmo doce, semelhante ao da cana-de-açúcar, sendo apropriados para produção de açúcar e álcool e silagem (Galon et al., 2016)

**Sorgo vassoura:** apresenta panículas com ráquis longa e resistente, porte alto, colmos geralmente finos, caules secos e casca dura. As panículas desse grupo de sorgo são bastante empregadas para a confecção vassouras (Favarato et al., 2011).

**Sorgo biomassa:** apresenta grande quantidade de massa verde, caule fibroso e porte alto podendo atingir mais de 5 m de altura, sua principal finalidade é produção de biomassa utilizada como fonte renovável de energia (May et al., 2012; Souza et al., 2014; Silva et al., 2016; May et al., 2016).

O sorgo é uma alternativa de cultivo para diversas regiões, pelo fato de se adaptar a ambientes distintos, principalmente onde ocorre deficiência hídrica, temperaturas altas, podendo também ser cultivada em solos ácidos e alcalinos (Santos et al., 2005; Chielle et al., 2013). Essa espécie apresenta características xerófitas, apontando ser uma boa opção para o cultivo em ambientes com restrições hídricas (Mutava et al., 2011; Tardin et al., 2013).

A tolerância ao estresse hídrico pode ser atribuída pelo fato dessa espécie ter originado na África, uma vez que esse continente apresenta elevadas temperaturas e restrição hídrica, fato esse que provavelmente ocasionou a seleção de indivíduos mais adaptados a essas condições (Pennesi, 2009; Mutava et al., 2011).

### **2.3 Importância econômica**

O sorgo biomassa apresenta-se como ótima fonte de matéria prima energética, devido a sua versatilidade como fonte de açúcar, amido e lignocelulose. Essas características fazem do sorgo biomassa excelente e promissora alternativa para obtenção de biocombustíveis, como para geração de energia térmica, elétrica e mecânica (Carrillo et al., 2014).

O sorgo biomassa vem se destacando quando comparado a outras culturas com potencial energético (capim elefante; braquiária; sorgo sacarino; eucalipto, dentre outras) por apresenta-se como uma planta sensível ao fotoperíodo, com característica fotossintética do tipo C4, fazendo que este tenha maior período vegetativo e conseqüentemente maior produção de massa verde e massa seca (Naik et al., 2010; Whitfield et al., 2012; Santos et al., 2014; Carrillo et al., 2014).

Além disso, apresenta outras vantagens, como ciclo mais curto (em relação a outras culturas energéticas como exemplo o eucalipto), baixo custo de implantação, ampla adaptabilidade, alto poder calorífico e por apresentar alta tolerância a solos com baixa fertilidade, déficits hídricos e a estresses ambientais (Parrella, 2010; Cysne e Pitombeira, 2012; Chielle et al., 2013).

Estudos desenvolvidos por Naik et al. (2010), revelam que o sorgo pode contribuir para o suprimento da demanda nacional por energia por meio da cogeração de eletricidade devido ao seu alto potencial de produção e qualidade das

fibras. Além de poder ser utilizado para obtenção do etanol lignocelulósico de segunda geração.

Pesquisas estão sendo realizadas a fim de avaliar a viabilidade do uso do sorgo como alternativa ao uso da lenha de eucalipto e de biomassas proveniente de capins (braquiária; colonião; capim elefante), através da biocombustão para geração de termo energia em caldeiras, visando principalmente, à secagem de grãos. Sua vantagem em relação ao eucalipto, é que este demora de três a quatro anos para ser cortado, enquanto o sorgo biomassa é colhido no período de cinco a seis meses após o plantio, além de sua produtividade ser superior a do eucalipto (Embrapa, 2013). A produtividade de biomassa proveniente de capins tem sido baixa (máximo de 35 t ha<sup>-1</sup> de massa fresca) e com baixo poder calorífico (May et al., 2013).

Estudos devolvido por Parrella et al. (2011) demonstram que o sorgo biomassa apresenta-se como uma matéria-prima promissora devido ao seu alto rendimento energético por hectare, ciclo curto, entre outras inúmeras vantagens que a cultura oferece.

May et al. (2016) discorrem que o sorgo biomassa é uma das culturas mais promissoras para a produção de energia, através da queima de sua biomassa em caldeiras de alta pressão, devido ao seu alto poder calorífico, alta produtividade, ciclo curto e por possibilitar mecanização completa de seus processos agrícolas.

Santos et al. (2014) enfatizam que o sorgo biomassa como uma das matérias-primas mais promissoras no mercado para a geração de bioenergia, por ser uma cultura amplamente difundida no mundo, de elevado teor de fibras e açúcares fermentáveis, que pode ser explorada em larga escala e com grande adaptabilidade a diversas condições de clima e solo.

Estudos realizados por Silva et al. (2016) avaliando a caracterização de cultivares de sorgo biomassa visando à geração de energia, apontam que a matéria seca produzida pelos genótipos de sorgo biomassa associado a seu poder calorífico demonstram o potencial da cultura para produção de energia renovável.

No Brasil, a Embrapa Milho e Sorgo desenvolve um programa de melhoramento de sorgo visando à obtenção de variedades que apresentem maiores níveis de produção de biomassa. Alguns resultados apontam que em média, sua produção de matéria seca, pode chegar a mais de 30 t ha<sup>-1</sup>, sendo que alguns materiais já apresentam produtividade acima de 50 t ha<sup>-1</sup> (Parrella, 2011).

Nesse sentido, apesar de apresentar-se produtivo e de ser uma opção de cultura energética, ainda é fundamental a avaliação de diversas cultivares em vários locais e anos nas várias regiões brasileiras, a fim de testar a adaptabilidade e estabilidade, proporcionando assim todas as informações necessárias sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais.

## **2.4 Interação Genótipo x Ambiente**

A identificação de genótipos promissores é uma das premissas do melhoramento, porém, as características fenotípicas não são expressas unicamente em função do genótipo. A manifestação fenotípica também é dependente do efeito da interação do genótipo com o ambiente. Esta interação constitui-se num dos maiores desafios dos programas de melhoramento de qualquer espécie, seja na fase de seleção ou na recomendação das cultivares (Delacy et al., 2010).

A avaliação da interação genótipo e ambiente é de grande importância nos programas de melhoramento de plantas, pois existe a possibilidade de um genótipo ser o melhor em um ambiente e não o ser em outro, fato esse que dificulta a recomendação de cultivares em diferentes ambientes (Carvalho et al., 2002; Des Marais et al., 2013; Maia et al., 2014).

Para melhor recomendação de genótipos, é necessário sua avaliação em diferentes ambientes (Silva et al., 2013). Por este procedimento, pode-se quantificar a interação dos genótipos nos ambientes avaliados e, com isso, indicar os genótipos mais adequados aos variados ambientes que serão cultivados (Cruz et al., 2004).

Essa avaliação em vários ambientes tem sido realizada com finalidade de verificar o comportamento diferencial das cultivares em função das variações sistemáticas e casuais do ambiente. Já quando os testes de avaliação dos genótipos são conduzidos em apenas um ambiente, a variância genética e a média geral podem ficar superestimadas, ou seja, pode conter componentes da interação genótipo ambiente (Cruz, 2006).

O ambiente aos quais os genótipos serão conduzidos compreendem uma série de condições, podendo ser: diferentes locais, práticas culturais, época ou ano de plantio ou mesmo a união desses fatores (Cruz e Regazzi, 2001; Nunes et al., 2002). Sua resposta frente a essas diversas condições adversas é resultante de dois

tipos de variações que contribuem para essa interação, sendo classificadas em previsíveis e não previsíveis de acordo com Allard e Bradshaw (1964).

A interação previsível inclui características gerais do tipo de solo e clima, cuja variação é previsível, tais como: local, solo, comprimento do dia, insolação e também aquelas variações ambientais determinadas pela ação do homem, tais como: época e densidade de semeadura, níveis de adubação, métodos de colheita, e outros tratamentos culturais (Allard e Bradshaw 1964).

Já as variações imprevisíveis são as oscilações no clima que não podem ser previstas, tais como: volume e distribuição das chuvas, variações da temperatura, umidade relativa do ar, entre outros. Segundo Fehr (1987), essas variações imprevisíveis são as que mais contribuem para as interações genótipo x ano e genótipo x ano x ambiente, pelo fato de que não se podem controlar tais variações.

Robertson (1959) classifica três tipos de interação genótipo x ambiente, denominados: ausência de interação, interação simples e interação complexa. A ausência de interação é caracterizada quando os genótipos apresentam comportamento concordante nos ambientes avaliados, representando assim, menor importância para os melhoristas, pois não alteram a classificação dos genótipos nos ambientes. A interação simples é medida pela diferença de variabilidade entre os genótipos nos ambientes, de forma que a posição relativa dos genótipos não é alterada, ou seja, ela não causa mudanças na classificação dos genótipos entre os diferentes ambientes avaliados, uma vez que os melhores genótipos em um ambiente também serão em outros (Ramalho et al., 1993; Nunes, et al., 2002).

Em contrapartida a interação complexa ocorre pela falta de correlação entre os desempenhos dos genótipos, de modo que estes apresentam diferentes respostas às variações ambientais, causando alteração na sua classificação nos diversos ambientes, além de dificultar a seleção e recomendação desses materiais. Na presença de interação complexa a recomendação fica restrita à ambientes específicos, o que traz uma complicação para o melhorista, dificultando a seleção e recomendação desses materiais.

As causas dessas interações são atribuídas a fatores fisiológicos e bioquímicos específicos de cada genótipo cultivado, fato atribuído devido às constantes mudanças dos genótipos, desde à semeadura até à maturação, existindo

geralmente um comportamento diferenciado entre os mesmo às variações ambientais (Cruz e Regazzi, 2001).

Para Chaves (2001), a interação de genótipos x ambientes é um fenômeno de ocorrência natural, cujos efeitos permitem o surgimento de genótipos estáveis, aptos a ambientes específicos, na qual deve melhor conhece-la, para aproveitá-la no processo de seleção de cultivares.

De acordo com Ramalho et al. (1993), existem três maneiras para minimizar os efeitos dessa interação, que são eles: identificar cultivares específicas para cada ambiente; realizar o zoneamento ecológico, que também é denominado como estratificação do ambiente e identificar cultivares com maior estabilidade fenotípica.

Nesse sentido, vários métodos estatísticos têm sido propostos e utilizados em aplicações e, a cada dia, novos procedimentos vêm sendo apresentados com o objetivo de se interpretar melhor a interação genótipo x ambiente. O método mais comumente utilizado para essa avaliação é a análise de variância por meio da análise conjunta de experimentos, e a existência de interação é determinada pelo teste “F” e sua magnitude estimada pelos quadrados médios (Marques, 2010).

Porém, a simples análise dessa interação pela análise de variância, não proporciona todas as informações necessárias sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais, sendo necessário assim, um estudo mais detalhado desta interação (Rocha et al., 2005). Entre as alternativas para se avaliar o efeito dessa interação tem sido recomendado o emprego de cultivares com ampla adaptabilidade e boa estabilidade.

## **2.5 Adaptabilidade e estabilidade**

Como o estudo da interação genótipo x ambiente não proporciona todas as informações necessárias sobre o comportamento dos genótipos frente às variações ambientais faz-se necessário à análise da adaptabilidade e da estabilidade. Dessa forma é possível a identificação de cultivares com comportamento previsível e que sejam responsivas às variações ambientais em condições específicas e amplas (Cruz et al., 2004).

A identificação de cultivares com ampla adaptabilidade e boa estabilidade é a alternativa mais empregada para contornar os problemas causados pela interação

genótipo x ambiente (Ramalho et al., 1993). Além de interferir na recomendação de cultivares, essa identificação auxilia a minimizar os efeitos indesejáveis dessa interação, de forma eficiente e racional, identificando assim cultivares mais estáveis.

Outra forma de contornar o problema dessa interação consiste em identificar cultivares adaptados às condições específicas de cada ambiente. Porém, Ramalho et al. (1993), relatam ser uma opção inviável, pois precisaria avaliar vários genótipos em vários ambientes, e realizar a recomendação daqueles mais promissores para cada ambiente específico, o que tornaria o programa muito oneroso, além de que, se o ambiente for muito restrito, quaisquer variações poderiam fazer com que esses genótipos não fossem mais adaptados.

Uma cultivar de sucesso deve apresentar em diferentes ambientes alta produtividade. De acordo com Souza et al. (2011) a produção de genótipos com características exigidas pelo mercado, é o principal ponto no melhoramento, além disto, as cultivares devem ser estáveis quanto às variações ambientais e responsivas às condições de ambiente favorável. Por isso, os desempenhos dos genótipos são testados quanto à adaptabilidade e estabilidade dos materiais em diferentes ambientes, para conseqüente indicação de lançamento comercial de cultivares (Souza et al., 2014).

Existem inúmeros conceitos para a adaptabilidade e estabilidade utilizados na literatura, porém o conceito de adaptabilidade mais utilizado, foi posposto por Verma et al. (1978), que define como adaptabilidade a capacidade dos genótipos apresentarem rendimentos elevados e constantes mesmo em ambientes desfavoráveis, mas com habilidade de responder à melhoria das condições ambientais.

Para o termo estabilidade, a definição mais utilizada foi sugerida por Mariotti et al. (1976), o qual define estabilidade como sendo a capacidade dos genótipos apresentarem comportamento previsível em relação às variações ambientais.

Nesse sentido, Becker (1981) propôs dois tipos de estabilidade: a do tipo 1: biológica; e a do tipo 2: agrônômica. A estabilidade biológica é aquela em que a cultivar apresenta um desempenho constante com a variação do ambiente. A estabilidade biológica não é desejável, visto que o genótipo não responde à melhoria do ambiente. Cruz e Regazzi (1994) relatam que as metodologias baseadas na estabilidade no sentido biológico, não são muito utilizadas, devido os genótipos

apresentarem mínima variância entre ambientes, normalmente, são menos produtivos.

