



Universidade do Estado de Mato Grosso

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE
PLANTAS**

FERNANDA LOPES PORTO

Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de sorgo sacarino

SINOP

MATO GROSSO - BRASIL

JANEIRO – 2021

FERNANDA LOPES PORTO

Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de sorgo sacarino

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

Orientador: Prof. Dr. Flávio Dessaune Tardin

SINOP

MATO GROSSO - BRASIL

JANEIRO – 2021

Luiz Kenji Umeno Alencar CRB 1/2037

P839a PORTO, Fernanda Lopes.
Adaptabilidade e Estabilidade de Genótipos de Sorgo Sacarino em Cultivos de Primeira e Segunda Safra / Fernanda Lopes Porto - Alta Floresta/Cáceres/Tangará da Serra, 2021. 33 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (sim)

Trabalho de Conclusão de Curso
(Dissertação/Mestrado) - Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Genética e Melhoramento de Plantas, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Multicampi, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2021.
Orientador: Flávio Dessaune Tardin

1. Sorghum Bicolor. 2. Melhoramento de Sorgo. 3. Etanol.
4. Interação Genótipos X Ambientes. I. Fernanda Lopes Porto.
II. Adaptabilidade e Estabilidade de Genótipos de Sorgo Sacarino em Cultivos de Primeira e Segunda Safra: .
CDU 664.788

Adaptabilidade e Estabilidade de Genótipos de Sorgo Sacarino em Cultivos de
Primeira e de Segunda Safra”

FERNANDA LOPES PORTO

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

Aprovada em 11 de Janeiro de 2021

Comissão Examinadora



Prof. Dr. Flávio Dessaune Tardin
Orientador - Embrapa Milho e Sorgo



Prof. Dr. Rafael Augusto da Costa Parrella
Embrapa Milho e Sorgo



Prof. Dr. Cicero Beserra de Menezes
Embrapa Milho e Sorgo

*A Deus, por estar sempre comigo nessa caminhada, me ajudando a ter discernimento
diante dos desafios.*

*À Virgem Maria, por sempre interceder por mim, me dando força e coragem para
sempre seguir em frente.*

À minha mãe Eliane, pelo apoio durante toda minha vida.

À minha querida avó Lena e meu avô Raimundo (In Memoriam), pelos ensinamentos.

*A minhas irmãs Flávia e Flora, minha Tia Heliete e meu tio Alain, pela amizade e
carinho.*

Aos amigos que fizeram parte dessa caminhada.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado de Mato Grosso e ao programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas da UNEMAT pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisas) pela concessão de bolsa de estudos.

A FAPEMAT , BNDES e a Embrapa pelos recursos financeiros aportados nesta pesquisa.

Ao meu orientador Flávio Dessaune Tardin pelo exemplo profissional, conhecimentos passados e principalmente pela amizade construída.

A todos os professores da pós-graduação da UNEMAT, incansáveis ao repassar todo o conhecimento em especial à professora Dra. Isane Vera Karsburg pelo carinho e incentivo.

Aos pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo Dr. Cícero Bezerra de Menezes, Dr. Rafael Augusto da Costa Parrella e Dr. Jose Avelino dos Santos Rodrigues por tornar o trabalho possível, pelo apoio incondicional e disponibilidade.

À Dona Luciene e toda sua família por me acolher em Cáceres-MT e Dona Ester pela estadia em Alta Floresta-MT.

Aos amigos de mestrado que se tornaram minha família no Mato Grosso e pela amizade inesquecível em especial à Erika, Cyntia, Altacis, Pedro, Anne, Givanildo, Jeferson, Leonicia e Vera.

A toda equipe da Embrapa Agrossilvipastoril pelo carinho e acolhimento em Sinop-MT em especial aos amigos Gessica, Aline, Murilo, Bruna, Taylor, Victória, Lizandra e Barreto.

À equipe da Embrapa Milho e Sorgo pela amizade e apoio em especial o pessoal do galpão de melhoramento de sorgo pela parceria.

BIOGRAFIA

Fernanda Lopes Porto – filha de Eliane Lopes da Silva e Fernando Raimundo Porto, nasceu em Belo Horizonte, mas passou boa parte da sua vida em Sabará. Em 2009 entrou para Universidade Federal de Viçosa, onde cursou Agronomia até agosto de 2014. Durante esse período estagiou no Departamento de Solos e na Embrapa Milho e Sorgo no Programa de Melhoramento do Milho. No ano de 2019 entrou para o Programa de Pós graduação e Genética e Melhoramento de Plantas da Universidade do Estado do Mato Grosso, onde participou do Programa de Melhoramento do Sorgo na Embrapa Agrossilvipastoril sob a orientação de Flávio Dessaune Tardin. No ano de 2020 continuou programa, mas na Embrapa Milho e Sorgo em que acompanhou de perto todas as etapas do melhoramento do sorgo, do plantio até o processamento final para as usinas, concluindo a dissertação final em janeiro de 2021.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	Erro! Indicador não definido.
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 A cultura do sorgo	2
2.2 Sorgo sacarino	3
2.3 Interação genótipos x ambientes	5
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3.1 Locais e condições climáticas.	8
3.2 Condução do experimento	9
3.3 Características avaliadas.....	10
3.4 Análise estatística	10
3.5 Análise de adaptabilidade e estabilidade	12
3.5.1 Metodologia Annicchiarico	12
3.5.2 Metodologia GGE Biplot	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4.1 Análises de variância.....	14
4.2 Adaptabilidade e estabilidade.....	23
4.2.1 Annicchiarico	23
4.2.2 GGE Biplot	25
5. CONCLUSÕES	29
6. REFERÊNCIAS	30

RESUMO

PORTO, FERNANDA LOPES; M.Sc.; Universidade do Estado de Mato Grosso; janeiro de 2021. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de sorgo sacarino. Orientador: Flávio Dessaune Tardin.

Este trabalho teve como objetivo verificar a presença da interação genótipos x ambientes em ensaios experimentais de sorgo sacarino em diferentes regiões, bem como identificar os materiais mais produtivos e estáveis. Para isso os ensaios foram conduzidos em blocos ao acaso com três repetições, sendo avaliados 21 híbridos experimentais e quatro variedades, das quais duas são comerciais, do Programa de Melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo. Os experimentos foram implantados em 6 ambientes, sendo estes compostos por plantios em três locais (Sete Lagoas-MG, Sinop-MT e Jaguariúna-SP), e duas épocas de cultivo (Safrinha 2018 e Safrinha 2019). As seguintes características foram avaliadas: florescimento (FLOR), produção de massa verde (PMV), sólidos solúveis totais (SST) e tonelada de brix por hectare (TBH). Foram realizadas as análises de variância individuais, e conjunta, e em seguida, as médias dos genótipos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). Adicionalmente, estudos de adaptabilidade e estabilidade foram realizados utilizando os modelos Annicchiarico (1992) e GGE biplot foram realizados para PMV. Constataram-se ocorrências de interação genótipos x ambientes para todas as características estudadas. Destacam-se entre os resultados os híbridos 18 (201837B018), 17(201837B017) e 14 (201837B018) foram os que apresentaram maior PMV na primeira safra, já na segunda safra, não houve diferenças significativas entre os genótipos. No estudo de adaptabilidade e estabilidade o método Annicchiarico classificou todos ambientes de primeira safra como favoráveis e de segunda safra como desfavoráveis. O modelo GGE biplot, apresentou os genótipos 18 (201837B018) e 16 (201837B016) com os melhores desempenhos na primeira safra. Os híbridos 13 (201837B013), 10 (201837B010) e 9 (201837B009) foram os mais instáveis, enquanto 16 (201837B016), 7(201837B007), 24 (BRS 511) e 21(201837B021) foram os mais estáveis.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*; melhoramento de sorgo; etanol; interação genótipos x ambientes.

ABSTRACT

PORTO, FERNANDA LOPES; M.Sc.; Universidade do Estado do Mato Grosso; January of 2021. Adaptability and sacarino stability of genotypes of sorgo. Advisor: Flávio Dessaune Tardin.

This work aimed to verify the presence of the genotype x environment interaction in experimental tests of sweet sorghum in different regions, as well as to identify the most productive and stable materials. For that, the tests were carried out in random blocks with three replications, being evaluated 21 experimental hybrids and four varieties, of which two are commercial, from the Improvement Program of Embrapa Milho e Sorgo. The experiments were implemented in 6 environments, these being composed of plantations in three locations (Sete Lagoas-MG, Sinop-MT and Jaguariúna-SP), and two growing seasons (Safrinha 2018 and Safrinha 2019). The following characteristics were evaluated: flowering (FLOR), green mass production (PMV), total soluble solids (SST) and ton of brix per hectare (TBH). Individual and joint analyzes of variance were performed, and then the means of the genotypes were grouped by the Scott-Knott test ($P < 0.05$). Additionally, adaptability and stability studies were performed using the Annicchiarico (1992) and GGE biplot models for PMV. Genotype x environment interaction occurrences were found for all studied characteristics. Among the results, the hybrids 18 (201837B018), 17 (201837B017) and 14 (201837B018) stand out among the results that presented the highest PMV in the first crop, in the second crop, there was no significant difference between the genotypes. In the study of adaptability and stability the Annicchiarico method classified all first crop environments as favorable and second crop environments as unfavorable. The GGE biplot model presented genotypes 18 (201837B018) and 16 (201837B016) with the best performance in the first harvest. Hybrids 13 (201837B013), 10 (201837B010) and 9 (201837B009) were the most unstable, while 16 (201837B016), 7 (201837B007), 24 (BRS 511) and 21 (201837B021) were the most stable.