A estabilidade no sentido agrônômico, o genótipo estável é aquele em que sua resposta aos ambientes é paralela ao desempenho médio de todos os genótipos avaliados nos experimentos. Essa estabilidade tem se mostrado a preferida, pois permite identificar cultivares estáveis e com potencial de se manterem entre as melhores em todos os ambientes (Becker, 1981).

O conhecimento sobre o comportamento da estabilidade e adaptabilidade dos genótipos fornece informações indispensáveis para a recomendação de cultivares em condições de cultivo conhecidas de “a priori”, de modo que a avaliação da resposta dos genótipos às variações ambientais deve ser etapa obrigatória em programas de melhoramento (Scapim et. al., 2000).

Existem inúmeras metodologias de análises de adaptabilidade e estabilidade, para avaliar os materiais genéticos testados nos vários ambientes, a escolha do método ideal irá depender dos dados experimentais, principalmente os relacionados com o número de ambientes disponíveis, da precisão requerida e do tipo de informação desejada (Cruz et al., 2006). Cabe assim, ao melhorista analisar as vantagens e desvantagens de cada método e utilizar o que melhor se encaixa ao seu experimento, e assim, selecionar os genótipos efetivamente superiores.

Diferentes metodologias para avaliar a adaptabilidade e a estabilidade têm sido utilizadas. Tais procedimentos se baseiam em análise de variância, regressão linear, regressão não linear, análises multivariadas e estatísticas não paramétricas (Barros et al., 2008).

Entre elas pode-se citar: Plaisted e Peterson (1959); Finlay e Wilkinson (1963); Eberhart e Russell (1966); Perkins e Jinks (1968); Tai (1971); Verma et al. (1978); Wricke e Weber (1986); Silva e Barreto (1986); Lin e Binss (1988) e Annicchiarico (1992).

Vários autores apontam críticas sobre as metodologias paramétricas, pois as variáveis que predizem a análise de regressão linear são funções dos índices ambientais, que por sinal são coeficientes tendenciosos. Outro apontamento se referente ao modelo de regressão que visa à interação genótipo x ambiente, e é descritivo, ou seja, ele não quantifica as variáveis independentes antes da execução do experimento (Silva e Barreto, 1986).

Dentre os métodos não-paramétricos destacam-se os de Lin e Binns (1988), Huehn (1990) e Carneiro (1998), segundo Huehn (1990) análises não-paramétricas apresentam algumas vantagens em relação às paramétricas, dentre as quais podem-se citar: a tendência causada por pontos completamente fora da equação de regressão ajustada é reduzida ou eliminada; não é necessário assumir qualquer hipótese sobre a distribuição dos valores fenotípicos; as medidas estimadas com base nas classificações são de fácil uso e interpretação; a adição ou retirada de um ou poucos genótipos não causaria grandes variações nas estimativas, como poderia ocorrer nos procedimentos paramétricos e apresenta posição relativa ou classificação dos genótipos.

Recentemente, os procedimentos de interpretação mais simples têm tido maior aceitação nos estudos de adaptabilidade e estabilidade, os quais incorporam ambos (adaptabilidade e estabilidade) em uma única característica, com o método de Lin e Binns (Santos, 2012).

## **2.6 Metodologia de Lin e Binns (1988)**

A metodologia de Lin e Binns (1988) consiste em uma análise não paramétrica que identifica os genótipos mais estáveis por meio de um único parâmetro de estabilidade e adaptabilidade ( $P_i$ ), e considera os desvios em relação à produtividade máxima obtida em cada ambiente, além de possibilitar o detalhamento dessa informação para ambientes favoráveis e desfavoráveis (Menezes et al., 2015).

Esse método é quantificado pelo índice de estabilidade  $P_i$ , que corresponde ao quadrado médio da distância entre a média de uma cultivar, para um dado ambiente e a resposta máxima para o mesmo ambiente, em todos os ambientes avaliados. Assim o menor quadrado médio indica superioridade do genótipo avaliado, pois quanto menor o valor de  $P_i$ , menor será o desvio em torno da produtividade máxima; assim, maior estabilidade está relacionada com alta produtividade (Rocha et al., 2015).

A decomposição de  $P_i$  proposta por Carneiro (1998) divide a estimativa  $P_i$  ambientes favoráveis  $P_i (+)$  e desfavoráveis  $P_i (-)$ . A classificação dos ambientes segundo essa metodologia é baseada nos índices ambientais, que nada mais é do que a diferença dos genótipos em cada ambiente e a média geral. Isso torna o

trabalho dos melhoristas mais prático e adequado, pois terão os melhores genótipos de forma geral e poderão direcioná-los, ou seja, poderá recomendar genótipos para ambientes favoráveis ou desfavoráveis.

Murakami et al.(2004) discorre que o método de Lin e Binns (1988) pondera de maneira eficiente os desvios dos comportamentos dos genótipos nos ambientes avaliados, pois não considera a distância simples, mas sim o quadrado médio da distância em relação à resposta máxima em cada local.

Diversos autores relataram resultados satisfatórios utilizando a metodologia de Lin e Binns (1988), sendo de fácil interpretação, além de discriminar melhor o desempenho dos genótipos em ambientes favoráveis e desfavoráveis (Côrrea et al., 2006; Filho et al., 2007; Pereira et al., 2009; Franceschi et al., 2010; Carvalho et al., 2013; Silva et al., 2013; Oliveira et al., 2014; Silva et al., 2013; Carvalho et al., 2015).

Franceschi et al. (2010) avaliaram a adaptabilidade e estabilidade para a produção de grão de 17 cultivares de trigo em seis localidades do Estado do Paraná, utilizando quatro métodos diferentes. Diante de seus resultados, os autores concluíram que a metodologia de Lin e Binns, foi a mais eficiente em apontar cultivares de alto rendimento e boa estabilidade, além de ser bastante discriminante, o que confere maior segurança na recomendação de cultivares com maior estabilidade.

Silva et al. (2013) avaliando a adaptabilidade e estabilidade de produção em ensaios regionais de feijoeiro para o estado de São Paulo, concluíram que o método de Lin e Binns (1988), mostrou-se adequado para análise dos dados, identificando os genótipos mais estáveis, produtivos e adaptados aos ambientes de cultivo.

Estudos realizados por Oliveira et al. (2014) utilizando três métodos de adaptabilidade e estabilidade para avaliar 26 linhagens de mamão, mostraram que o método de Lin e Binns (1988) também foi o mais adequado para discriminar os genótipos de mamoeiro mais estáveis e produtivos em três ensaios no estado da Bahia.

Silva et al. (2014) com o intuito de identificar genótipos superiores em produtividade, estabilidade e adaptabilidade, discorrem que as estimativas de estabilidade do método proposto por Lin e Binns (1988) permitiu quantificar o quanto a cultivar está próxima do desempenho ideal.

Silva et al. (2016) avaliando a produtividade de grãos de sorgo granífero, visando selecionar genótipos com maior adaptabilidade e estabilidade produtiva a diversas regiões brasileira, utilizou diversos métodos de adaptabilidade e estabilidade, entre eles o método de Lin e Binns (1988), que foi o foi mais eficiente em discriminar os materiais com maior adaptabilidade e estabilidade nas diversas regiões avaliadas.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área experimental

O experimento foi conduzido em duas regiões do estado de Mato Grosso na safra 14/15, sendo uma localizada na área experimental do Laboratório de Recursos Genéticos & Biotecnologia, da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), em Cáceres-MT, localizada à latitude de 16°04'59" Sul e longitude 57°39'01" Oeste), com altitude de 118 m. A outra, situada no campo experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária em Sinop-MT, localiza-se à latitude 11°50'53" sul e longitude 50°38'57" oeste, estando a uma altitude de 384 metros (Figura 1).

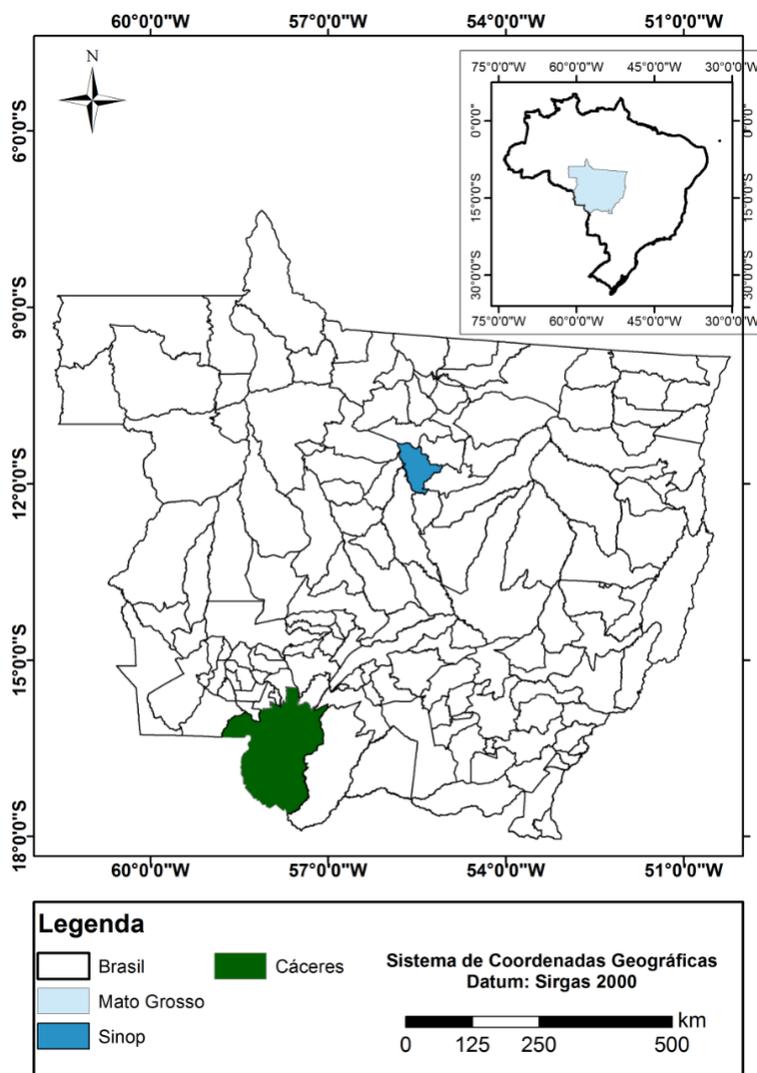


Figura 1 - Localização das regiões no estado de Mato Grosso.

## 3.2 Município de Cáceres

### 3.2.1 Clima e solo

O clima característico da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical, quente, úmido e inverno seco (Awa), com período de regime de chuvas variando de outubro a março, com média de precipitação anual de 1.335 mm, a menor oferta hídrica ocorre de abril a setembro, período caracterizado também pelas menores temperaturas (Neves et al., 2011).

Os dados climáticos de umidade e temperatura (máxima e mínima, respectivamente) no período de condução do experimento, encontram-se nas Figuras 2 e 3 (INMET, 2016).

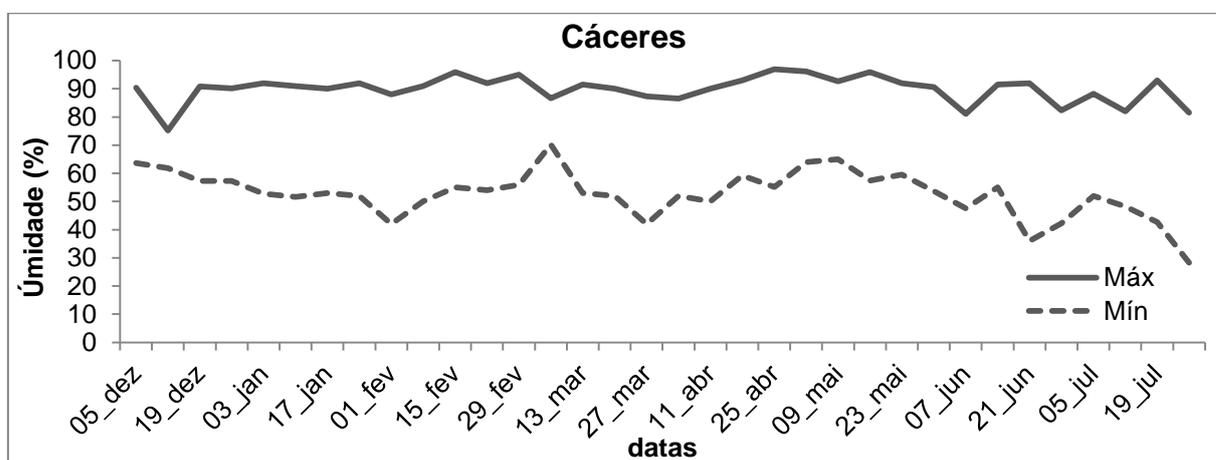


Figura 2 - Umidade máxima e mínima do período de 05 de dezembro de 2014 a 19 de julho de 2015 em Cáceres – MT.

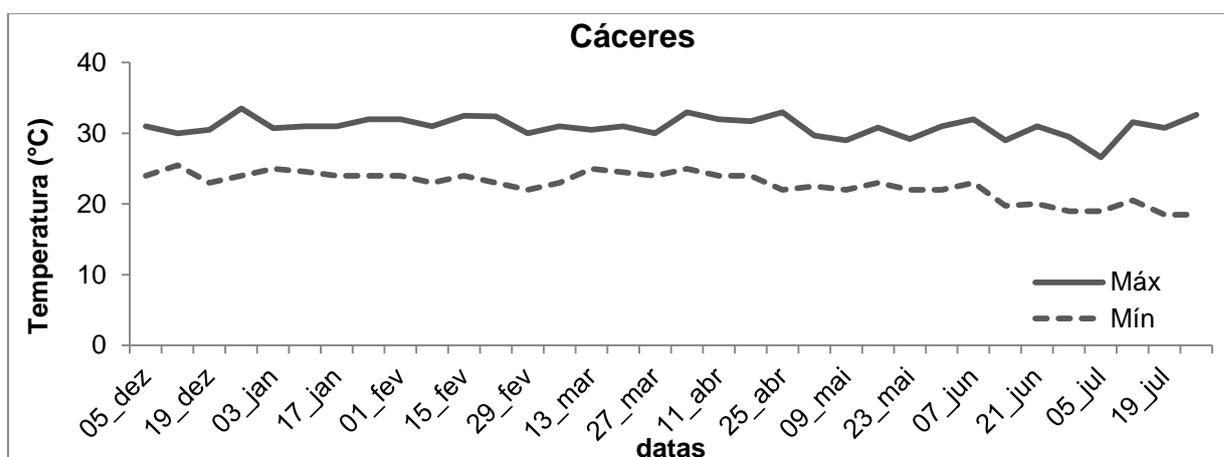


Figura 3 - Temperatura máxima e mínima do período de 05 de dezembro de 2014 a 19 de junho de 2015 em Cáceres – MT.

Observa-se na Figura 2, que a em relação à umidade relativa do ar, ocorreu no final do mês de dezembro ate o final do mês de fevereiro, visto que nesse

período ocorre maior incidência de chuvas na região (Ribas et al., 2011). Já em relação à temperatura (Figura 3), é possível verificar que as máximas e as mínimas estão situadas entre 22 e 32° respectivamente, com maior intensidade observada nos meses de junho e julho, que corresponde ao período do inverno.

Localizada na mesorregião centro-sul do Estado e na microrregião do alto pantanal o município de Cáceres está contido nos biomas Cerrado e Pantanal com predominância de Argissolos Vermelho-Amarelos, que são solos profundos a pouco profundos, moderadamente a bem drenados, com textura muito variável, mas com predomínio de textura média na superfície, e argilosa em subsuperfície, com presença ou não de cascalhos (IBGE, 2015).

Na Tabela 1, constam os dados da análise química e física de solo realizada na profundidade de 0-20 cm, previamente a implantação do experimento. Foi realizada a adubação de 150 Kg ha<sup>-1</sup> do formulado mineral 20-05-20 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O e acrescentado 375 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no plantio, a adubação de cobertura foi realizada aos 45 dias após o plantio utilizando 89 Kg ha<sup>-1</sup> de ureia.

Tabela 1- Análise química e textura do solo de amostras retiradas na profundidade de 0-20 cm da área experimental do laboratório de Recursos Genéticos & biotecnologia, Cáceres – 2015

Análise Química							Análise Física			
pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O	Areia	Silte	Argila
H <sub>2</sub> O	mg.dm <sup>-3</sup>	Cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>					g.dm <sup>-3</sup>	g.kg <sup>-1</sup>		
5,40	0,3	72,59	3,1	1,0	0,0	1,9	18,8	67,6	13,3	19,1

Análise realizada no laboratório de solos do Instituto Federal de Mato Grosso em Cáceres-MT.

### 3.3 Município de Sinop

#### 3.3.1 Clima e solo

O clima característico da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, como tropical semi-úmido. As temperaturas médias mensais oscilam entre 23,0°C e 25,8°C, com valor médio anual de 24,7°C (Rocha et al., 2015). Sinop possui precipitação média de 1900 mm ano, 70% do total de chuvas ocorrem entre novembro e março, sendo que os meses mais chuvosos estão no intervalo de janeiro a março (Sette e Tafifa, 2000).

Os dados climáticos de temperatura e umidade (máxima e mínima, respectivamente) no período de condução do experimento, encontram-se nas Figuras 4, 5 (INMET, 2016).

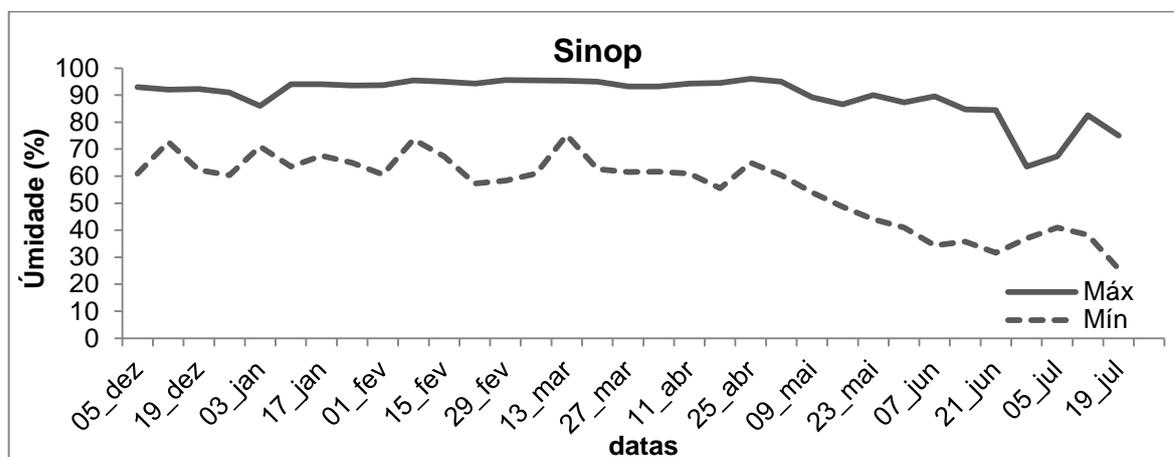


Figura 4 - Temperatura máxima e mínima do período de 05 de dezembro de 2014 a 19 de julho de 2015 em Sinop – MT.

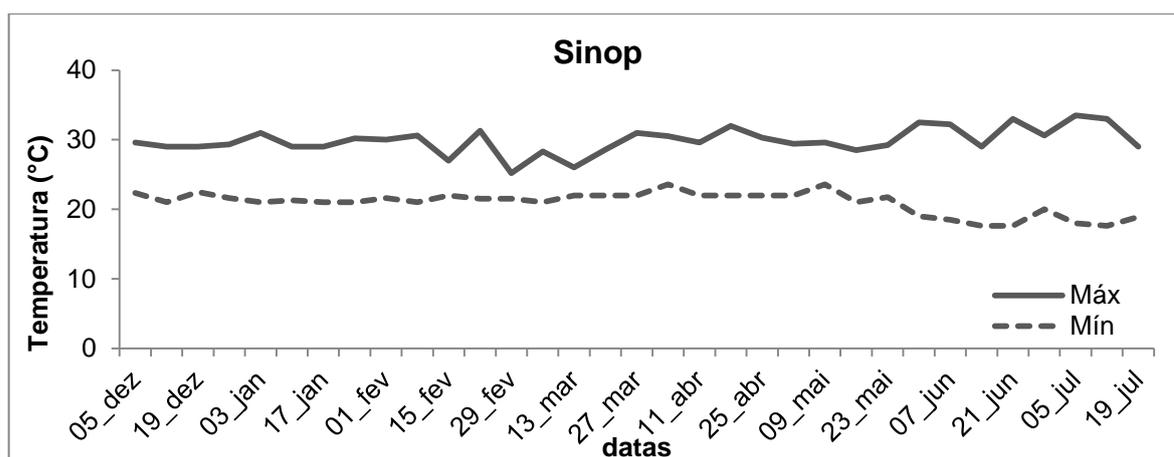


Figura 5 - Umidade máxima e mínima do período de 05 de dezembro de 2014 a 19 de junho de 2015 em Sinop – MT.

Na Figura 4 é verificado maior constância da umidade, em relação ao período da condução do experimento entre os meses de janeiro até o final de abril. E uma maior intensidade nos meses de junho e julho, que corresponde ao período de estiagem da região. Verificando a temperatura (Figura 5) observou-se mínima de 22 e máxima de 36° nos meses de dezembro a fevereiro, com maior amplitude observada nos meses de junho a julho, período esse que corresponde ao inverno na região.

A cidade de Sinop está localizada às margens da BR 163, no Centro Norte do Mato Grosso, com relevo plano. O solo predominante da região é o Latossolo Vermelho-escuro Distrófico (Ribeiro, 2011).

Na Tabela 2, constam os dados da análise química de solo realizada na profundidade de 0-20 cm, previamente a implantação do experimento. Foi realizada a adubação de 150 Kg ha<sup>-1</sup> do formulado mineral 20-05-20 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O e acrescentado 375 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no plantio, a adubação de cobertura foi realizada aos 45 dias após o plantio utilizando 89 Kg ha<sup>-1</sup> de ureia.

Tabela 2 - Análise química e textura do solo de amostras retiradas na profundidade de 0-20 cm da área experimental do laboratório de Recursos Genéticos & biotecnologia, Cáceres – 2016

Análise Química							Análise Física			
pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O	Areia	Silte	Argila
H <sub>2</sub> O	mg.dm <sup>-3</sup>	Cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>					g.dm <sup>-3</sup>	g.kg <sup>-1</sup>		
5,86	8,14	107,0	2,26	0,70	0,0	4,0	34,81	*	*	*

Análise realizada no laboratório perfil agroanálise, em Sinop-MT

### 3.5 Genótipos

Foram avaliados 34 genótipos de sorgo biomassa, sendo uma cultivar comercial: (1) 201429B001; (2) 201429B002; (3) 201429B003; (4) 201429B004; (5) 201429B005; (6) 201429B006; (7) 201429B007; (8) 201429B008; (9) 201429B009; (10) 201429B010; (11) 201429B011; (12) 201429B012; (13) 201429B013; (14) 201429B014; (15) 201429B015; (16) 201429B016; (17) 201429B017; (18) 201429B018; (19) 201429B019; (20) 201429B020; (21) 201429B021; (22) 201429B022; (23) 201429B023; (24) 201429B024; (25) 201429B025; (26) 201429B026; (27) 201429B027; (28) 201429B028; (29) 201429B029; (30) 201429B030; (31) 201429B031; (32) 201429B032; (33) 201429B033; (34) BRS716. Os materiais utilizados nos experimentos foram concedidos pelo Programa de Melhoramento da Embrapa de Sorgo do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPso) Embrapa, localizada no município de Sete Lagoas – MG.

### 3.6 Delineamento Experimental

Foi empregado o delineamento em blocos ao acaso (DBC), com 34 tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos por 34 genótipos de sorgo biomassa. As parcelas experimentais foram compostas de quatro fileiras de

cinco metros, espaçadas de 0,70 m, onde cada fileira foi constituída de aproximadamente de 50 plantas, sendo apenas as duas fileiras centrais consideradas como úteis. Cada parcela ocupou 14 m<sup>2</sup>, totalizando em todo experimento uma área de 1.512 m<sup>2</sup>.

### **3.7 Plantio**

O experimento foi conduzido em condições de sequeiro, e o plantio foi realizado dia 5 de dezembro em Cáceres e dia 10 novembro em Sinop na safra 14/15, de forma convencional, onde o solo foi gradeado e nivelado, e a abertura de sulcos realizados com enxada espaçados a 0,7m entre as linhas.

Foi utilizado 3g de sementes distribuídas uniforme em uma linha de 5m, à uma profundidade de aproximadamente 5cm abaixo do solo, pós a semeadura, as linhas do plantio foram compactadas de forma que a semente ficasse em contato com o solo.

### **3.8 Tratos culturais**

Após germinação das plantas, foram realizados tratos culturais como desbaste e capinas manual. O desbaste foi realizado aos 20 dias após o plantio, de forma que cada linha ficasse com 50 plantas, totalizando 200 plantas por parcela. As capinas foram realizada a cada 20 dias, a fim de evitar a competição interespecífica entre as plantas.

O controle de pragas foi efetuado de acordo com o nível de infestação, sempre que necessário, realizou-se a aplicação de inseticida à base de Profenofós (inseticida de contato e ingestão do grupo químico dos organofosforados), e Lufenuron (inseticida fisiológico do grupo químico das benzoiluréias) na dosagem de 20 ml/L do produto comercial para o controle da *Spodoptera frugiperda*, e inseticida à base de Fipronil na dosagem 10 g de isca a cada 5 m<sup>2</sup> para o controle de *Atta bisphaerica*.

### **3.9 Colheita**

A colheita dos genótipos foi realizada no mês de junho em Cáceres e maio em Sinop, no ano de 2015, quando os grãos apresentaram no estágio duro/farináceo (aproximadamente 167 dias após o plantio). Foram retiradas de cada parcela útil do experimento em campo, 10 plantas aleatoriamente, para obtenção das variáveis de interesse.

### **3.10 Características avaliadas**

Foram avaliadas na área útil da parcela as seguintes características:

- a) Florescimento (FLOR): número de dias decorridos do plantio até o ponto em que 50% das plantas da parcela estivessem em fase de florescimento, com pelo menos as flores do terço superior da panícula liberando pólen;
- b) Altura de planta (ALT): altura média de 10 plantas da área útil da parcela no momento da colheita, medida da base da planta até o ápice da panícula utilizando fita métrica;
- c) Peso de massa verde total (PMV): determinado em Kg/parcela através da pesagem das 10 plantas colhidas da área útil de cada parcela; cortadas em secção de 20 cm e pesadas em balança digital;
- d) Peso matéria seca (PMS): determinado em porcentagem (%), através da retirada de uma amostra da biomassa verde de cada parcela útil, no momento da colheita, as quais foram armazenadas em estufa a 65°C por 6 dias, até obtenção de peso constante.