Key words: *Sorghum bicolor*; ethanol; sorghum breeding; genotypes x environments interaction.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil é considerado referência mundial em energia renovável, qualificado como líder no mercado exportador, principalmente de etanol, na cadeia produtiva de biocombustíveis. O uso de fontes renováveis para geração de energia reduz automaticamente o consumo das alternativas não renováveis, derivadas prioritariamente do petróleo, contribuindo para um maior equilíbrio entre a produção e o consumo de CO₂ no meio ambiente (Filho Pereira et al., 2010).

O setor sucroenergético brasileiro é basicamente abastecido por apenas um tipo de matéria-prima, a cana-de-açúcar, uma cultura que apresenta algumas limitações de cultivo (CONAB, 2020). Além disso, existe uma lacuna devido à falta de matéria-prima para abastecer as usinas durante a entressafra da cana-de-açúcar. Diante deste contexto, o sorgo sacarino torna-se excelente alternativa pois apresenta colmos com caldo semelhante ao da cana-de-açúcar, rico em açúcares servindo para produção de etanol na mesma instalação utilizada para essa (Zegada-Lizarazu; Monti, 2012). Trata-se de uma espécie de ciclo rápido, tolerante à seca e totalmente mecanizável atingindo alta produtividade de biomassa verde e rendimentos de etanol chegando a cerca de 3.000 L ha⁻¹, num ciclo de aproximadamente 110 a 150 dias (Durães, 2011).

Os rendimentos obtidos na cultura do sorgo sacarino são diretamente influenciados pelo comprimento dos dias e pela radiação solar (Cowley e Smith, 1972), podendo ser classificado como sensíveis ou insensíveis ao fotoperiodismo. Em cultivares sensíveis à gema vegetativa permanece ativa até que os dias encurtem o bastante para haver diferenciação floral, e quando semeadas entre setembro e outubro, em regiões com fotoperíodos maiores que 12 horas e 20 minutos, apresentam alto desempenho agrônômico devido à ampliação do ciclo vegetativo e consequentemente da produtividade (Parrella et al., 2010).

A identificação e indicação de cultivares com alto potencial produtivo, estáveis e adaptadas às regiões de cultivo são alguns dos principais objetivos dos programas de melhoramento genético de sorgo sacarino. O estudo sobre o desempenho dos híbridos em diferentes locais e a dinâmica da interação genótipos x ambientes é de grande importância, pois seleciona aqueles mais adaptados e estáveis, principalmente às condições de déficit hídrico, viabilizando o cultivo em regiões com limitações na ocorrência de precipitação, como nas regiões de clima semiárido ou no centro-oeste e sudeste, em períodos de segunda Safra (Menezes et al., 2015).

O Programa de Melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo vem realizando estudos com o sorgo sacarino nos últimos anos, com o intuito de buscar novos materiais superiores aos já existentes no mercado. Uma das etapas deste programa é a realização de ensaios de valor de cultivo e uso (VCU), nos quais são avaliados, em vários anos e locais de diferentes regiões brasileiras, híbridos e/ou variedades que apresentaram maior potencial produtivo em ensaios de avaliação preliminar e em VCUs de anos anteriores (May et al., 2012).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo verificar a presença da interação genótipos x ambientes em híbridos de sorgo sacarino em diferentes regiões brasileiras, bem como identificar os materiais mais produtivos estáveis para produção de matéria verde.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DO SORGO

O sorgo, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, provavelmente surgiu na Abissínia, nome antigo da atual Etiópia, cerca de 5.000 anos atrás. Existe uma grande divergência nos estudos da domesticação do sorgo (de Wet e Huckabay, 1967). Santos et.al (2005) relata que o sorgo possivelmente surgiu há cerca de 7.000 anos na Etiópia, através da seleção de espécies silvestres (*Sorghum arundinaceum* ou *Sorghum verticilliflorum*) atingindo posteriormente a Índia e a Tailândia, alcançando a Europa e a China no século III d.C. No Brasil a cultura teve um avanço na década de 70 do século passado quando seu valor comercial foi considerado significativo. É o quinto cereal do mundo em área cultivada, sendo uma cultura de grande importância no Brasil, devido ao grande potencial de produção de grãos, vassoura, forragem, álcool e biomassa e de sua adaptabilidade às condições edafoclimáticas, além de ser uma cultura mecanizável da semeadura à colheita (Ribas, 2003).

O sorgo é uma planta autógama, com baixa fecundação cruzada, apresentando um metabolismo C4 e altas taxas fotossintéticas. A cultura possui uma boa adaptação a diversos ambientes e produz sob condições desfavoráveis à maioria dos outros cereais. Por apresentar resistência à seca, o sorgo é amplamente recomendado para regiões que apresentam escassez hídrica (Tabosa et al., 2002; Monteiro et al., 2004).

O sorgo é classificado agronomicamente em cinco grupos: granífero, sacarino, forrageiro, biomassa e vassoura. O sorgo granífero é voltado para a produção de grãos, apresentando porte baixo adaptado à colheita mecânica. O segundo grupo apresenta uma planta de porte mais alto, voltado principalmente para a produção de etanol de primeira e segunda geração. Já o forrageiro é utilizado principalmente para silagem e pastejo, complemento alimentar para gado, fenação e cobertura morta. O sorgo biomassa também apresenta plantas de grande porte com um rápido crescimento e alta produção de matéria seca, destinados a usinas termoelétricas e indústrias. Por sua vez, o grupo de sorgo do tipo vassoura é usado para confecção artesanal de vassouras (Ribas, 2007).

2.2 SORGO SACARINO

O sorgo sacarino é um tipo de sorgo com alto potencial forrageiro, se assemelhando à cana-de-açúcar, por apresentar colmos suculentos com altos teores de açúcares fermentescíveis. Além disso, oferece vantagens como: rapidez no ciclo (quatro meses); cultura totalmente mecanizável, desde o plantio até a colheita; produção de grãos em torno de 2,5 t ha⁻¹, que podem ser utilizados para alimentação humana, animal ou para a produção de biocombustível; utilização do bagaço como fonte de energia para industrialização, cogeração de eletricidade ou forragem para animais, contribuindo para um balanço energético favorável (Parrela et al. 2011).

Durões et.al (2014), destaca que sorgo sacarino é uma espécie agrícola rústica, com boa adaptação a estresses ambientais, como temperatura e umidade, mas também apresenta boa resposta à aplicação de insumos modernos e implementos tecnológicos. Sua adaptabilidade a diferentes condições ambientais, possibilita a produção de etanol durante o período da entressafra da cana-de-açúcar, época em que as usinas de beneficiamento da cana ficam ociosas e a produção de etanol diminui consideravelmente no país. Vale ressaltar que a aplicação do sorgo não visa substituir a cana-de-açúcar, mas sim proporcionar uma ampliação no período de processamento das usinas.