### **3.11 Análises estatísticas**

Após as avaliações em campo, os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade, para verificação da distribuição normal dos dados, posteriormente submetidos à análise de variância, e quando detectada significância as médias foram agrupadas utilizando-se o teste de Scott-Knott (1974). As análises foram feitas utilizando-se o programa Genes (Cruz, 2015).

### 3.11.1 Análise de variância individual

Inicialmente os dados foram submetidos à análise de variância individual para cada ambiente, considerando o delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições, sendo o valor de cada observação fornecido pelo modelo estatístico, considerando o efeito de genótipo como fixo.

$$Y_{ij} = m + g_i + b_j + E_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$  = valor observado do  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo bloco;

$m$  = média geral;

$g_i$  = efeito do genótipo  $i$ ;

$b_j$  = efeito do bloco  $j$ ;

$E_{ij}$  = erro experimental.

As fontes de variação foram consideradas aleatórias, com exceção dos genótipos. O esquema da análise de variância individual e as esperanças de quadrados médios para a fonte de variação do modelo estatístico estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise de variância individual

FV	GL	QM	E(QM)	F
Blocos	b-1	QMB	$\sigma_e^2 + g\sigma^2 b$	
Genótipos	g-1	QMG	$\sigma_e^2 + g\phi g^2$	$\frac{QMg}{QMr}$
Erro	(b-1)(g-1)	QMR	$\sigma_e^2$	
Total	bg-1			

### 3.11.2 Análise de variância conjunta

Atendidas as pressuposições de homogeneidade das variâncias residuais por meio do teste F, foram realizadas análises de variância conjunta envolvendo o efeito de genótipos x locais, tendo como principal objetivo determinar possíveis interações de genótipos x locais, considerando-se os efeitos de genótipo como fixo e

dos locais como aleatórios. A análise foi realizada de acordo com o modelo estatístico:

$$Y_{ijklm} = m + G_i + A_j + GA_{ij} + B/A_{jk} + E_{ijklm}$$

Em que:

$Y_{ijk}$  = observação do genótipo  $i$  no ambiente  $j$  e no bloco  $k$ ;

$M$  = média geral;

$G_i$ : efeito do  $i$ -ésimo genótipo;

$A_j$ : efeito do  $j$ -ésimo ambiente;

$GA_{ij}$ : efeito da interação  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo ambiente;

$B/A_{jk}$ : efeito do  $k$ -ésimo bloco dentro do  $j$ -ésimo ambiente;

$E_{ijklm}$  = erro aleatório experimental médio associado à observação  $Y_{ijklm}$ .

O esquema da análise de variância conjunta e as esperanças dos quadrados médios para a fonte de variação do modelo estatístico estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Análise de variância conjunta

FV	GL	QM	E (QM)
Blocos/Ambientes	$a (b-1)$	QMB	$\sigma^2 + g\sigma_b^2$
Genótipos (G)	$g-1$	QMG	$\sigma^2 + rl \sigma_{ga}^2 + ar\theta_g$
Ambientes (A)	$a-1$	QMA	$\sigma^2 + g\sigma_b^2 + gr \sigma_a^2$
G x A	$(g-1)(a-1)$	QMGA	$\sigma^2 + rl \sigma_{ga}^2$
Erro	$a (b-1)(g-2)$	QMR	$\sigma^2$
Total	$abg-1$		

Constatada a presença da interação genótipo x ambiente, procedeu-se às análises de adaptabilidade e estabilidade.

### 3.11.3 Método proposto por Lins e Binns (1988)

As análises de adaptabilidade e estabilidade foram realizadas empregando-se o método de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro, neste método os

autores definiram como medida para estimar a estabilidade e a adaptabilidade de cultivares o quadrado médio da distância entre a média da cultivar e a resposta média máxima obtida no ambiente. O modelo para estimação dos parâmetros é:

$$P_i = \sum_{j=i}^n \frac{(X_{ij} - M_j)^2}{2n}$$

Em que:

$P_i$ : índice de superioridade da cultivar  $i$ ;

$X_{ij}$ : produtividade do  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo ambiente;

$M_j$ = resposta máxima obtida entre todos os genótipos no  $j$ -ésimo ambiente; e

$n$ = número de locais.

Para os ambientes favoráveis, com índices positivos incluindo o valor zero, o parâmetro MAEC (Medida de Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento) foi estimado da seguinte forma:

$$P_{if} = \sum_{j=i}^n \frac{(X_{ij} - M_j)^2}{2f}$$

Em que:

$X_{ij}$  = produtividade da  $i$ -ésima cultivar plantada no  $j$ -ésimo local;

$M_j$  = resposta máxima obtida entre todas as cultivares no local  $j$ ;

$f$  = números de ambientes favoráveis.

Da mesma forma para os ambientes desfavoráveis, cujos índices são negativos, tem-se:

$$P_{id} = \sum_{j=i}^n \frac{(X_{ij} - M_j)^2}{2f}$$

Em que:

$X_{ij}$  = produtividade da  $i$ -ésima cultivar plantada no  $j$ -ésimo local;

$M_j$  = resposta máxima obtida entre todas as cultivares no local  $j$ ;  
 $f$ : número de ambientes desfavoráveis.

Estas estimativas permitem que se testem as hipóteses de nulidade do valor paramétrico de  $P_i$  para cada genótipo com base em um teste F. A significância desta hipótese indica que o genótipo específico difere estatisticamente do máximo, e um  $P_i$  nulo indica que ele tem desempenho semelhante ao máximo ao longo dos ambientes.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise de variância individual

Os resultados da análise de variância individual para as quatro características avaliadas florescimento (FLOR), altura (ALT), produção de massa verde (PMV) e produção de massa seca (PMS) nos ambientes 1(Cáceres) e 2 (Sinop) constam nas Tabelas 5 e 6, com seus respectivos quadrados médios, média geral e os coeficientes de variação experimental, utilizando 34 genótipos de sorgo biomassa avaliados no ano agrícola 2014/2015.

Todas as características avaliadas foram significativas ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) de probabilidade pelo teste F, tanto no ambiente de Cáceres, como no ambiente de Sinop. Tal resultado indica que existe diferença significativa dos genótipos avaliados, possibilitando assim, a identificação de materiais superiores nas regiões de estudo.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância individual para as quatro características avaliadas em 34 genótipos de sorgo biomassa cultivados em Cáceres-MT

FV	GL	Quadrado Médio <sup>1/</sup>			
		FLOR (dias)	ALT(m)	PMV (t ha <sup>-1</sup> )	PMS (t ha <sup>-1</sup> )
Blocos	2	3,36	0,62	946,60	50,58
Genótipos	33	514,52**	0,93**	282,44**	51,71**
Resíduo	66	2,09	0,04	130,72	17,06
C.V. (%)		1,18	4,19	16,08	18,77
Média		122,27	4,93	71,07	22,00

<sup>1/</sup> FLOR: número de dias para o florescimento (dias); ALT: altura média final de planta (m); PMV: produção massa verde (t ha<sup>-1</sup>); PMS: produção massa seca (t ha<sup>-1</sup>);

\*\*significativo no nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

No ambiente 1 (Tabela 5) o CV apresentou variação de 1,18% para a característica FLOR a 18,77% para PMS. Já no o ambiente 2 (Tabela 6) foi encontrado uma variação de 3,81% para FLOR a 15,12% para a característica PMS. O coeficiente de variação (CV) é utilizado como uma ferramenta de validação da precisão dos experimentos, e de acordo com Pimentel Gomes (2009), os

encontrados no presente trabalho podem ser considerados como de baixos e médios.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância individual para as quatro características avaliadas em 34 genótipos de sorgo biomassa cultivados em Sinop-MT

FV	GL	Quadrado Médio <sup>1/</sup>			
		FLOR (dias)	ALT (m)	PMV (t ha <sup>-1</sup> )	PMS (t ha <sup>-1</sup> )
Blocos	2	40,75	0,07	374,58	16,88
Genótipos	33	396,98**	1,32**	483,57**	60,80**
Resíduo	66	19,41	0,08	59,90	9,44
C.V. (%)		3,81	5,19	11,08	15,12
Média		115,50	5,11	65,48	20,32

<sup>1/</sup> FLOR: número de dias para o florescimento (dias); ALT: altura média final de planta (m); PMV: produção massa verde (t ha<sup>-1</sup>); PMS: produção massa seca (t ha<sup>-1</sup>); \*\*significativo no nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

Analisando os coeficientes de variação nos ambientes, é possível inferir que no ambiente 2 ocorreu menor influência das variações experimentais não-controláveis. Isso é verificado através dos maiores valores do coeficiente de variação da PMV e PMS do ambiente 1. Tais características são de caráter quantitativo, que são altamente influenciadas pelo ambiente, refletindo assim em valores de CV mais elevados (Cruz, 2005). Neste sentido, Scapim et al. (2010) discorre que o coeficiente de variação pode ser influenciado pelas condições edofoclimáticas em que a cultura está exposta, ou ainda pode alterar em decorrência do seu ciclo reprodutivo.

Em geral, a precisão experimental do presente estudo está adequada e semelhante ao encontrado por outros autores. Silva et al. (2016) avaliando a caracterização de cultivares de sorgo biomassa com objetivo de geração de energia no norte de Mato Grosso, obtiveram coeficientes de variação de 3,82% para FLOR; 5,83% para ALT; 11,82% PMV e 15,13% para PMS. Resultados semelhante também foram observados por Moraes et al. (2013) avaliando a produção de híbridos de sorgo e para silagem, onde obtiveram coeficientes de variação de 18,99 % para produção de massa verde (PMV) e 19,75% para produção de massa seca (PMS). Tardin et al. (2013) avaliando 49 híbridos de sorgo cultivados sob irrigação e

estresse hídrico, obtiveram coeficientes de variação para florescimento de 1,24% e altura de planta 8,05%.

#### 4.2 Análise de variância conjunta

Na Tabela 7 estão apresentadas as significâncias dos quadrados médios da análise de variância conjunta dos dados, assim como as médias e os coeficientes de variação experimental para os 34 genótipos de sorgo biomassa avaliados em dois ambientes.

Foi observado que a razão entre a maior e o menor quadrado médio do resíduo em todas as características avaliadas foram inferiores a 7 (Tabela 7), que segundo Cruz e Regazzi (1997) é a premissa que possibilita a análise conjunta dos dados e indica homogeneidade da variância residual.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância conjunta para quatro características avaliadas de 34 genótipos de Sorgo, nos municípios de Cáceres e Sinop na safra 2014/2015

FV	GL	Quadrado médio <sup>1/</sup>			
		FLOR (dias)	ALT (m)	PMV (t ha <sup>-1</sup> )	PMS (t ha <sup>-1</sup> )
Blocos/Amb	4	22,05	0,35	660,59	33,73
Genótipo	33	893,33**	2,17**	558,66**	92,39**
Ambiente	1	2480,66**	1,74ns	1690,52ns	153,68ns
G x A	33	18,17ns	0,07ns	207,36**	20,12*
Resíduo	132	17,71	0,06	95,31	13,25
CV (%)		3,54	5,11	14,29	17,16
Média geral		118,88	5,02	68,28	21,16
QMR+/QMR-		5,96	2,07	2,18	1,80

<sup>1/</sup> FLOR: número de dias para o florescimento (dias); ALT: altura média final de planta (m); PMV: produção massa verde (t ha<sup>-1</sup>); PMS: produção massa seca (t ha<sup>-1</sup>); \*\*, \* significativos, respectivamente, nos níveis de 1% e 5% de probabilidade, pelo teste F. ns: não-significativo, no nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Os coeficientes de variação obtidos para as quatro características avaliadas são considerados baixos e médios de acordo com Pimentel Gomes (2009), sendo

que valores semelhantes, para as características PMV e PMS, também foram encontrados por Souza et al. (2014) e Oliveira et al. (2002), respectivamente.

A análise de variância conjunta relativa às características FLOR, ALT, PMV e PMS apresentou efeitos significativos pelo teste F entre os genótipos, ambientes e na interação genótipos e ambientes (GxA).

Avaliando a fonte de variação genótipos, identificou-se a presença de significância para todas as características avaliadas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F. Já em relação à fonte de variação ambiente, a análise de variância conjunta identificou significância apenas para a característica FLOR. A presença da significância da fonte de variação do ambiente pode ser justificada por diferentes fatores, tais como: diferença na variação edofoclimáticas ocorrida entre os locais; diferenças na fertilidade do solo; precipitação; temperatura; severidade das doenças que acometem a cultura, dentre outros (Borém e Miranda, 2009).

O resultado da análise de variância conjunta também apontou efeitos significativos de interação genótipo x ambiente (GxA), onde das quatro características avaliadas, apenas o peso de massa verde (PMV) e peso de massa seca (PMS) apresentaram efeitos dessa interação. Esses resultados inferem que os genótipos avaliados apresentaram desempenho diferenciado para tais características diante as variações ambientais, sendo necessário assim, o desdobramento do efeito dos genótipos dentro dos ambientes.

Dessa forma, fez-se necessário o desdobramento do efeito dessa interação, a fim de identificar os genótipos de maior adaptabilidade e estabilidade fenotípica. O desdobramento dessa interação pode proporcionar o reconhecimento de genótipos especialmente adaptados a ambientes particulares, bem como de outros com adaptação mais ampla, proporcionando maior segurança na distinção dos genótipos de sorgo sacarino (Ramalho et al., 1993; Cruz e Regazzi, 1994).

As diferenças encontradas entre os ambientes em que foram conduzidos os experimentos e as significâncias existentes entre os genótipos avaliados, evidenciam a variabilidade entre eles para as características avaliadas, apontando assim a possibilidade de realizar o agrupamento dos genótipos por meio do teste de Scott e Knott (1974).

### **4.3 Teste de agrupamento Scott e Knott (1974)**

Com o objetivo de agrupar os genótipos de acordo com o seu desempenho nos respectivos ambientes, foi usado o método de Scott e Knott a 5% de probabilidade, para as quatro características avaliadas. Na Tabela 8 estão apresentadas as médias da característica florescimento (FLOR); altura (ALT); produção de massa verde (PMV) e produção de massa seca (PMS) dos 34 genótipos de sorgo avaliados.

Para a variável FLOR foi observado média de 125 dias para o ambiente 1 e uma média de 118 dias para o ambiente 2. Essa variação entre os genótipos possibilitou a formação de quatro grupos de médias para o ambiente 1 e cinco grupos para o ambiente 2.

O sorgo biomassa é sensível ao fotoperíodo, atribuindo um maior período vegetativo ao seu ciclo, dessa forma é mais tardio para o florescimento em relação a outras culturas insensíveis ao fotoperíodo. Essa particularidade do sorgo é desejável, pois quanto maior for seu período vegetativo, maior será sua produção de massa verde. Nesse sentido no ambiente 1 os genótipos 201429B001, 201429B005, 201429B006, 201429B008, 201429B013, 201429B015, 201429B031, 201429B032 e o cultivar BRS716 apresentaram comportamento mais tardio em relação aos demais genótipos avaliados, sendo alocados no mesmo grupo de médias.

Já no ambiente 2 os genótipos 201429B001, 201429B005, 201429B010, 201429B013, 201429B015 e a cultivar BRS716 apresentaram-se como os mais tardios sendo alocados no mesmo grupo. O teste de Scott-Knott propiciou também observar a variação do desempenho dos materiais entre os dois ambientes avaliados, verificando a formação de dois grupos de médias.

Tabela 8 - Agrupamento das médias de 34 genótipos de sorgo biomassa pelo método Scott e Knott, estimado a partir de quatro características morfoagronômicas em dois ambientes

Genótipo	Médias <sup>1/</sup> das características <sup>2/</sup> avaliadas											
	FLOR (dias)			ALT (m)			PMV (t ha <sup>-1</sup> )			PMS (t ha <sup>-1</sup> )		
	Cáceres	Sinop	Médias	Cáceres	Sinop	Médias	Cáceres	Sinop	Médias	Cáceres	Sinop	Médias
2014B29001	135,33 Aa	129,66 Ba	132,49	5,34 Aa	5,61 Aa	5,48	77,33 Aa	83,33 Aa	80,33	25,12 Aa	27,13 Aa	26,13
2014B29002	123,00 Ac	116,00 Bc	119,50	5,06 Aa	5,20 Ab	5,13	73,23 Aa	83,66 Aa	78,44	21,06 Ab	27,13 Aa	23,13
2014B29003	121,33 Ac	113,66 Bc	117,49	4,76 Ab	5,17 Ab	4,97	71,33 Aa	81,10 Ab	76,21	22,13 Aa	18,70 Aa	20,42
2014B29004	121,00 Ac	113,66 Bc	117,33	4,74 Ab	5,13 Ab	4,94	72,80 Aa	64,76 Ab	68,78	22,60 Aa	20,13 Aa	22,27
2014B29005	134,66 Aa	128,00 Ba	131,33	5,05 Aa	5,22 Ab	5,14	76,46 Aa	72,16 Aa	74,31	23,06 Aa	21,93 Aa	22,5
2014B29006	131,33 Aa	123,33 Bb	127,33	4,95 Ab	5,15 Ab	5,05	80,73 Aa	67,26 Aa	73,99	22,63 Aa	18,80 Aa	20,72
2014B29007	120,00 Ac	112,33 Bd	116,17	4,67 Ab	4,92 Ac	4,80	57,90 Ab	56,50 Ab	57,20	19,83 Ab	19,63 Aa	19,73
2014B29008	133,66 Aa	123,66 Bb	128,66	5,01 Aa	5,14 Ab	5,08	75,56 Aa	64,50 Ab	70,03	23,53 Aa	20,10 Aa	21,82
2014B29009	122,00 Ac	114,66 Bc	118,33	4,78 Bb	5,24 Ab	5,01	58,30 Aa	66,50 Aa	62,4	23,60 Aa	20,03 Aa	21,82
2014B29010	123,00 Ac	125,00 Aa	124,00	4,87 Ab	5,06 Ab	4,97	64,03 Ab	62,23 Ab	63,13	17,33 Ab	17,00 Ab	17,17
2014B29011	119,66 Ac	110,00 Bd	114,83	4,51 Ab	4,81 Ac	4,66	50,86 Ab	48,10 Ac	49,48	15,10 Ab	14,33 Ab	14,72
2014B29012	128,66 Ab	121,33 Bb	125,00	5,04 Aa	5,18 Ab	5,11	70,46 Aa	60,73 Ab	65,59	28,06 Aa	22,20 Aa	25,13
2014B29013	132,66 Aa	126,66 Ba	129,66	5,06 Aa	5,40 Aa	5,23	75,83 Aa	80,20 Aa	78,01	23,06 Aa	24,80 Aa	23,93
2014B29014	125,00 Ac	117,33 Bc	121,17	4,99 Aa	4,68 Ac	4,84	63,36 Ab	74,80 Aa	69,08	19,23 Ab	22,60 Aa	20,92
2014B29015	133,66 Aa	127,66 Ba	130,66	5,26 Aa	5,14 Ab	5,20	75,66 Aa	73,56 Aa	74,61	22,30 Aa	21,60 Aa	21,95
2014B29016	124,66 Ac	115,33 Bc	120,00	5,04 Aa	4,91 Ac	4,98	74,06 Aa	71,03 Aa	72,54	21,70 Aa	20,86 Aa	21,28
2014B29017	127,00 Ab	123,00 Ab	125,00	5,95 Ab	4,77 Ac	5,36	67,33 Ab	76,83 Aa	72,08	19,80 Ab	22,16 Aa	20,33
2014B29018	125,00 Ac	117,33 Bc	121,17	5,05 Aa	5,00 Ab	5,03	79,13 Aa	58,00 Bb	68,56	23,66 Aa	17,43 Bb	20,55
2014B29019	119,33 Ac	111,33 Bd	115,33	4,52 Ab	4,50 Ac	4,51	73,60 Aa	49,50 Bc	61,55	18,00 Ab	12,06 Ac	15,03
2014B29020	127,33 Ab	119,33 Bb	123,33	5,31 Aa	5,56 Aa	5,44	81,40 Aa	74,10 Aa	77,75	26,56 Aa	23,83 Aa	25,2
2014B29021	116,00 Ad	110,00 Bd	113,00	5,04 Aa	5,00 Ab	5,02	78,06 Aa	58,93 Bb	68,49	25,53 Aa	19,23 Ba	22,38
2014B29022	126,33 Ab	115,66 Bc	121,00	5,56 Aa	5,92 Aa	5,74	78,13 Aa	75,70 Aa	76,91	23,80 Aa	23,10 Aa	23,45
2014B29023	124,33 Ac	113,66 Bc	119,00	5,21 Aa	5,54 Aa	5,38	61,53 Ab	74,56 Aa	68,04	17,30 Ab	21,23 Aa	19,27
2014B29024	113,00 Ad	111,00 Ad	112,00	4,86 Ab	5,26 Ab	5,06	68,96 Aa	56,83 Ab	62,89	22,86 Aa	18,83 Aa	20,85
2014B29025	115,00 Ad	110,00 Ad	112,50	5,14 Aa	5,30 Ab	5,22	57,90 Ab	63,60 Ab	60,75	18,46 Ab	20,30 Aa	19,38
2014B29026	127,33 Ab	117,66 Bc	122,50	5,13 Aa	5,32 Aa	5,23	77,33 Aa	84,40 Aa	80,86	26,36 Aa	28,76 Aa	27,56
2014B29027	119,33 Ac	110,00 Bd	114,67	5,18 Ba	5,78 Aa	5,48	62,13 Ab	61,46 Ab	61,79	19,93 Ab	19,63 Aa	19,93
2014B29028	110,00 Ad	109,00 Be	109,50	4,95 Ab	4,93 Ac	4,94	57,63 Ab	46,53 Ac	52,08	17,76 Ab	14,40 Ab	16,08
2014B29029	123,00 Ac	116,00 Bc	119,50	5,10 Aa	5,48 Aa	5,29	62,03 Ab	69,93 Aa	65,98	19,76 Ab	22,53 Aa	21,15
2014B29030	124,33 Ac	117,33 Bc	120,83	5,32 Aa	5,34 Aa	5,33	94,50 Aa	61,26 Bb	77,88	34,40 Aa	22,66 Ba	28,53
2014B29031	131,33 Aa	121,33 Bb	126,33	5,45 Aa	5,75 Aa	5,60	74,10 Aa	76,96 Aa	75,53	24,36 Aa	25,23 Aa	24,8
2014B29032	132,33Aa	122,33 Bb	127,33	5,26 Aa	5,49 Aa	5,38	81,50 Aa	59,80 Bb	70,65	25,73 Aa	18,76 Ba	22,25
2014B29033	128,33Ab	121,33 Bb	124,83	5,34 Aa	5,49 Aa	5,42	72,06 Aa	75,46 Aa	73,76	21,93 Aa	22,90 Aa	22,42
BRS716	131,00 Aa	127,66 Aa	129,33	5,18 Aa	4,53 Aa	4,86	79,76 Aa	76,26 Aa	78,01	26,33 Aa	25,46 Aa	25,9
Médias	124,99	117,77	117,69	5,04	5,24	5,14	72,01	67,34	69,63	22,43	20,98	20,95

<sup>1/</sup> Médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey, no nível de 5 % de probabilidade. <sup>2/</sup> FLOR: Florescimento (dias); ALT: Altura de planta (m); PMV: Peso de massa verde (t ha<sup>-1</sup>); PMS: Peso de massa seca (t ha<sup>-1</sup>)

Nesse sentido, a somatória das médias dos dois ambientes possibilitou identificar o genótipo 2014B29001 como o mais tardio entre os genótipos avaliados, obtendo média de 133 dias para o florescimento. E o genótipo 2014B29028 como o mais precoce, com média de 109 dias para o florescimento. Resultados semelhantes ao deste estudo para florescimento do sorgo biomassa, também foram obtidos anteriormente por Parrella et al. (2011) e Santos et al. (2014), onde encontraram uma média de 132 e 155 dias para o florescimento respectivamente.

Avaliando a ALT, verificou-se para o ambiente 1 média de 5,04 m, proporcionando a formação de dois grupos de médias nesse ambiente, sendo que os genótipos 201429B001, 201429B002, 201429B005, 201429B008, 201429B012, 201429B013, 201429B014, 201429B015, 201429B016, 201429B018, 201429B020, 201429B021, 201429B022, 201429B023, 201429B025, 201429B026, 201429B027, 201429B029, 201429B030, 201429B031, 201429B032, 201429B033 e a cultivar BRS716 apresentaram as melhores médias para ALT, sendo alocados no mesmo grupo de médias.

Já no ambiente 2, o porte médio dos genótipos foi de 5,24 m, verificando a formação de três grupos de médias nesse ambiente. Os genótipos 201429B001, 201429B013, 201429B020, 201429B022, 201429B023, 201429B026, 201429B027, 201429B029, 201429B030, 201429B031, 201429B032, 201429B033 e a cultivar BRS716 foram alocados no mesmo grupo de médias, demonstrando melhor desempenho em ALT desses genótipos no ambiente 2.

Através da somatória entre os ambientes avaliados, foi possível identificar a maior e menor altura entre os genótipos avaliados, sendo a maior obtida pelo genótipo 2014B29022 com 5,74 m, e a menor altura, foi obtida pelo genótipo 2014B29019 com 4,51 m.

A maioria dos genótipos agrupou-se em um único grande grupo entre os dois ambientes, pelo teste de Scott-Knott, entretanto, apenas os genótipos 2014B29009 e o 2014B29027 formaram grupos diferentes entre os ambientes avaliados. De maneira geral é possível verificar que o ambiente 1 apresentou valores inferiores em relação ao ambiente 2 para a altura das plantas.

Segundo Oliveira (2014) a altura de planta é uma característica importante por se correlacionar positivamente com as características de produção de matéria verde e matéria seca, justificando assim sua avaliação. Wight et al. (2012), também

relatam que a altura das plantas pode ser utilizada como um indicador útil de produção de matéria seca em híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo, já que estes apresentam maior período vegetativo, o que contribui para maior crescimento e produção de massa verde. Porém, plantas muito alta podem aumentar o índice de acamamento e perdas ocasionadas por ventos, chuvas fortes ou outras condições atípicas.

Os valores da altura desse estudo estão de acordo com os valores obtidos por outros autores, como o encontrado por May et al. (2016), onde a altura média dosorgo biomassa foi entre 5,24 e 4,83 m e no trabalho de Silva et al., (2016) que avaliou cultivares de sorgo biomassa visando a geração de energia para a região norte de Mato Grosso, obteve valores médio de 5,27 m.

Avaliando a produção de massa verde, foi possível verificar média de 72,01 t ha<sup>-1</sup> para o ambiente 1, com a formação de dois grupos de médias nesse ambiente. A maioria dos genótipos foram alocados no mesmo grupo de médias, com exceção dos genótipos 201429B007, 201429B010, 201429B011, 201429B014, 201429B017, 201429B023, 201429B027, 201429B08 e 201429B029.

Os genótipos 2014B29006, 2014B29020, 2014B29030, 2014B29032 e BRS716 destacam em relação aos demais, com as melhores médias de PMV nesse ambiente, com respectivamente: 80,73; 81,40; 94,50; 81,50 e 79,76 t ha<sup>-1</sup>.