O Programa de Melhoramento de sorgo sacarino na Embrapa Milho e Sorgo teve início na década de 1970 devido ao programa Pró Álcool em que o governo incentivou as microdestilarias a usarem sorgo como matéria prima. No início da década de 1980, a Embrapa selecionou variedades de sorgo sacarino – BR 500, BR 501, BR 502, BR 503, BR 504 e BR 505, derivadas das variedades Rio, Brandes, Roma, Theis, Dale e Wray, respectivamente. A partir de 1987 foram desenvolvidas variedades e híbridos com potencial superior para a produção de etanol e/ou produção de silagem. Dentre estes materiais citam-se as variedades BR 506 e BRS 507, e os híbridos BRS 601 e BRS 602. Durante a década de 90 com a estagnação do programa Pró Álcool houve uma desaceleração no programa de melhoramento que só teve reinício em 2008 devido crescente demanda por energia renováveis e biocombustíveis (Parrela et al., 2012). **(Figura 1).**

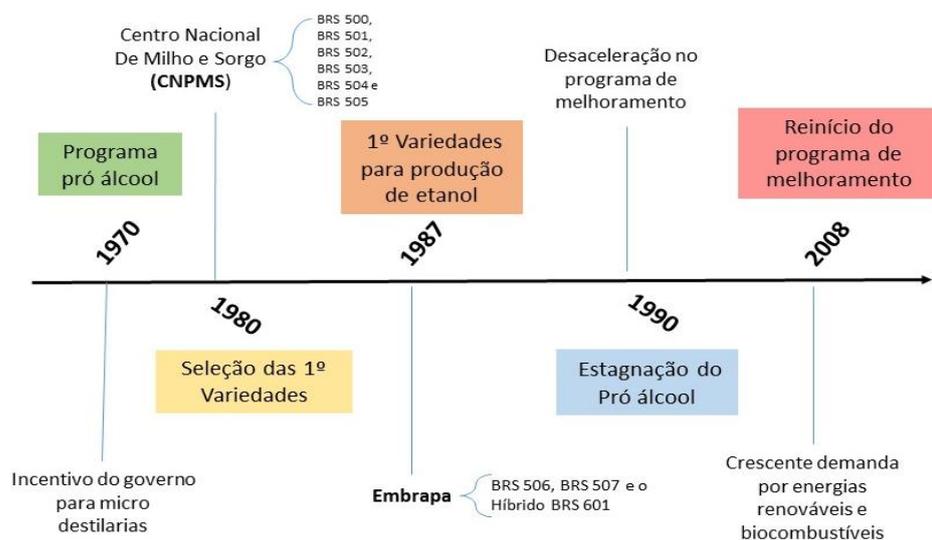


Figura 1. Linha do tempo esquematizando o programa de melhoramento genético do sorgo sacarino da Embrapa Milho e Sorgo.

As usinas vêm buscando matéria prima como alternativa para o uso industrial durante a entressafra de cana de açúcar , sob essa perspectiva o sorgo sacarino entra como uma excelente matéria prima complementar de alta qualidade e ampliando a utilização do parque industrial, otimizando os recursos com redução de custos de eficiência do uso de insumos.

2.3 INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES (INTERAÇÃO G X A)

A resposta distinta dos genótipos, em diferentes ambientes é denominada interação genótipos x ambientes (BORÉM, 1998). Segundo Roberston (1959), essa interação pode ser simples em que os genótipos apresentam variações nos ambientes em magnitude que não interferem em suas recomendações de uso, ou complexa, em que os genótipos apresentam diferentes respostas às variações ambientais, com significativa magnitude que influencia suas recomendações de cultivo, ou seja, os melhores genótipos em um local podem não o ser necessariamente os melhores em outros locais. Essas respostas podem ser classificadas como previsíveis, formadas por fatores permanentes como clima, tipo de solo e comprimento do dia, e imprevisíveis, como distribuição de chuva (Allard e Bradshaw, 1964).

As interações complexas são de suma importância para o melhoramento, pois influenciam diretamente em uma seleção eficiente e precisa, para futuras recomendações (Baker, 1988; Crossa & Cornelius, 1997). Se não existisse interação, uma cultivar sobressairia às demais, podendo ser recomendada no mundo inteiro, bastando somente um único experimento para sua avaliação (Gauch & Zobel, 1996; Rodrigues et al., 2014).

Existem diversos métodos estatísticos para avaliação da interação $G \times E$ e estão disponíveis no sentido de entender melhor este efeito, no entanto, a escolha do método mais adequado depende dos dados experimentais. (Arciniegas-Alarcón et Hongyu et al., 2014). Um dos métodos mais utilizados para avaliação da interação $G \times A$ é a análise de variância (ANOVA), por meio da análise conjunta dos experimentos de avaliação de diferentes genótipos em dois ou mais ambientes. Lavoranti (2000) explica que a análise conjunta proporciona a estimação da interação $G \times A$ que estaria confundida com a variância devido a genótipos na análise individual por ambientes.

Em geral, a interação $G \times A$ tem um impacto em todas as fases de um programa de melhoramento e apresenta grandes implicações na alocação de recursos. Pode-se citar, como exemplo, o efeito negativo da interação na herdabilidade, pois quanto maior o componente da interação menor a estimativa de herdabilidade e, conseqüentemente, mais limitado o progresso da seleção (Souza, 2011).

Os estudos a respeito da interação $G \times A$ são de grande importância para o melhoramento, no entanto não proporcionam informações detalhadas sobre o comportamento de cada genótipo em relação às variações ambientais. Por isso, utilizam-se análises de adaptabilidade e estabilidade, nas quais torna-se possível a identificação de cultivares de comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientes, em condições específicas ou amplas (Cruz et al., 2004).

Adaptabilidade está relacionada com a capacidade que os genótipos têm de responderem benéficamente à melhoria do ambiente, enquanto a estabilidade refere-se à capacidade de os genótipos apresentarem comportamento altamente previsível em função das variações ambientais (Mariotti et al., 1976). Para Gallais (1992) adaptabilidade refere-se a uma condição e não a um processo, indicando que um genótipo apresenta um alto desempenho em condições ambientais no qual está adaptado.

Backer (1981) afirmou que a estabilidade pode ser classificada em dois tipos, no sentido agrônômico e no sentido biológico. O aspecto agrônômico está relacionado com o comportamento dos genótipos no ambiente, permitindo identificar os mais estáveis. Já o aspecto biológico está relacionado com o coeficiente de variação, estabelecendo uma razão inversamente proporcional à estabilidade, ou seja, quanto menor o valor de coeficiente de variação maior é a estabilidade do genótipo. Lin et al., 1986 e Lin e Binns, 1988, adotaram quatro tipos de classificações; tipo 1: em que o genótipo é considerado estável se sua variação nos ambientes é pequena, tipo 2: o genótipo é considerado estável se sua resposta aos ambientes é paralela ao desempenho médio de todos os genótipos, tipo 3: o genótipo é considerado estável se o quadrado médio dos desvios de regressão que avalia a estabilidade é pequeno e por fim o tipo 4: o genótipo é considerado estável se o quadrado médio da interação genótipos x anos dentro de locais for pequeno.

Os estudos da adaptabilidade e estabilidade fornecem informações detalhadas sobre o comportamento de cultivares em diversos ambientes, de forma a recomendar com mais segurança as cultivares mais adaptadas tanto a ambientes específicos, como a todos aqueles que ocorrem dentro de uma determinada área (SOUZA, 2011). As metodologias para estudo de adaptabilidade e estabilidade são várias e, à medida que foram sendo desenvolvidas, houve a tendência do aumento no número de parâmetros para se avaliar a performance dos cultivares, o que tem tornado a interpretação mais precisas (Cruz et al., 2004).

Existem vários métodos de análise da adaptabilidade e da estabilidade, Tradicional; Plaisted e Peterson (1959); Finlay e Wilkinson (1963); Eberhart e Russell (1966); Perkins e Jinks (1968); Tai (1971); Wricke e Weber (1985); Silva e Barreto (1986); Lin e Binns (1988); Cruz et al. (1989) e Annicchiarico (1992), cada qual com seu conceito de estabilidade, adaptabilidade e princípio estatístico empregado (Cruz et al., 2004). A metodologia mais antiga para avaliar tal performance genotípica é a tradicional análise de grupos de experimentos, em que as variações de ambiente dentro de cada genótipo são usadas como estimador do parâmetro estabilidade, de modo que o genótipo que apresenta menor quadrado médio, será considerado mais estável (Bonato, 1978).

Annicchiarico (1992) propôs uma metodologia que estima o risco da adoção de uma cultivar em relação às demais, possuindo como estatística o índice de confiança (Ii), cujo resultado é expresso em porcentagem em relação à média dos ambientes analisados. Annicchiarico (2002) relata que o nível de confiança para o seu próprio teste pode variar de 70 até 95% para a agricultura moderna. No entanto, quanto maior o nível de confiança, mais difícil torna a distinção dos genótipos superiores, levando os pesquisadores da área a usarem apenas 75% como nível de confiança.

Yan et al. (2000), propôs o modelo GGE biplot (*genotype main effects + genotype environment interaction*), em que considera o efeito principal de genótipo mais a interação genótipos e ambientes. Essa análise agrupa o efeito aditivo de genótipo com o efeito multiplicativo da interação GE. O que torna esse método mais eficiente dos demais, é que a partir do cosseno do ângulo entre dois ambientes, obtém-se a correlação genética entre eles (Yan, 2011; Yan et al., 2007).