Enquanto, para o ambiente 2, a média foi 67,34 t ha<sup>-1</sup>, proporcionando a formação de três grupos de médias nesse ambiente. As melhores médias de PMV foram obtidas pelos genótipos: 201429B001, 201429B002, 201429B005, 201429B006, 201429B009, 201429B013, 201429B014, 201429B015, 201429B016, 201429B017, 201429B020, 201429B022, 201429B023, 201429B026, 201429B029, 201429B031, 201429B033 e a cultivar BRS716, sendo estes alocados no mesmo grupo de médias.

Nesse ambiente os genótipos que apresentaram as melhores médias de produção foram: 2014B29001, 2014B29002, 2014B29003, 2014B29013 e 2014B29026, com respectivamente: 83,33; 83,66; 81,10; 80,20 e 84,40 t ha<sup>-1</sup>. Resultado do presente trabalho, foi superior ao encontrado por Neto et al. (2010) avaliando o crescimento e produtividade sorgo forrageiro, onde encontraram produtividade máxima de 62,17 t ha<sup>-1</sup> de matéria verde.

Silva et al. (2016) avaliando os mesmos materiais de sorgo biomassa com o objetivo de gerar energia para a região norte de Mato Grosso, encontrou valores de PMV t ha<sup>-1</sup> semelhantes ao do presente estudo, observando com maior produtividade os genótipos, 201429B001, 201429B002, 201429B013 201429B026 e BRS716.

Ainda foi possível alocar os genótipos em dois grupos distintos entre os dois ambientes, sendo que apenas os genótipos 2014B29018, 2014B29019, 2014B29021, 2014B29030 e 2014B29032 formaram grupos distintos, sendo possível observar que os mesmos apresentaram média de PMV t ha<sup>-1</sup> bem distintas, explicando assim a formação desses dois grupos entre os dois ambientes. A somatória das médias dos dois ambientes possibilitou identificar os genótipos 2014B29001 e 2014B29026 como os mais produtivos. Já as menores produções foram obtidas pelos genótipos 2014B29011 e 2014B29028.

Resultados do presente trabalho também foram superiores ao encontrado por outros autores. Parrella et al. (2011) avaliando o desempenho agrônomo de híbridos de sorgo biomassa em avaliados em Sete Lagoas-MG, Nova Porteirinha-MG e Pelotas-RS, na safra de agrícola 2010/2011, obteve produção de 71,25 t ha<sup>-1</sup> de massa verde.

A produção de matéria seca de sorgo biomassa em média pode chegar a mais de 30 t ha<sup>-1</sup>, sendo que alguns materiais experimentais de programa de melhoramento Embrapa Milho e Sorgo, já apresentam produtividade acima de 50 t.ha<sup>-1</sup> de matéria seca (Parrella et al., 2011).

O ambiente 1 obteve média 22,43 t ha<sup>-1</sup>, possibilitando a formação de dois grupos de média. Dentro desse ambiente 64,70% dos genótipos avaliados apresentaram as maiores PMS, sendo alocados no mesmo grupo de médias, destacando-se entre os mais produtivos os genótipos 2014B29012 e 2014B29030 com produção média de 28,06 e 34,40 t ha<sup>-1</sup> de massa seca.

No ambiente 2, foi verificado uma média de 20,98 t ha<sup>-1</sup>, proporcionando a formação de três grupos de médias. Nesse ambiente 85,29% dos genótipos foram alocados no mesmo grupo de médias, demonstrando comportamento semelhante de PMS. No entanto destaca-se entre os mais produtivos os genótipos: 2014B29001, 2014B29002 e 2014B29026 com 27,13; 27,13 e 28,76 t ha<sup>-1</sup> respectivamente.

De maneira geral, no presente trabalho os genótipos 2014B29001, 2014B29026, 2014B29030 apresentaram a maior produção de matéria seca, sendo: 26,13; 27,56 e 28,53 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. Comparando o desempenho dos genótipos nos dois ambientes, é possível observar que vários materiais tiveram variação de sua produtividade nos ambientes. Entre os materiais que mais oscilaram destacam-se os: 2014B29018, 2014B29021, 2014B29030 e 2014B29032.

Apesar da carência de estudos sobre o potencial produtivo do sorgo biomassa, por meio do presente estudo, pode se observar a superioridade da sua produção em relação a outras culturas com potencial energético. Rezende et al. (2011) avaliando características agronômicas de cinco genótipos de sorgo forrageiro encontrou valor médio de 9,98 à 9,08 de produção de massa seca entre os genótipos avaliados.

Giacomini et al. (2013) avaliaram cultivares de sorgo sacarino visando seu potencial para obtenção de bioenergia, e obtiveram média de 10,85 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca. Sales et al. (2015) avaliando a biomassa de capim elefante para produção de bioenergia, encontrou produção média de 27,16 t ha<sup>-1</sup>. Valores esses, que indicam superioridade da produção de matéria seca do sorgo biomassa em relação a essas culturas.

#### **4.4 Método de Lin e Binns (1988)**

As estimativas dos parâmetros de Lin e Binns (1988) referente à estabilidade e adaptabilidade estão apresentadas na Tabela 9. Foram expressos os valores para as médias, P<sub>i</sub> geral para todos os ambientes, desvio genético, desvio da interação (GxA) e % para o desvio genético para a variável produção de massa verde (PMV).

Através das estimativas de P<sub>i</sub> geral foram obtidos os componentes atribuídos ao desvio genético, sendo que este não implica em necessariamente na alteração na classificação dos genótipos, por isso não afeta negativamente o trabalho de melhoramento. E o desvio atribuído à interação (GxA), que pode proporcionar variação no ranqueamento dos materiais. Portanto, o genótipo ideal é aquele que apresentar menor valor de P<sub>i</sub> geral e maior valor atribuído ao desvio genético em relação ao desvio da interação GxA (Daros e Amaral Junior, 2000).

Tabela 9 - Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade com base na metodologia de Lin e Binns (1988), para a produção de massa verde de 34 genótipos de sorgo biomassa avaliados em Cáceres-MT e Sinop-MT na safra 2014/2015

Genótipos	Média	P <sub>i</sub> geral	Desvios		% para o desvio genético
			Genético	GxA	
2014B29001	80,33	73,95	41,55	32,40	56,18
2014B29002	76,95	147,35	78,12	69,22	53,01
2014B29003	66,41	265,30	265,26	0,03	99,98
2014B29004	68,78	214,08	213,55	0,53	99,75
2014B29005	74,31	118,71	114,50	4,20	96,45
2014B29006	74,00	120,76	119,35	1,41	98,82
2014B29007	57,20	529,49	520,03	9,46	98,21
2014B29008	70,03	188,62	188,50	0,11	99,93
2014B29009	72,40	145,71	145,35	0,36	99,75
2014B29010	63,13	354,89	346,28	8,61	97,57
2014B29011	49,48	805,38	798,66	6,72	99,16
2014B29012	68,60	221,32	217,36	3,96	98,20
2014B29013	78,01	91,52	65,36	26,16	71,41
2014B29014	69,08	265,36	207,40	57,96	78,15
2014B29015	74,61	118,01	110,01	8,00	93,22
2014B29016	72,55	149,04	142,80	6,24	95,81
2014B29017	72,08	198,82	150,80	48,02	75,84
2014B29018	68,56	233,27	218,05	15,21	93,47
2014B29019	61,55	413,70	389,20	24,50	94,07
2014B29020	77,75	69,42	68,44	0,98	98,58
2014B29021	68,50	229,65	219,45	10,20	95,55
2014B29022	76,91	85,88	78,54	7,34	91,44
2014B29023	68,05	295,87	228,98	66,89	77,39
2014B29024	62,90	352,96	352,45	0,51	99,85
2014B29025	60,75	443,05	411,84	31,20	92,95
2014B29026	80,86	73,67	36,83	36,83	50,00
2014B29027	61,80	393,38	382,26	11,12	97,17
2014B29028	52,08	698,25	698,13	0,12	99,98
2014B29029	65,98	315,84	275,34	40,50	87,17
2014B29030	77,88	133,78	66,89	66,89	50,00
2014B29031	75,53	117,85	96,83	21,01	82,16
2014B29032	70,65	193,54	176,72	16,82	91,30
2014B29033	73,76	145,76	122,98	22,78	84,37
BRS716	78,01	70,85	65,39	5,45	92,29

As menores contribuições em porcentagem para o desvio genético estão atribuídas os genótipos 2014B29001, 2014B29002, 2014B29026 e 2014B29030 com 56,18; 53,1; 50,0 e 50,0% nesta ordem. Verifica-se também, que genótipos com menores valores de P<sub>i</sub> geral apresentaram, proporcionalmente, as menores

contribuições para a porcentagem de desvio genético, evidenciando reduzida influência da interação, ao passo que genótipos com altos valores de  $P_i$  geral apresentaram maior contribuição para o desvio da interação.

Os genótipos 2014B29001, 2014B29020, 2014B29026 e BRS716 apresentaram maior produção de massa verde, sendo 80,33; 77,75; 80,86 e 78,01 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Estes mesmos genótipos obtiveram os menores valores da estimativa de  $P_i$  geral, destacando-se entre os mais estáveis pela metodologia de Lin e Binns, equivalente à primeira, quarta, segunda e terceira posição no ranque do geral, indicando assim, que eles apresentaram maior estabilidade produtiva nos ambientes avaliados.

O método de Lin e Binns considera os genótipos mais adaptáveis e estáveis aqueles cuja produtividade em cada ambiente, esteja mais próxima à produtividade máxima observada (Cruz e Carneiro, 2003), ou seja, genótipos com menores valores de  $P_i$  geral são mais desejáveis, pois apresentam menores desvios em relação à produtividade máxima em cada ambiente, fato esse observado por vários autores (Backes et al., 2005; Franceschi et al., 2010; Polizel et al., 2013; Oliveira et al., 2014; Menezes et al., 2015), e também observado no presente estudo.

Apesar de estarem ranqueados entre os genótipos com menores valores de  $P_i$  geral, os genótipos 2014B29026 e 2014B29030 apresentaram valor médio do desvio genético igual a média para o desvio da interação GxA, o que não é desejável, pois este podem demonstrar comportamento irregular nos ambientes. Sendo assim a cultivar BRS716 destacou-se entre os demais genótipos avaliados para a característica PMV, apresentando baixo valor de  $P_i$  geral e média do desvio genético maior que o desvio da interação GxA.

Na Tabela 10, foram dispostos os valores da decomposição dos parâmetros da metodologia proposta por Lin e Bins (1988) para os 34 genótipos de sorgo avaliados em dois ambientes.

Ambiente favorável é aquele, cujo genótipo ideal apresentará produção acima da média geral e menor valor de  $P_i$  geral em relação aos demais, resultando assim, em índices positivos  $P_i$  (+) (Carvalho et al., 2013). Assim, por meio da fragmentação dos ambientes em favoráveis, foram indicados os genótipos e 2014B29020, 2014B29030 e 2014B29032, como os genótipos que demonstraram a

maior estabilidade média para PMV em ambientes favoráveis, sendo: 85,80; 0,00 e 84,50 respectivamente.

Tabela 10 - Decomposição do parâmetro de estabilidade proposto por Lin e Binns (1988) para produção de massa verde a ambientes favoráveis e desfavoráveis de 34 genótipos de sorgo biomassa avaliados em Cáceres-MT e Sinop-MT na safra 2014/2015

Genótipos	Média	P <sub>i</sub> geral	P <sub>i</sub> (+) <sup>1/</sup>	P <sub>i</sub> (-) <sup>2/</sup>
2014B29001	80,33	73,95	147,34	0,56
2014B29002	76,95	147,35	294,43	0,26
2014B29003	66,41	265,30	259,16	271,44
2014B29004	68,78	214,08	235,44	192,73
2014B29005	74,31	118,71	162,60	74,82
2014B29006	74,00	120,76	94,76	146,77
2014B29007	57,20	529,49	669,78	389,20
2014B29008	70,03	188,62	179,23	198,00
2014B29009	72,40	145,71	131,22	160,20
2014B29010	63,13	354,89	464,10	245,68
2014B29011	49,48	805,38	951,93	658,84
2014B29012	68,60	221,32	162,60	280,05
2014B29013	78,01	91,52	174,22	8,82
2014B29014	69,08	265,36	484,64	46,08
2014B29015	74,61	118,01	177,34	58,68
2014B29016	72,55	149,04	208,76	89,33
2014B29017	72,08	198,82	369,01	28,62
2014B29018	68,56	233,27	118,06	348,48
2014B29019	61,55	413,70	218,40	609,00
2014B29020	77,75	69,42	85,80	53,04
2014B29021	68,50	229,65	135,02	324,27
2014B29022	76,91	85,88	133,93	37,84
2014B29023	68,05	295,87	543,40	48,34
2014B29024	62,90	352,96	325,97	379,96
2014B29025	60,75	443,05	669,78	216,32
2014B29026	80,86	73,67	147,34	0,00
2014B29027	61,80	393,38	523,80	262,96
2014B29028	52,08	698,25	679,57	716,94
2014B29029	65,98	315,84	527,04	104,64
2014B29030	77,88	133,78	0,00	267,57
2014B29031	75,53	117,85	208,08	27,62
2014B29032	70,65	193,54	84,50	302,58
2014B29033	73,76	145,76	251,62	39,90
BRS716	78,01	70,85	108,63	33,07

<sup>1/</sup>Pi (+): favorável;

<sup>2/</sup>Pi (-): desfavorável.

Enquanto, para ambientes desfavoráveis e com menores valores de  $P_i$  (-), foram indicados os genótipos 2014B29001, 2014B29002, 2014B29013 e 2014B29026, sugerindo assim que estes genótipos possuem uma adaptação específica a condições desfavoráveis, haja vista seu melhor desempenho neste ambiente, o que indica a possibilidade de seu uso em cultivos com baixa tecnologia empregada.

Ao observar o exposto, nota-se que o genótipo 2014B29026 se destaca entre os demais, ocupando o terceiro lugar no ranque geral de  $P_i$  geral, além de apresentar uma adaptação específica à ambientes desfavoráveis, ocupando o primeiro lugar no raque geral com valor de 0,00 para essa característica, isso infere que este genótipo responde positivamente as condições desfavoráveis, apresentando assim uma adaptação específica à esse tipo de ambiente.

Observa-se também que o genótipo 2014B29020 proporcionou baixo valor de  $P_i$  geral, sendo que no ambiente favorável apresentou o menor valor, e no ambiente desfavorável está entre os genótipos com menor valor de  $P_i$  (-). Essa flexibilidade do genótipo em ter boa adaptabilidade nos diferentes ambientes é desejável, pois demonstra a capacidade de se adaptar aos diferentes ambientes.

Na Tabela 11, estão dispostos os valores para médias,  $P_i$  geral, desvio genético, desvio da interação (GxA) e a % para o desvio genético para a característica PMS. Ao analisar o  $P_i$  geral podem-se obter os valores correspondentes às partes destinadas ao desvio genético, sendo que este representa a capacidade do genótipo em se manter produtivo, além de pouco influente nas variações do ranqueamento entre os genótipos.

Já o desvio referente à interação GxA, pode alterar o desempenho dos materiais e provocar conclusões errôneas na recomendação de genótipos. Assim a metodologia criada por Lin e Binns expõe como o melhor genótipo aquele que possui menor valor de  $P_i$  geral sendo este mais relacionado à porção genética. Dessa forma, a porcentagem para o desvio genético indicou os genótipos 2014B29001; 2014B29027 e 2014B29031 que menos contribuíram para a interação, com valores de: 67,09, 50,0 e 50,0 nesta ordem.

Tabela 11 - Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade com base na metodologia de Lin e Binns (1988), para a produção de massa seca de 34 genótipos de sorgo biomassa avaliados em Cáceres-MT e Sinop-MT na safra 2014/2015

Genótipos	Média	P <sub>i</sub> geral	Desvios		% para o desvio genético
			Genético	GxA	
2014B29001	26,13	22,13	14,85	7,28	67,09
2014B29002	23,13	47,62	35,70	11,92	74,96
2014B29003	20,41	62,95	62,34	0,60	99,03
2014B29004	21,36	53,44	52,19	1,25	97,65
2014B29005	22,5	43,78	41,25	2,53	94,21
2014B29006	20,71	59,44	59,04	0,40	99,31
2014B29007	19,73	73,90	70,21	3,69	95,00
2014B29008	21,81	48,29	47,69	0,60	98,74
2014B29009	21,81	48,22	47,68	0,53	98,89
2014B29010	17,16	107,43	103,92	3,51	96,73
2014B29011	14,71	145,20	142,24	2,96	97,96
2014B29012	25,13	20,80	20,80	0,00	99,96
2014B29013	23,93	36,04	29,26	6,78	81,18
2014B29014	20,91	67,01	56,88	10,25	84,89
2014B29015	21,95	49,44	46,40	3,04	93,84
2014B29016	21,28	55,92	53,04	2,88	94,85
2014B29017	20,98	64,18	56,18	8,00	87,53
2014B29018	20,55	60,91	60,86	0,04	99,92
2014B29019	15,03	136,96	136,95	0,01	99,99
2014B29020	25,2	21,42	20,37	1,05	99,09
2014B29021	22,38	42,37	42,32	0,05	95,09
2014B29022	23,45	36,11	33,07	3,04	99,86
2014B29023	19,26	87,29	75,85	11,44	91,57
2014B29024	20,85	57,92	57,60	0,32	86,89
2014B29025	19,38	81,38	74,42	6,96	99,44
2014B29026	27,56	16,13	8,06	8,06	91,43
2014B29027	19,78	73,17	69,62	3,55	50,0
2014B29028	16,08	120,76	120,12	0,64	95,14
2014B29029	21,15	63,24	54,42	8,82	99,46
2014B29030	28,53	9,30	54,42	4,65	86,05
2014B29031	24,8	28,28	23,00	5,28	50,0
2014B29032	22,25	43,77	43,55	2,84	81,33
2014B29033	22,41	47,45	42,01	0,09	99,49
BRS716	25,9	18,99	16,51	0,07	88,52

Neste contexto, todos os genótipos em estudo, com exceção do 2014B29026, tiveram os valores referente ao desvio genético superior ao atribuídos a interação GxA, isso sugere um comportamento irregular desse genótipo nos diferentes ambientes.

A produção de matéria seca de sorgo biomassa em média pode chegar a mais de 30 t ha<sup>-1</sup>, sendo que alguns materiais experimentais de programa de melhoramento Embrapa Milho e Sorgo, já apresentam produtividade acima de 50 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca (Parrela et al., 2011). No presente trabalho os genótipos 2014B29001, 2014B29026, 2014B29030 apresentaram a maior produção de matéria seca, sendo: 26,13; 27,56 e 28,53 t ha<sup>-1</sup> respectivamente.

Estes genótipos (2014B29001, 2014B29026, 2014B29030) também foram considerados os mais estáveis, ou seja, eles expressaram os menores valores de P<sub>i</sub> geral, com: 22,13, 16,13 e 9,30 respectivamente. O modelo exposto por Lin e Binns proporciona uma relação direta entre a estabilidade e a produtividade, isso indica uma alta correlação entre as maiores médias e o parâmetro de maior estabilidade. De modo geral, as menores e maiores médias do peso de massa seca, estão fortemente relacionada com os mais altos e mais baixos, índices de P<sub>i</sub> geral respectivamente.

Neste mesmo sentido, os genótipos 2014B29011 e 2014B29019 foram os que apresentaram menor produção, além de serem os menos estáveis, apresentando elevados valores de P<sub>i</sub> geral, confirmando assim, a relação direta entre a média geral e a estabilidade produtiva.

Através da decomposição dos ambientes em favoráveis, média superior à média geral e desfavorável média inferior à média geral (Tabela 12), foi identificado à existência de genótipos especificamente adaptadas aos diferentes ambientes. Para ambientes favoráveis foram indicados os genótipos 2014B29012; 2014B29020 e 2014B29030, com os menores valores de P<sub>i</sub> (+) e média acima da média geral.

Para decomposição em ambientes desfavoráveis foram indicados os genótipos 2014B29001, 2014B29026 e BRS716. Nota-se que apesar do genótipo 2014B29026 apresentar boa produção e média baixas de P<sub>i</sub> geral e P<sub>i</sub> (-), ele apresentou valor do desvio genético igual ao desvio da interação, que não é desejável, pois o mesmo pode apresentar comportamento irregular nos ambientes,

como mencionado anteriormente, demonstrando assim, a necessidade de mais análises.

Tabela 12 - Decomposição do parâmetro de estabilidade proposto por Lin e Binns (1988) para produção de massa seca a ambientes favoráveis e desfavoráveis de 34 genótipos de sorgo biomassa avaliados em Cáceres-MT e Sinop-MT na safra 2014/2015

Genótipos	Média	P <sub>i</sub> geral	P <sub>i</sub> (+) <sup>1/</sup>	P <sub>i</sub> (-) <sup>2/</sup>
2014B29001	26,13	22,13	42,93	1,33
2014B29002	23,13	47,62	88,88	6,36
2014B29003	20,41	62,95	75,23	50,66
2014B29004	21,36	53,44	69,62	37,26
2014B29005	22,50	43,78	64,22	23,34
2014B29006	20,71	59,44	69,22	49,66
2014B29007	19,73	73,90	106,09	41,70
2014B29008	21,81	48,29	59,04	37,55
2014B29009	21,81	48,22	58,32	38,13
2014B29010	17,16	107,43	145,63	69,22
2014B29011	14,71	145,20	186,24	104,16
2014B29012	25,13	20,80	20,05	21,56
2014B29013	23,93	36,04	64,22	7,86
2014B29014	20,91	67,01	115,01	19,01
2014B29015	21,95	49,44	73,20	25,68
2014B29016	21,28	55,92	80,64	31,20
2014B29017	20,98	64,18	106,58	21,78
2014B29018	20,55	60,91	57,60	64,22
2014B29019	15,03	136,96	134,48	139,44
2014B29020	25,20	21,42	30,68	12,16
2014B29021	22,38	42,37	39,30	45,44
2014B29022	23,45	36,11	56,18	16,05
2014B29023	19,26	87,29	146,20	28,37
2014B29024	20,85	57,92	66,50	49,33
2014B29025	19,38	81,38	126,93	35,84
2014B29026	27,56	16,13	32,26	0,00
2014B29027	19,78	73,17	104,64	41,70
2014B29028	16,08	120,76	138,33	103,20
2014B29029	21,15	63,24	107,06	19,42
2014B29030	28,53	9,30	0,00	18,60
2014B29031	24,80	28,28	50,33	6,24
2014B29032	22,25	43,77	37,55	50,00
2014B29033	22,41	47,45	77,70	17,20
BRS716	25,90	18,99	32,53	5,44

<sup>1/</sup>Pi (+): favorável;

<sup>2/</sup>Pi (-): desfavorável.

É possível observar ainda, que os genótipos 2014B29011, 2014B29019 e 2014B29028 foram os que menos se adaptaram as condições ambientais analisadas para PMS, tanto no ambiente favorável, como no ambiente desfavorável. Isto é possível inferir, diante dos altos valores de  $P_i (+)$  e  $P_i (-)$ .

## **5. CONCLUSÕES**

Os genótipos mais produtivos nos ambientes foram: 2014B29001, 2014B29026, 2014B29030 e a cultivar BRS716 destacando-se entre os mais produtivos, além de apresentar os melhores parâmetros de Lin e Binns (1988) para as características PMV e PMS em relação aos demais genótipos avaliados.

O cultivar BRS716 apresenta adaptabilidade específica de PMV e PMS a ambientes desfavoráveis.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**. 4:503-508, 1964.

ALMEIDA, E. F.; MOTA, J. H.; MENEZES, C. B.; YURI, J. E.; RESENDE, G. M. Desempenho agronômico de híbridos de sorgo granífero na safrinha em Jataí-GO. **Scientia Plena**. 11:1-7, 2015.

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**. 46:269-278, 1992.

BACKES, R. L.; ELIAS, H. T.; HEMP, S.; NICKNICH, W. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro no estado de Santa Maria. **Acta Scientiarum Agronomy**. 27:309-314, 2005.

BALOLE, T. V.; LEGWAILA, G. M. **Sorghum bicolor (L.) Moench**. [Internet]. 2006. Disponível em: <<http://www.prota4u.org/protav8.asp?h=M11,M26,M6&t=origin,sorghum&p=Sorghum+bicolor#Description>>. Acessado em 19, junho, 2014.

BARROS, H. B. ; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D. ; REIS, M. S. Análises paramétricas e não-paramétricas para determinação da adaptabilidade e estabilidade genótipos de soja. **Scientia Agraria**. 9:299-309, 2008.

BASSAM, N. **Handbook of bioenergy crops – A complete reference to species, development and applications**. London: Earthscan, 2010. p.492-516.

BECKER, H.C. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. **Euphytica**. 30:835-840, 1981.

BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005. v.1, 969p.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 2009. v.1, 529p.

CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 168p. (Tese- Doutorado em melhoramento).

CAMPOS, T.; CANÉCHIO FILHO, V. **Principais culturas II**. Campinas: IAC, 1973. v.2, 402p.

CARRILLO, M. A.; STAGGENBORG, S. A.; PINEDA, J. A. Washing Sorghum biomass With Water to improve its quality for combustion. **Fuel**. 116:427-431, 2014.

CARVALHO, C. G. P.; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; OLIVEIRA, M. F. Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 37:989-1000, 2002.

CARVALHO, C. G. P.; OZAWA, E. K. M.; AMABILE, R. F.; GODINHO, V. P. C.; GONÇALVES, S. L.; RIBEIRO, J. L.; SEIFERT, A. L. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol resistentes a imidazolinonas em cultivos de segunda safra, **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**.10:1-7, 2015.

CARVALHO, E. V.; PELUZIO, J. M.; SANTOS, W. F.; AFFÉRI, F. S.; DOTTO, M. A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em Tocantins. **Revista Agro@ambiente**. 7:162-169, 2013.

CHAVES, L. J. Interação de Genótipos com Ambientes. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. **Recursos genéticos e melhoramento – plantas**. Rondonópolis: Fundação MT. 2001. p.673-713.

CHIELLE, Z. G.; GOMES, J. F.; ZUCHI, J.; GABE, N. L.; RODRIGUES, L. R. Desempenho de genótipos de sorgo silageiro no Rio Grande do Sul na safra 2011/2012. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**.12:260-269, 2013.

COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. Seja o doutor do seu sorgo. **Informações Agronomicas**. 100:1-24, 2002.

CÔRREA, L. V. T.; MENDES, A. N. G.; BARTHOLO, G. F. Comportamento de progênies de cafeeiro Icatu. **Ciência e Agrotecnologia**. 30:618- 622, 2006.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 2005. v.1, 394p.

CRUZ, C. D. **Programa Genes – Versão Windows**. Viçosa: UFV, 2015.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, Minas Gerais: UFV, 2006. v.2. 585p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 585p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2001. v.1. 390p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2004. v.3. 480p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. v.2 390p.

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**. 43:273-278, 2012.

DAROS, M.; AMARAL JÚNIOR, A. T. Adaptabilidade e Estabilidade de Produção de Ipomoea batatas. **Acta Scientiarum**. 22:911-917, 2000.

DELACY, I. H.; KUAL, S.; RANA, B. S.; COOPER, M. Genotypic variation for grain and stover yield of dryland (rabi) sorghum in India 2. A characterisation of genotypexenvironment interactions. **Field Crops Research**. 118:236-242, 2010.