Neste trabalho foram comparados os métodos de Annicchiarico (1992) e o GGE biplot propostos por Yan et al. (2000). A escolha do método de Annicchiarico (1992) foi devido a sua fácil interpretação, além disso, este método tem a vantagem de auxiliar na recomendação das cultivares considerando o risco de apresentarem desempenho abaixo de um dado padrão, como, por exemplo, a média geral. Quanto maior o índice de confiança do genótipo, menor será sua probabilidade de insucesso (Gomes et al., 2002). Já o método O GGE biplot foi escolhido devido ao número de ambientes deste trabalho, pois sua análise busca explorar os ensaios multiambientais, permitindo assim visualizações dos gráficos de biplot as relações entre os ambientes de teste, genótipos e interação genótipo por ambiente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAIS E CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

Em Sete Lagoas-MG, o experimento foi realizado na estação experimental da Embrapa Milho e Sorgo, localizada nas coordenadas 19°27'57" Sul e 44°14'49" Oeste, numa altitude de 767 m. O clima de acordo com *Köppen* é caracterizado como mesotérmico úmido, apresentando verão quente e chuvoso e inverno seco. Já o experimento de Sinop-MT, foi realizado na área experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, 11°51'43" Sul, 55°35'27" Oeste e 384 m de altitude. Clima caracterizado como tropical com verão chuvoso e inverno seco, com 90% da precipitação ocorrendo entre outubro e abril (Souza et al., 2013). Por sua vez, Jaguariúna-SP, local do terceiro experimento, apresenta altitude de 593 m e coordenadas 22°42'49,73" Sul e 47°1'18,73" Oeste. O clima segundo a classificação de *Köppen* é caracterizado como quente e temperado apresentando pluviosidade significativa ao longo do ano.

3.2 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Os experimentos de avaliação de 25 genótipos de sorgo sacarino (Tabela 1) foram conduzidos em delineamento de blocos ao acaso com três repetições, em seis ambientes (três locais de cultivo x duas safras agrícolas) (Tabela 2). As parcelas experimentais foram formadas por duas linhas de cinco metros espaçadas 0,7 m entre fileiras. Assim, foram avaliados 21 híbridos experimentais e quatro variedades, sendo duas destas cultivares comerciais, nos períodos da Primeira Safra 2018 e Segunda Safra 2019 em Sinop-MT, Sete Lagoas-MG e Jaguariúna-SP (Tabela 2).

Tabela 1. Identificação dos 25 genótipos de sorgo avaliados em seis diferentes condições de cultivos (ambientes)

Genótipos	Identificação	Tipo	Genótipos	Identificação	Tipo
1	201837B001	Híbrido	14	201837B014	Híbrido
2	201837B002	Híbrido	15	201837B015	Híbrido
3	201837B003	Híbrido	16	201837B016	Híbrido
4	201837B004	Híbrido	17	201837B017	Híbrido
5	201837B005	Híbrido	18	201837B018	Híbrido
6	201837B006	Híbrido	19	201837B019	Híbrido
7	201837B007	Híbrido	20	201837B020	Híbrido
8	201837B008	Híbrido	21	201837B021	Híbrido
9	201837B009	Híbrido	22	CMSXS643	Variedades
10	201837B010	Híbrido	23	CMSXS646	Variedades
11	201837B011	Híbrido	24	BRS511	Comerciais
12	201837B012	Híbrido	25	BRS508	Comerciais
13	201837B013	Híbrido			

Tabela 2. Ambientes (local x época) de avaliação e identificação (X) das características avaliadas em cada ambiente.

Cidade/Período	Características				
	Ambiente	Flor	TBH	SST	PMV
Sete Lagoas_Safra2018	1	X	X	X	X
Sinop_Safra2018	2	X	X	X	X
Jaguariúna_Safra2018	3	X	X	X	X
SeteLagoas_Safrinha2019	4	X	X	X	X
Sinop_Safrinha2019	5				X
Jaguariúna_Safrinha2019	6				X

3.3 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

Em cada parcela experimental foram mensuradas as seguintes características:

- Florescimento (FLOR) – Obtido pelo número de dias decorridos do plantio até o ponto em que 50% das plantas da parcela floresceram.
- Produção de massa verde (PMV) – Obtida de todas as plantas cortadas a cinco centímetros do solo na área útil da parcela (fileira dupla de 5 m) e pesadas (planta inteira

sem panículas) por meio de uma balança suspensão digital, em kg. Os dados ao final foram convertidos em toneladas por hectares ($t \cdot ha^{-1}$).

- Sólidos solúveis totais (SST) – Após a extração do caldo, com auxílio de um refratômetro digital de leitura automática, mediu-se o teor de sólidos solúveis totais (Brix). Os valores são expressos em grau Brix ($^{\circ}Brix$).

- Tonelada de Brix por hectare (TBH) – calculado através da seguinte expressão:

$$TBH = PMV \times SST$$

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram realizadas, para cada característica, análise de variância conjunta, ou seja, considerando os seis ambientes, para PMV e quatro ambientes para demais características. Para as características que demonstraram a ocorrência de interação significativa entre genótipos e ambientes, foi realizado o desdobramento da interação, avaliando os genótipos dentro de cada ambiente. Para tanto, os dados obtidos foram analisados utilizando-se os recursos computacionais do programa GENES (Cruz, 2016).

As características mensuradas foram submetidas a uma análise de variância, conforme o delineamento em blocos ao acaso, com três repetições, em seis ambientes, de acordo com o modelo genético estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + B/A_{jk} + e_{ijk} ;$$

em que:

Y_{ijk} = observação da característica no k-ésimo bloco, avaliada dentro do j-ésimo ambiente no i-ésimo genótipo;

μ = média geral;

G_i = efeito do i-ésimo genótipo considerado aleatório;

A_j = efeito do j-ésimo ambiente, considerado fixo;

GA_{ij} =efeito da interação entre o i-ésimo genótipo e o j-ésimo ambiente, considerado aleatório;

B/A_{jk} =efeito do k-ésimo bloco dentro do j-ésimo ambiente, considerado aleatório; e

e_{ijk} =efeito do erro experimental associado à observação de ordem ijk, considerado aleatório.

Tabela 3. Esquema da análise de variância com as respectivas fontes de variação (FV); graus de liberdade (GL); quadrados médios (QM), esperanças de quadrados médios [E(QM)]; e estatística F

FV	GL	QM	E (QM) ^{1/}	F
Blocos/Ambientes	(b - 1)a	QMB	$\sigma^2 + g\sigma_B^2$	
Ambiente (A)	a - 1	QMA	$\sigma^2 + g\sigma_B^2 + gb\sigma_A^2$	QMA/QMB
Genótipos (G)	g - 1	QMG	$\sigma^2 + \frac{bg}{g-1}\sigma_{GA}^2 + ab\Phi_G$	QMG/QMGA
G x A	(a - 1)(g - 1)	QMGA	$\sigma^2 + \frac{bg}{g-1}\sigma_{GA}^2$	QMGA/QMR
Resíduo	(g - 1)(b - 1)a	QMR	σ^2	
Total	bga - 1			

a = número de ambientes; b = número de blocos; g = número de genótipos

Na Tabela 3, é apresentado o esquema da análise de variância conjunta, com as respectivas esperanças de quadrados médios, sendo que, com exceção de ambientes, as demais fontes de variação foram consideradas aleatórias.

Para garantir a possibilidade de realização de análise conjunta dos experimentos, para características onde a razão entre o maior e o menor quadrado médio de resíduos das análises individuais superaram o valor sete, foi realizado o ajuste proposto por Cochran (1954) para as características de florescimento (Flor) e produção de massa verde (PMV)

3.5 ANÁLISE DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE

Para análise de adaptabilidade e estabilidade a característica analisada foi produção de massa verde (PMV). As metodologias utilizadas são descritas a seguir.

3.5.1 METODOLOGIA DE ANNICCHIARICO

A metodologia proposta por Annicchiarico é baseada no índice de confiança (W_i), com intuito de apresentar aos agricultores o risco de adotar uma cultivar que apresente um desempenho inferior à média geral das demais. É considerado ideal o genótipo que apresentar o menor risco de ser adotado, isto é, deve apresentar o maior índice de confiança. Para isso os genótipos precisam apresentar maior média percentual e menor desvio.

O modelo é o seguinte:

$$W_i = Y_i - Z(1-\alpha) \cdot S_i$$

Onde:

W_i : índice de confiança (%);

Y_i : média do genótipo i em percentagem;

Z : percentil $(1-\alpha)$ da função de distribuição normal acumulada, com $\alpha = 0,25$;

S_i : desvio padrão dos valores percentuais.

O índice de recomendação pode ser referente aos ambientes favoráveis ou desfavoráveis, considerando as médias e desvios respectivos a cada tipo de ambiente.

Dessa forma:

$$W_i(f) = Y_i(f) - Z(1-\alpha) \cdot S_i(f)$$

Índice de confiança para os ambientes favoráveis [$W_i(f)$], é dado pela média do genótipo i em percentagem [$Y_i(f)$], e desvio-padrão dos valores percentuais [$S_i(f)$], considerando apenas os ambientes favoráveis.

$$W_i(d) = Y_i(d) - Z(1-\alpha) \cdot S_i(d)$$

Índice de confiança [Wi(d)], média do genótipo i em percentagem [Yi.(d)], e desvio-padrão dos valores percentuais [Si(d)], considerando apenas os ambientes desfavoráveis.