DES MARAIS, D. L.; HERNANDEZ, K. M.; JUENGER, T. E. Genotype-by-environment interaction and plasticity: exploring genomic responses of plants to the abiotic nvironment. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**. 44: 5-29, 2013.

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**. 6:36-40, 1966.

EMBRAPA. **Cultivo do Sorgo Biomassa para a Cogeração de Energia Elétrica**. Documento 152, 269p. 2013.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 282p.

FAVARATO, L. F. et al. Avaliação de linhagens de sorgo vassoura na região de Viçosa, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. 10:82-86, 2011.

FEHR, W. R. **Principles of cultivar developmet**. New York: Macmillan, 1987, 525p.

FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Australian. **Journal of Agricultural Research**. 14:742-754, 1963.

FILHO, A. C; PERECIN, D.; MALHEIROS,E. B.; GUADAGNIN, J. P. Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de Milho. **Bragantia**.66: 571-578, 2007.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do sorgo**. Editoração e impressão Gráfica Funep, 2009, 202p.

FRANCESCHI, L.; BENIN, G.; MARCHIORO, V. S.; MARTIN, T. N.; SILVA, R. R.; SILVA, C. L. Métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de trigo no estado do paraná. **Bragantia**. 69:797-805, 2010.

GALON, L. FERNANDES, F. F.; ANDRES, A.; SILVA, A. F.; FORTE, C. T. Selectivity and efficiency of herbicides in weed control on sweet sorghum. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 46:123-131, 2016.

GARCIA, J. C. **Cultivo do Sorgo**. Embrapa milho e sorgo, 2010. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo/importancia%20.htm>> Acesso em: 21, janeiro, 2016.

GIACOMINI, I.; SIQUEIRA, F. L. T.; PEDROZA, M. M.; MELLO, S. Q. S.; CERQUEIRA, F. B.; SALLA, L. Uso potencial de sorgo sacarino para a produ o de etanol no estado do Tocantins. **Revista Agrogeoambiental**. 5:73-81, 2013.

HUEHN, M. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1 and 2: Theory and Applications. **Euphytica**. 47:189-194, 1990.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de dados. Disponível em <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em 15, setembro, 2015.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em 15, junho, 2016.

KILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. **Espécies vegetais exóticas em potencialidades para o semi- rido brasileiro**. Brasília: Embrapa informa o tecnológica, 2005. 340p.

LIN, C.S.; BINNS, M,R,A. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**. 68:193-198, 1988.

LIRA, M. A. Considerações sobre o potencial do sorgo em Pernambuco. In: **Curso de extensão sobre a cultura do sorgo**. Brasília: EMBRAPA-DID, 1981. p.87-88.

MAIA, M. C. C.; VELLO, N. A.; ARAÚJO, L. B.; DIAS, C. T. S.; OLIVEIRA, L. C.; ROCHA, M. M. Interação genótipo-ambiente em soja via análise de componentes principais com múltiplas matrizes de dados. **Revista Agro@ambiente On-line**. 8:104-111, 2014.

MORAIS, S. D.; JOBIM, C. C.; SILVA, M. S.; MARQUARDT, F. I. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. 14:624-634, 2013.

MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Descritores mínimos de sorgo (*Sorghum spp.*). 1997. 17p.

MARIOTTI, J. A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J. M., BULACIO, A. N. R.; ALMADA, G. H. Análisis de estabilidad y adaptabilidad de genótipos de canã de azucar. I. Interacciones dentro de uma localidade experimental. **Revista Agronómica del Noroeste Argentino**. 13:105-127, 1976.

MARQUES, M. C. **Adaptabilidade, estabilidade e diversidade genética de cultivares de soja em três épocas de semeadura**. Uberlândia: Universidade, 2010. 84p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).

MARQUES, T. A.; PINTO, L. E. V. Energia da biomassa de cana-de-açúcar sob influência de hidrogel, cobertura vegetal e profundidade de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 17:680–685, 2013.

MAY, A.; SOUZA, V. F.; GRAVINA, G. A.; FERNANDES, P. G. Espaçamento entrelinhas e população de plantas no desempenho produtivo do sorgo biomassa. **Ciência Rural**. 46:434-439, 2016.

MAY, A. Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G – Tecnologia Qualidade Embrapa. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2012. 120 p.

MAY, A.; SILVA, D. D.; SANTOS, F. C. Cultivo do Sorgo Biomassa para a Cogeração de Energia Elétrica. Documento 152. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2013. 69p.

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

MORAES, S.D.; JOBIM, C. C.; SILVA, M. S.; MARQUARDT, F. I. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. 14:624-634, 2013.

MURAKAMI, D. M. CARDOSO, A. A.; CRUZ, C. D.; BIZÃO, N. Considerações sobre duas metodologias de análise de estabilidade e adaptabilidade. **Ciência Rural**. 37: 71-78, 2004.

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

NAIK, S. N.; GOUD, V. V.; ROUT, P. K.; DALAI, A. K. Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 14:578–597, 2010.

NEVES, S. M. A. S.; NUNES, M C. M.; NEVES, R. J. Caracterização das condições climáticas de Cáceres/MT Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídio às atividades agropecuárias e turísticas municipais. **Boletim Goiano de Geografia**. 31:55-68, 2011.

NETO, R. C. A.; 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**. 14:124–130, 2010.

NUNES, G. H. S.; RESENDE, G. D. S. P.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**. 8:49-58, 2002.

OLIVEIRA, F. T. **Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de sorgo sacarino no município de Cáceres**. Cáceres: Universidade do Estado de Mato Grosso, 2016. 103p. (Dissertação - Mestrado em genética e melhoramento de plantas).

OLIVEIRA, E. J.; FILHO, G. A. F.; FREITAS, J. P. X.; DANTAS, J. L. L. Desempenho produtivo e interação genótipo x ambiente em híbridos e linhagens de mamoeiro. **Bioscience Journal**. 30:402-410, 2014.

OLIVEIRA, J. S.; FERREIRA, R. P.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, A. V.; BOTREL, M. A.; VON PINHO, R. G.; RODRIGUES, J. A. S. LOPES, F. C. F.; MIRANDA, J. E. C. Adaptabilidade e estabilidade em cultivares de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 31:883-889, 2002.

OLSON, S.N.; RITTER K.; ROONEY W.; KEMANIAN A.; MCCARL B. A.; ZHANG Y.; HALL, S.; PACKER, D; MULLET, J. High biomass yield energy sorghum: developing a genetic model for C4 grass bioenergy crops. **Biofuels Bioprod**. 6:640–655, 2012.

PARRELLA, R. A. C. **Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa.** Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo, 2011, 19p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento).

PARRELLA, R. A. C.; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D. SCHAFFERT, R. E. **Desenvolvimento de Híbridos de Sorgo Sensíveis ao Fotoperíodo visando Alta Produtividade de Biomassa.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 25 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 28).

PENNESI, E. How sorghum withstands heat and drought. **Science.** 323:573-579, 2009.

PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; PELOSO, M. J.; FARIA, L. C.; COSTA, J. G. C.; DÍAZ, J. L. C.; RAVA, C. A.; WENDLAND, A. Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** 44:374-383, 2009.

PERKINS, J. M.; JINKS, J. L. Environmental and genotype-environmental components of variability. IV. Non-linear interactions for multiple inbred lines. **Heredity.** 23:525-35, 1968.

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

PLAISTED, R. L.; PETERSON, L. C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations and seasons. Amer, **Potato journal.** 36:381-385, 1959.

POLIZEL, A. C.; JULIATTI, F. C.; HAMAWAKI, O. T.; HAMAWAKI, R. L.; GUIMARÃES, S. L. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no estado do Mato Grosso. **Bioscience Journal.** 29:910-920, 2013.

RAMALHO, A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia : UFG, 1993. 271p.

RESENDE, M. D. V. **Software SELEGEN- REML/BLUP**: Sistema estatístico e seleção computadorizada via modelos lineares mistos. Embrapa, Colombo, 2007. 359p.

REZENDE, G. M.; PIRES, D. A. A; BOTELHO, P. R. F.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; SALES, E. C. J.; JAYME, D. G.; REIS, S. T.; PIMENTEL, L. R., LIMA, L. O. B.; KANEMOTO, E. R.; MOREIRA, P. R. Características agronômicas de cinco genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], cultivados no inverno, para a produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. 10:171-179, 2011.

RIBAS, P. M. **Cultivo do sorgo**. 3 ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. (Embrapa Milho e Sorgo, Sistemas de produção).

Ribeiro, N. M. **Levantamento e caracterização de áreas de preservação permanente no município de Sinop - MT**. 2011. 50 p. Monografia (Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop. 2011.

ROBERTSON, A. **Experimental design on the measurement of heritabilities and genetic correlations** – Biometrical genetics. New York: Pergamon Press, 1959. 186 p.

ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R.; TEIXEIRA, A. L.; SOUZA, F. F.; CRUZ, C. D. Adaptabilidade e estabilidade da produção de café beneficiado em *Coffea canephora* **Ciência Rural**. 45:1531-1537, 2015.

ROCHA, R. B. et al. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**. 15:255-266, 2005.

SABALLOS, A. **Development and utilization of Sorghum as a bioenergy crop**. In: VERMERIS, W. Genetic improvement of bioenergy crops. New York: Springer, 2008. 211-248p.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**. 30: 507-512, 1974.

SALES, F. A.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; COSTA, M. A. T.; ZARO, G. C. Biomass of elephant grass and leucaena for bioenergy production, **Ciências Agrárias**. 36:3567-3578, 2015.

SANTOS, F. C. ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; RESENDE, Á. V.; OLIVEIRA, A. C.; GOMES, T. C.; OLIVEIRA, M. S. Adubações nitrogenada e potássica no sorgo biomassa-productividade e qualidade de fibra. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. 13: 1-13, 2014.

SANTOS, G. A. **interação genótipos x ambientes para produtividade de híbridos multi-espécies de eucalipto no rio grande do sul**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2012. 129p. (Tese - Doutorado em Engenharia Florestal)

SANTOS, F. G.; CASELA, C. R.; WAQUIL, J. M. **Melhoramento de sorgo**. In: Borém, A. (org) Melhoramento de Especies Cultivadas. Viçosa: Editora UFV, 2005. v2. 429-466p.

SANTOS, J. A. L.; SUZUKI, J. C. Energia da biomassa e políticas públicas: impactos do programa nacional de produção e uso do biodiesel na produção do espaço rural brasileiro. **Revista Brasileira de Energia**. 17:83-101, 2011.

SCAPIM, C. A. et al. Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. **Correlation among y Genetics and Molecular Biology**. 23:387-393, 2000.

Scapim, C. A.; Pacheco, C. A. P.; Amaral Júnior, A. T.; Vieira, A.; Pinto, R. J. B.; Conrado, T. V. Correlations between the stability and adaptability statistics of popcorn cultivars. **Euphytica**. 174:209-218, 2010.

SETTE, D. M.; TARIFA, J. R. A estrutura pluvial e as paisagens no Mato Grosso – Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 4, 2000, Rio de Janeiro, **Anais do IV Simpósio**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2000.

SILVA, A. L.; TARDIN, F. D.; ROTTA, G. W.; BALDONI, A. B.; BARELLI, M. A. A.; SILVA, A. F.; GONÇALVES, D. R.; SILVA, F. B.; RIBEIRO, J. R. D.; PARRELLA, R. A. C. Characterization of biomass sorghum cultivars aiming to generate energy for the north region of Mato Grosso, Brazil, **Nativa**. 4:175-178, 2016.

SILVA, G. A. P. CHIRATO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R.; PERINA, E. F.; CARBONELL, S. A. M. Análise da adaptabilidade e estabilidade de produção em ensaios regionais de feijoeiro para o Estado de São Paulo, **Revista Ceres**. 60:059-065, 2013.

SILVA, J. G. C.; BARRETO, J. N. An application of segmented linear regression to the study of genotypes environment interaction. **Biometric**. 41:1093, 1986.

SOUZA, V. F. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de sorgo sacarino**. Janaúba: Universidade Estadual de Montes Claros, 2011. 53p (Dissertação-Mestrado em Produção Vegetal).

SOUZA, V. F.; PARRELLA, R. A. C.; MENEZES, C. B.; TARDIN, F. D.; MAY, A.; EMYDIO, B. M.; DAMACESCENO, C. M. B.; SCHAFFERT. Influência da correção de estande na adaptabilidade e na estabilidade de sorgo biomassa. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. 13:371-381, 2014.

TAI, G. C. C. Genotypic stability analysis and its application to potato trials. **Crop Science**. 11:184-90, 1971.

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. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. 12:102-117, 2013.

TOLEMBO, K. N.; DR M'MBOYI, F.; KIPLAGAT, S.; SITIENEY, J. K.; OYUGI, F. K. **Sorghum breeding in sub-saharan Africa: The success stories**. Nairobi: ABSF, 2010. 40p.

VERMA, M. M.; CHACAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**. 2: 89–91, 1978.

WIGHT, J. P.; HONS, F. M.; STORLIEN, J. O.; PROVIN, T. L. Management effects on bioenergy sorghum growth, yield and nutrient uptake. **Biomass and Bioenergy, Oxford**. 46:593-604, 2012.

WHITFIELD, M. B.; CHINN, M. S., VEAL, M. W. Processing of materials derived from sweet sorghum for biobased products. **Industrial Crops and Products**. 37:362-375, 2012.

WRICKE, G.; WEBER, W. E.; Qualitative genetics and selection in plant breeding. New York, 1986: Walter de Gruyter, 406p.

YATES, F. e COCHRAN, W. G. The analysis of group experiments. **J. Agric. Sci.** 28:556–580, 1938.