3.5.2 METODOLOGIA GGE BIPLLOT

Para a metodologia GGE Biplot foi realizada a análise pelo método da decomposição do valor singular (SDV), da matriz de dupla entrada G + GA pelo modelo (YAN, 2001):

$$G + GA_{(g+ga)} = [(g + ga)] = \sum_{K=1}^n \lambda_K \gamma_{iK} \delta_{jK} + \rho_{ij}$$

Onde:

$G + GA_{(g+ga)}$: matriz dos efeitos dos g genótipos somados aos efeitos das interações dos g genótipos por a ambientes;

λ_K : valor singular do k -ésimo eixo dos componentes principais;

γ_{iK} e δ_{jK} : autovetores dos componentes principais genotípicos e ambientais para o k -ésimo eixo, respectivamente;

n : número dos componentes principais retidos do modelo;

ρ_{ij} : ruído de ajuste do modelo multiplicativo.

A partir dos escores dos genótipos e dos ambientes foram gerados vários tipos de gráficos Biplots para melhor entendimento acerca da inter-relação entre genótipos e/ou ambientes, conforme Yan e Tinker (2006).

Para as análises de variância e Annicchiarico foi utilizado o software Genes (CRUZ, 2016), e para a análise GGE Biplot foi utilizado o recurso computacional do programa R (3.3.1).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DE VARIÂNCIA

A análise de variância conjunta confirmou a ocorrência de interação G x A para todas as características mensuradas. (Tabela 4). O coeficiente de variação variou de 3,18 % para florescimento (FLOR) a 18,7% para tonelada de brix por hectare (TBH), cujas magnitudes são aceitáveis segundo critério estabelecido por Pimentel Gomes (2000), corroborando com resultados encontrados por Oliveira et al. (2017), em trabalho realizado com linhagens de sorgo sacarino

A significância da interação genótipos x ambientes indica que, para as características avaliadas, os genótipos respondem de forma diferenciada às variações ambientais. Esse fato está relacionado às diferenças em aspectos macroambientais dos locais, especialmente climáticos, a exemplo da temperatura e da pluviosidade, que têm influência na expressão dos caracteres agronômicos.

Tabela 4. Resumo da análise de variância conjunta dos caracteres agronômicos florescimento (FLOR, dias), sólidos solúveis totais (SSV, °Brix) e tonelada de Brix por hectare (TBH, t ha⁻¹) relativo à avaliação de híbridos de sorgo sacarino em Sete Lagoas e Sinop na Safra 2018/2019 e Safrinha 2019.

FV	Flor		TBH		SST	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Blocos /Amb	8	12,32	8	5,45	8	4,27
Genótipos	24	1880,93**	24	22,43*	24	24,15*
Ambientes	3	14963,43**	3	352,83**	3	242,86**
Gen x Amb	57	780,62**	72	11,54**	72	12,08**
Gen/Amb	96	933,73**	96	14,26**	96	15,10**
Gen/Amb 1	24	2319,56**	24	19,73**	24	10,96**
Gen/Amb 2	24	1336,94**	24	26,95**	24	23,97**
Gen/Amb 3	24	51,66**	24	4,40*	24	7,67**
Gen/Amb 4	24	26,75**	24	5,96**	24	17,78**
Resíduo	137	6,46	192	2,18	192	1,91
Média		79,87		18,12		14,49
CV		3,18		18,7		9,54

*,** significativo a 1 e 5% pelo teste F, respectivamente.

A tabela 5 mostra a análise conjunta feita para produção de massa verde (PMV) em seis ambientes. O coeficiente de variação foi de 23,12 % valor semelhante ao encontrado

por Martins et.al (2014) que foi de 23,53 em um estudo de avaliação de cultivares de sorgo sacarino em Sete Lagoas- MG.

Tabela 5. Resumo da análise de variância conjunta para produção de massa verde (PMV - t ha⁻¹) relativo à avaliação de híbridos de sorgo sacarino em Sete Lagoas, Sinop e Jaguariúna na Safra 2018/2019 e Safrinha 2019.

FV	PMV	
	GL	QM
Blocos /Amb	12	771,28
Genótipos	24	15,91 ^{ns}
Ambientes	5	34058,59 ^{**}
Gen x Amb	66	1384,72 ^{**}
Gen/Amb	144	899,85 ^{**}
Gen/Amb 1	24	402,95 ^{**}
Gen/Amb 2	24	1390,35 ^{**}
Gen/Amb 3	24	3340,24 ^{**}
Gen/Amb 4	24	132,66 ^{ns}
Gen/Amb 5	24	62,12 ^{ns}
Gen/Amb 6	24	70,76 ^{ns}
Resíduo	143	187,81
Média		59,27
CV		23,12

*,**, ns significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Houve interação genótipo x ambiente, no entanto nos desdobramentos de genótipo dentro de ambiente teve diferenças. Nos ambientes relacionados a primeira safra (1, 2 e 3) houve interação a nível de significância 1%, ou seja, significa que os genótipos respondem diferente dentro dos ambientes safras para a característica produção de massa verde (PMV) nas cidades estudadas. Para os ambientes safrinhas (4, 5 e 6) não apresentaram significância, fato que leva a concluir que a variação ambiental não influencia o desempenho dos genótipos nas características estudada, apresentando assim comportamentos semelhantes na safrinha. Contudo na safrinha o comprimento do dia é menor, as plantas florescem rapidamente e conseqüentemente produzem menor quantidade de massa verde.

Na tabela 6 está apresentada a média de produção de massa verde (PMV) avaliada dos 25 genótipos de sorgo sacarino, agrupados pelo teste Scott e Knott a 5% de

probabilidade. O híbrido 18 (201837B018) apresentou uma média de 80,79 t ha⁻¹, chegando a uma produtividade de 157 t ha⁻¹ na primeira safra em Jaguariúna, seguido pelo genótipo 17(201837B017) e 14 (201837B018) com medias de 72 t ha⁻¹, ficando com valores muito acima das cultivares comerciais que apresentaram entre 46 e 48 t ha⁻¹. Esses rendimentos se assemelham com os encontrados por Almodares & Hadi (2009) com híbrido apresentando uma produtividade de 128,8 t ha⁻¹ em estudo de variedades, linhagens e híbridos. Souza et al. (2011) encontraram uma grande variabilidade para as características produção de massa verde, em experimento realizado no norte de Minas Gerais, com resultados que variaram de 25,81 t ha⁻¹ a 71,05 t ha⁻¹ em produção de massa verde e de 8,7 a 21,7 ° Brix no teor de sólidos solúveis totais. Em relação à segunda a safra não houve diferenças entre genótipos para os três locais.

O TSS está diretamente relacionado com o conteúdo total de açúcares, podendo desta forma ser utilizado como parâmetro na seleção e desenvolvimento de novos genótipos ricos em açúcares (Kawahigashi et al. 2013). Para sólidos solveis totais (SST) as médias variaram entre 12,8 °Brix e 16,4 °Brix com a variedade 25 (BRS 508) chegando a 17,36% (Tabela 7). Resultados semelhantes foram encontrados por Biondo et al. (2019) onde as variedades BRS506 e o híbrido CV007 apresentaram valores de 17,6 °Brix e 17,4 °Brix, respectivamente. Pereira Filho et al. (2013) encontraram valores máximos de 15,93 °Brix e 16,04 °Brix, para as variedades BRS505 e BRS501, respectivamente, enquanto que o híbrido forrageiro BR601 apresentou o menor valor (14,88 °Brix). Ratnavathi et al. (2012), em estudo realizado na Índia, com doze genótipos de sorgo sacarino semeados em quatro meses distintos e colhidos próximo à maturação fisiológica, obtiveram percentuais médios variando entre 14 e 19 °Brix.

Tabela 6. Valores médios para produção de massa verde (PMV) em ton.ha⁻¹ de 25 genótipo de sorgo sacarino para as cidades de Sete Lagoas, Sinop e Jaguariúna nos períodos de 1º Safra 2018/2019 e 2º Safra 2019

Genótipo	Sete Lagoas						Sinop						Jaguariúna						Média
	1º Safra		2º Safra		1º Safra		2º Safra		1º Safra		2º Safra		1º Safra		2º Safra				
1	75,28	b	B	47,04	a	C	55,39	c	C	40,65	a	C	105,38	c	A	40,43	a	C	60,70
2	84,52	a	A	47,04	a	C	61,81	c	B	42,42	a	C	63,25	f	B	42,24	a	C	56,88
3	93,33	a	A	43,04	a	B	54,77	c	B	37,51	a	B	107,85	c	A	36,36	a	B	62,14
4	72,37	b	B	45,99	a	C	45,5	d	C	38,46	a	C	110,82	c	A	32,72	a	C	57,64
5	77,18	b	A	46,95	a	B	62,77	c	A	45,04	a	B	71,903	e	A	46,11	a	B	58,33
6	73,57	b	A	49,14	a	B	63,91	c	A	37,47	a	B	60,043	f	A	40,66	a	B	54,13
7	87,66	a	A	48,85	a	C	72,34	c	B	33,08	a	C	95,25	d	A	41,96	a	C	63,19
8	80,99	a	A	51,33	a	B	59,53	c	B	48,51	a	B	75,98	e	A	42,54	a	B	59,81
9	71,52	b	B	41,8	a	C	38,34	d	C	42,7	a	C	113,78	c	A	39,27	a	C	46,24
10	84,9	a	A	55,71	a	C	65,24	c	B	39,8	a	C	48,8	g	C	41,22	a	C	55,95
11	61,33	b	A	40,28	a	B	40,53	d	B	45,18	a	B	46,95	g	B	36,36	a	B	45,11
12	57,47	b	A	27,71	a	B	45,86	d	A	40,62	a	B	46,7	g	A	36,73	a	B	42,52
13	71,23	b	B	34,47	a	D	65,05	c	B	50,89	a	C	149,73	a	A	35,24	a	D	67,77
14	95,8	a	B	42,47	a	C	85,2	b	B	36,6	a	C	131,57	b	A	43,18	a	C	72,47
15	89,42	a	B	37,9	a	C	95,24	b	B	41,88	a	C	124,29	c	A	32,34	a	C	70,18
16	80,18	a	B	36,19	a	C	111,86	a	A	41,7	a	D	123,96	c	A	32,01	a	C	70,98
17	78,75	a	C	40,18	a	D	97,39	b	B	45,89	a	D	136,15	b	A	37,27	a	D	72,61
18	97,66	a	C	42,66	a	D	117,48	a	B	41,18	a	D	157,96	a	A	27,79	a	D	80,79
19	78,28	a	A	46	a	B	65,53	c	A	35,18	a	B	82,283	e	A	35,15	a	B	57,07
20	71,09	b	A	44,38	a	B	55,43	c	B	46,94	a	B	69,33	e	A	42,15	a	B	54,89
21	62,52	b	A	55,04	a	A	52,81	c	A	46,32	a	B	64,12	f	A	42,41	a	B	53,87
22	71,52	b	A	54,19	a	B	53,96	c	B	47,08	a	B	75,86	e	A	42,22	a	B	57,47
23	69,61	b	B	46,18	a	C	47,53	d	A	37,28	a	C	89,22	d	A	45,2	a	C	55,84
24	65,283	b	A	36,19	a	B	47,01	d	C	36,46	a	B	66,22	f	A	33,75	a	B	47,49
25	52,853	b	A	42,76	a	A	43,2	d	A	43,75	a	A	53,99	g	A	32,96	a	A	44,92
Média	73,37			44,13			64,14			41,70			90,85			38,33			58,76

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL constituem grupo estatisticamente homogêneo

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL constituem grupo estatisticamente homogêneo

Tabela 7. Valores médios para sólido solúveis totais (SST) em ton.ha⁻¹ de 25 genótipo de sorgo sacarino para as cidades de Sete Lagoas e Sinop nos períodos

Genótipo	Sete Lagoas				Sinop				Média
	1º Safra		2º Safra		1º Safra		2º Safra		
1	16,00	a A	13,53	a B	12,03	c B	14,06	d B	13,91
2	12,07	c B	13,97	a B	16,70	b A	16,17	c A	14,73
3	10,83	c B	13,37	a A	12,47	c B	14,77	c A	12,86
4	10,50	c A	9,53	c A	10,17	c A	11,63	d A	10,46
5	11,53	c B	13,03	a B	16,13	b A	13,67	d B	13,59
6	12,23	c B	13,13	a B	15,30	b A	16,33	c A	14,25
7	14,60	b A	11,53	b B	15,77	b A	13,87	d A	13,94
8	11,93	c B	12,80	a B	15,90	b A	15,47	c A	14,03
9	11,00	c B	12,60	a A	10,47	c B	14,67	c A	12,18
10	12,60	c B	13,17	a B	17,47	a A	17,33	b A	15,14
11	10,10	c B	11,10	b B	17,30	a A	15,17	c A	13,42
12	11,77	c B	11,60	b B	18,50	a A	18,57	b A	15,11
13	14,80	b B	8,90	c C	17,20	a A	14,90	c B	13,95
14	16,27	a A	14,93	a A	11,73	c B	13,53	d B	14,12
15	16,60	a A	14,07	a B	11,60	c C	17,93	b A	15,05
16	14,07	b A	14,17	a A	13,63	c A	16,10	c A	14,49
17	16,63	a A	12,67	a B	15,27	b A	16,60	c A	15,29
18	14,17	b A	13,93	a A	14,80	b A	16,47	c A	14,84
19	14,27	b A	11,93	b B	15,13	b A	15,77	c A	14,28
20	12,37	c B	13,93	a B	17,77	a A	19,30	b A	15,84
21	13,00	c C	13,50	a C	17,07	a B	20,33	a A	15,98
22	12,77	c B	12,97	a B	19,50	a A	20,03	a A	16,32
23	13,37	c B	14,37	a B	18,33	a A	18,83	b A	16,22
24	11,60	c B	10,23	c B	19,17	a A	18,53	b A	14,88
25	13,07	c B	15,27	a B	19,63	a A	21,47	a A	17,36
Média	13,13		12,81		15,56		16,46		14,49

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL constituem grupo estatisticamente homogêneo

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL constituem grupo estatisticamente homogêneo

Observa-se na Tabela 8 que as médias de florescimento variaram de acordo com o ambiente estudado; no ambiente de Sete Lagoas entre 73 e 156 dias sendo estas separadas em oito grupos no período de primeira safra e 71 a 83 dias na segunda safra formando quatro grupos pelo teste de Scott e Knott (1974). Os genótipos 5 (201837B005), 6 (201837B006) e 20 (201837020) foram os mais precoces florescendo no período de primeira safra aos 73 dias. Já na segunda safra os híbridos 1 (201837B001) 3 (201837B0030 e 19 (201837B019) floresceram aos 71 dias, sendo os mais precoces nesta condição. Em Sinop os valores variaram entre 66 e 128 dias formando cinco grupos de média, já na segunda safra a variação foi de 58 a 68 dias formando apenas três grupos de médias. O genótipo 21 (201837B021) foi o mais precoce na primeira

safrá, apresentando florescimento com 66 dias enquanto o 11 (201837B011) na segunda safra floresceu em 58 dias. Em relação aos genótipos mais tardios, de forma geral os genótipos 14 (201837B014), 16 (201837B016), 17 (201837B017) e 18 (201837B018) floresceram acima de 100 dias nas duas regiões estudadas. Em estudo desenvolvido em Araripina, região semiárida de Pernambuco (Tabosa et al., 2010) o genótipo mais precoce foi do cultivar BRS 506 atingindo 85 dias para florescimento.

Tabela 8. Valores médios de florescimento (FLOR), em dias, de 25 genótipo de sorgo sacarino para as cidades de Sete Lagoas-MG e Sinop-MT nos períodos de 1ª Safra 2018/2019 e 2ª Safra 2019.

Genótipo	Sete Lagoas				Sinop				Média
	1ª Safra		2ª Safra		1ª Safra		2ª Safra		
1	93,67	e A	71,00	d C	80,67	c B	63,33	b D	77,17
2	74,00	h A	77,33	b A	69,33	e B	60,33	c C	70,25
3	90,00	e A	71,00	d C	80,67	c B	63,33	b D	76,25
4	90,00	e A	71,67	d C	80,33	c B	63,33	b D	76,33
5	72,67	h A	75,00	c A	68,33	e B	60,67	c C	69,17
6	73,33	h A	76,33	c A	69,00	e B	61,00	c C	69,92
7	90,00	e A	73,00	d B	76,00	d B	59,67	c C	74,67
8	77,00	h A	79,33	b A	70,33	e B	60,67	c C	71,83
9	89,00	e A	71,67	d C	76,67	d B	64,00	b D	75,33
10	82,00	g A	76,00	c B	70,33	e C	59,67	c D	72,00
11	73,33	h A	76,00	c A	73,33	e A	58,33	c B	70,25
12	76,00	h A	79,33	b A	69,33	e B	59,00	c C	70,92
13	101,67	d A	83,00	a B	79,33	c C	65,00	b D	82,25
14	149,00	b A	74,00	c C	128,00	a B	68,00	a D	104,75
15	142,00	c A	75,00	c C	117,67	b B	64,67	b D	99,83
16	156,00	a A	73,00	d C	131,00	a B	68,33	a D	107,08
17	147,00	b A	72,33	d C	117,67	b B	65,00	b D	100,50
18	148,00	b A	75,00	c C	128,00	a B	67,67	a D	104,67
19	90,33	e A	71,00	d B	74,33	d B	59,33	c C	73,75
20	73,33	h B	79,33	b A	68,00	e C	59,67	c D	70,08
21	75,33	h B	80,33	b A	66,33	e C	59,00	c D	70,25
22	89,67	e A	83,00	a B	82,33	c B	65,00	b C	80,00
23	79,33	g A	80,00	b A	74,67	d B	61,00	c C	73,75
24	86,00	f A	83,00	a A	80,00	c B	64,33	b C	78,33
25	84,67	f A	83,00	a A	79,33	c B	62,67	b C	77,42
Média	96,13		76,39		84,44		62,52		79,87

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL constituem grupo estatisticamente homogêneo

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL constituem grupo estatisticamente homogêneo

A variável TBH (toneladas de Brix por hectare) vem ganhando grande destaque em programas de melhoramento de sorgo sacarino por abranger características que estão diretamente relacionadas com a produção de etanol por hectare, foco principal da utilização de sorgo sacarino (Fiorini et al., 2016). Conforme a Tabela 9 as médias de TBH superiores foram os genótipos 18 (201837B018), 17 (201837B017), 16 (201837B016), 15(201837B015) e 14 (201837B014) sendo que todos apresentaram valores maiores que o da variedade 22 (CMSXS643) que apresentou um TBH de 9,03. Durães et al (2014) encontraram valores inferiores, com genótipos chegando em valores máximos de TBH de 6,88 e 6,87. Lombardi et al. (2015) analisaram 45 genótipos de sorgo sacarino e concluíram que dentre as principais características analisadas o TBH é a que possui um maior efeito sobre a produtividade.

Tabela 9 Valores médios para tonelada de Brix por hectare (TBH) em ton ha⁻¹ de 25 genótipo de sorgo sacarino para as cidades de Sete Lagoas e Sinop nos períodos de 1º Safra 2018/2019 e 2º Safra 2019,

Genótipo	Sete Lagoas						Sinop						Média
	1º Safra			2º Safra			1º Safra			2º Safra			
1	12,08	b	A	6,36	a	B	6,75	c	B	5,68	b	A	7,72
2	10,19	c	A	6,57	a	B	10,20	b	A	6,86	b	B	8,46
3	10,09	c	A	5,77	a	B	6,83	c	B	5,52	b	A	7,05
4	7,47	d	A	4,35	a	B	4,69	d	B	4,47	b	A	5,24
5	8,89	c	A	6,18	a	B	10,13	b	A	6,16	b	B	7,84
6	8,96	c	A	6,50	a	B	9,76	b	A	6,12	b	B	7,83
7	12,77	a	A	5,62	a	B	11,44	b	A	4,56	b	B	8,60
8	9,68	c	A	6,78	a	B	9,36	b	A	7,51	a	A	8,33
9	7,69	d	A	5,15	a	B	3,98	d	B	6,27	b	A	5,77
10	10,65	b	A	7,39	a	B	11,42	b	A	6,88	b	B	9,09
11	6,19	d	A	4,47	a	A	6,95	c	A	6,87	b	A	6,12
12	6,68	d	A	3,22	a	B	8,50	b	A	7,55	a	A	6,49
13	10,72	b	A	3,00	a	C	11,22	b	A	7,60	a	B	8,14
14	15,58	a	A	6,31	a	C	9,96	b	B	4,96	b	B	9,20
15	14,94	a	A	5,35	a	C	11,17	b	B	7,49	a	B	9,74
16	11,30	b	B	5,18	a	C	15,25	a	A	6,73	b	B	9,62
17	13,11	a	A	5,14	a	C	14,88	a	A	7,59	a	B	10,18
18	13,88	a	B	5,94	a	C	17,41	a	A	6,75	b	B	10,99
19	11,18	b	A	5,52	a	B	9,86	b	A	5,56	b	B	8,03
20	8,78	c	A	6,08	a	B	9,81	b	A	9,06	a	A	8,43
21	8,10	d	A	7,42	a	A	9,13	b	A	9,41	a	A	8,52
22	9,11	c	A	7,05	a	B	10,55	b	A	9,43	a	A	9,03
23	9,30	c	A	6,71	a	A	8,72	b	A	7,06	b	A	7,95
24	7,54	d	A	3,66	a	B	9,07	b	A	6,71	b	A	6,75
25	6,91	d	B	6,58	a	B	8,48	b	A	9,39	a	A	7,84
Média	10,07			5,69			9,82			6,89			8,12

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL constituem grupo estatisticamente homogêneo

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL constituem grupo estatisticamente homogêneo

4.2 ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE

4.2.1 ANNICCHIARICO

Inicialmente para o estudo da adaptabilidade e estabilidade foi calculada a estimativa dos índices ambientais (Ij), para a característica PMV, apresentados na tabela 10. O índice ambiental é a diferença entre a média geral do ambiente e a média geral de todos os ambientes, e classifica o ambiente como favorável quando o índice é positivo e desfavorável quando o índice é negativo,

Tabela 10. Índices Ambientais (Ij) e Classificação dos 6 ambientes de 25 genótipos de sorgo sacarino, na 1º safra 2018/2019 e 2º safra 2019

Ambientes	PMV	Índice (Ij)	Classe
Sete Lagoas 1º Safra	76,18	16,90	Favorável
Sinop 1º Safra	64,15	4,87	Favorável
Jaguariúna 1º Safra	90,86	31,58	Favorável
Sete Lagoas 2º Safra	44,14	-15,14	Desfavorável
Sinop 2º Safra	41,71	-17,57	Desfavorável
Jaguariúna 2º Safra	38,63	-20,64	Desfavorável

A estimativa dos índices ambientais ressaltou os resultados médios obtidos nos experimentos, em que, classificou-os como favoráveis ou desfavoráveis para a característica PMV. Diante disso, os ambientes de segunda safra com valores de Ij negativos foram todos desfavoráveis.

No entanto foi calculado o índice de confiança geral (Wi) para os ambientes favoráveis Wi (f) e para os ambientes desfavoráveis Wi (d) (tabela 11), Estes índices são resultados dos genótipos que apresentaram maior valores de médias e menor desvio padrão (tabela 9), Os híbridos 14 (201837B014), 18 (201837B018), 17 (201837B017), 7 (201837B007), 8 (201837B008), 1 (201837B001) e 15 (201837B0115) apresentaram menores riscos de tender a um comportamento abaixo da média geral. Para os ambientes favoráveis, ou seja, primeira safra, se destacaram os híbridos 18 (201837B018) e 14 (201837B014) com o desempenho de 41,8% e 27,9% acima da média. Além desses, os híbridos 15 (201837B015), 16 (201837B016), 17 (201837B017) e 7 (201837B007) apresentaram desempenho acima da média. No ambiente de segunda safra sete genótipos apresentaram desempenho acima da média, 8 (201837B008), 22 (CMSXS643), 21 (201837B021), 5 (201837B005), 2 (201837B002) e 20 (201837B020)

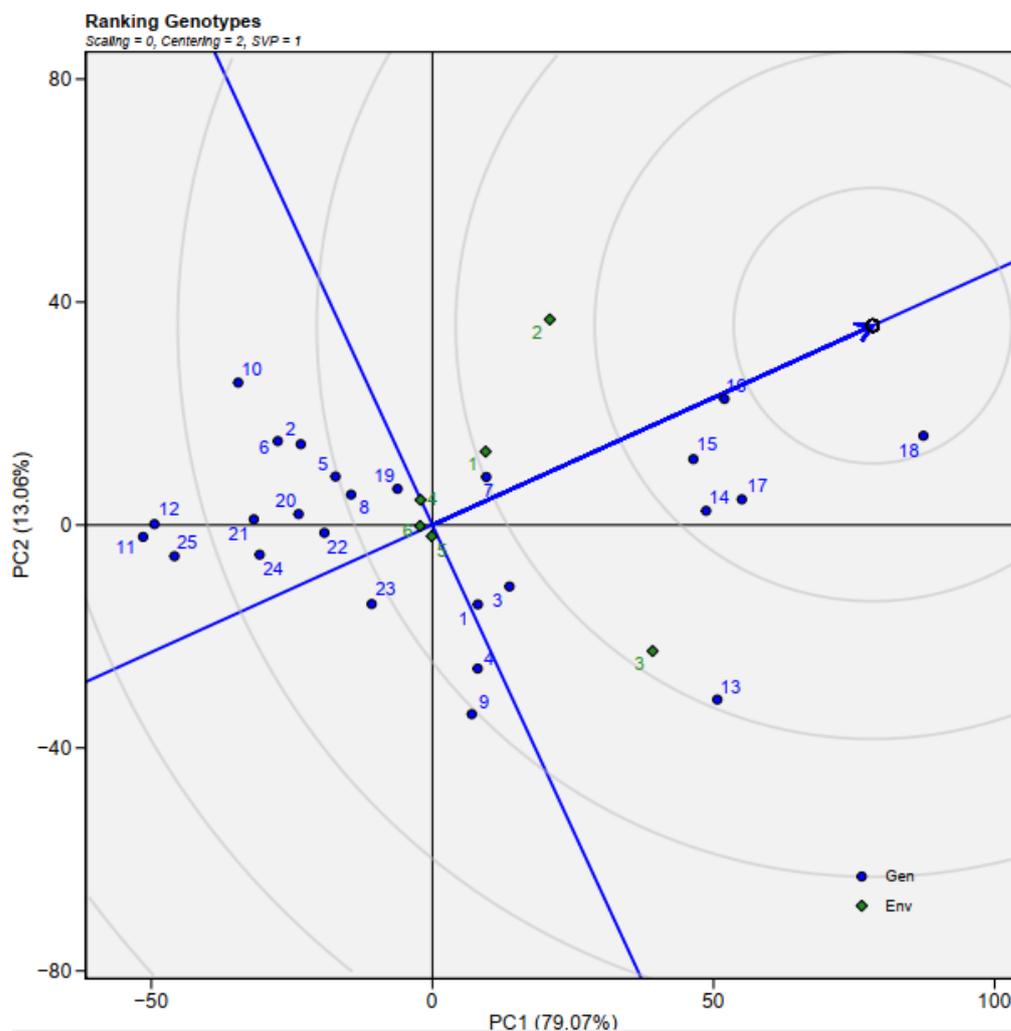
com o híbrido 8 (201837B018) se destacando com um desempenho de 11,8% acima da média.

Tabela 11 Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade para produção de massa verde (PMV), com base na metodologia de Annicchiarico (1992) de genótipos de sorgo sacarino

Genótipo	Ambiente Geral			Ambientes Desfavoráveis	Ambientes Favoráveis
	Média	Desvio (%)	Wi	Wi (d)	Wi (f)
1	60,70	9,99	94,91	99,67	90,34
2	56,88	15,39	88,70	103,27	78,16
3	63,39	15,70	93,98	92,20	95,08
4	57,65	17,34	83,15	87,07	78,77
5	58,33	13,39	92,96	106,46	84,72
6	54,13	15,86	84,08	94,68	74,91
7	63,19	13,16	96,34	87,71	107,27
8	59,82	13,31	95,26	111,84	86,54
9	57,91	21,19	81,97	96,73	70,86
10	55,95	24,60	82,60	98,93	68,09
11	45,11	20,98	67,35	91,73	55,32
12	42,52	18,01	63,45	72,03	57,41
13	67,77	31,15	87,49	81,90	93,53
14	72,47	21,97	101,70	90,37	127,97
15	70,18	26,80	94,02	83,87	123,62
16	70,99	35,82	89,31	81,43	115,33
17	72,61	26,91	98,94	92,58	116,52
18	80,79	44,91	95,11	79,06	141,89
19	57,07	8,26	90,26	86,36	93,85
20	54,89	13,81	87,05	103,23	79,56
21	53,87	21,28	82,39	109,60	73,79
22	57,47	16,29	90,08	110,28	83,23
23	55,84	14,59	85,94	94,35	79,51
24	47,49	6,77	76,87	83,48	72,37
25	44,92	18,04	68,36	89,06	61,83

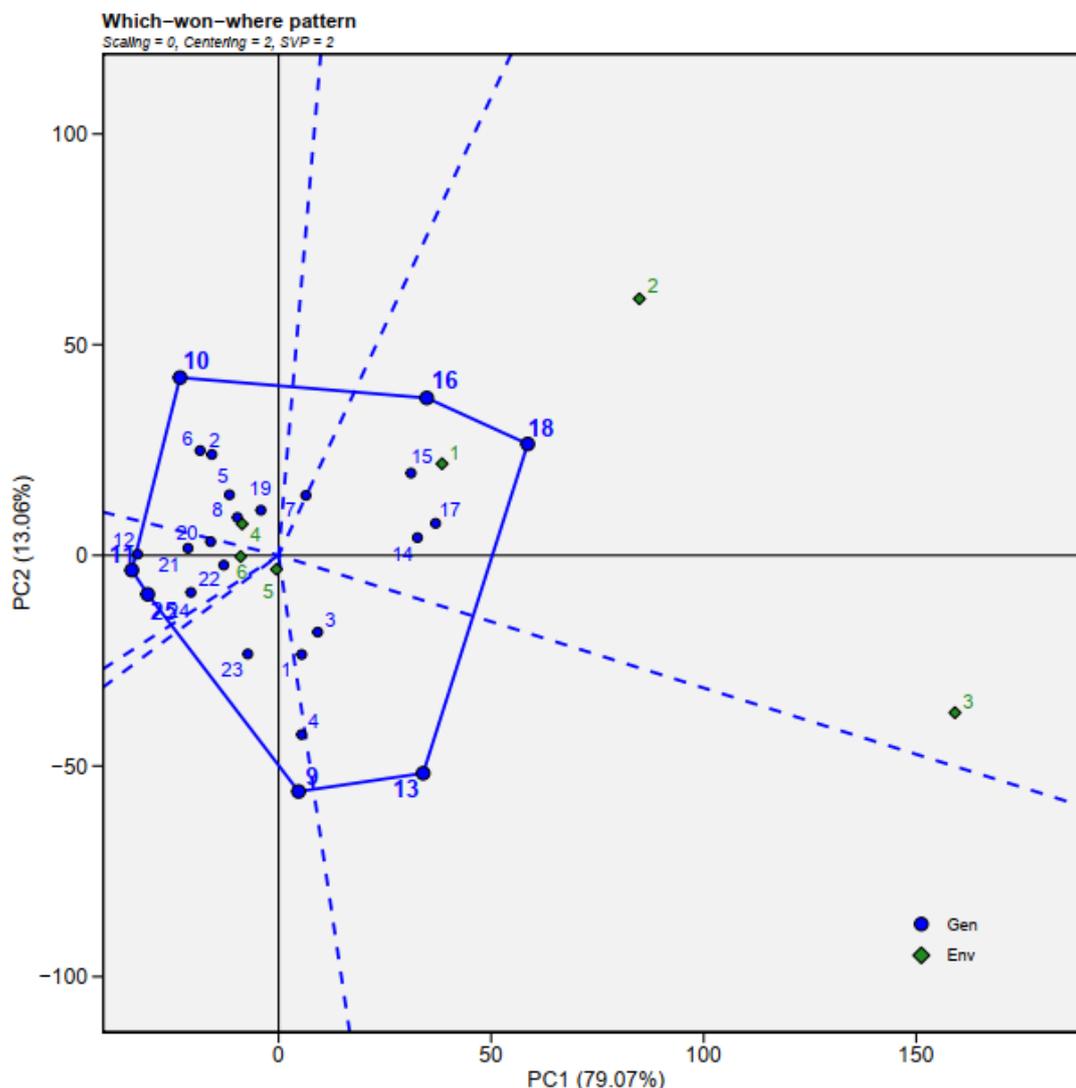
4.2.2 GGE Biplot

Figura 3. Classificação de 25 genótipos de sorgo sacarino avaliados



A figura 3 representa a classificação dos genótipos utilizando o método GGE biplot, sendo que o círculo localizado na região central representa o genótipo ideal, ou seja, aquele que apresenta um alto valor produtivo e uma boa adaptabilidade e estabilidade no grupo de ambientes analisados. Considerando os dois parâmetros em conjunto, os genótipos que apresentaram uma elevada produtividade e uma boa adaptabilidade e estabilidade foram 18 (201837B018) e 16 (201837B016), seguidos por 15 (201837B015), 17 (201837B017) e 14 (201837B014). Enquanto os menos estáveis e produtivos são 11 (201837B011), 12 (201837B012), 25 (BRS 508) e 21 (201837B021).

Figura 4. Desempenho de 25 genótipos de sorgo sacarino avaliados em 6 ambientes.



A figura 4 representa análise de mega ambiente em que o objetivo é tentar dividir uma região de corte alvo em sub-regiões para que a interação G X A possa ser explorada (Yan & Kang 2003; Yan, 2011). O vértice do polígono foi formado pelos genótipos que apresentam melhores desempenho e os mais adaptáveis. As linhas que se irradiam dividindo o biplot formam os setores e para cada setor, existe um genótipo no vértice, que apresentou melhor desempenho para ambientes que se enquadram nesse setor (Yan & Kang, 2003; Yan, 2011). Neste caso, foram agrupadas em um mesmo setor os ambientes 1, 2 e 3 que correspondem Sete Lagoas, Sinop e Jaguariúna na primeira safra. Para esse setor os genótipos 18 (201837B018) e 16 (201837B016) foram os que apresentaram melhor desempenho localizado nas extremidades do polígono. Vale

destacar também os genótipos 17 (201837B017), 15 (201837B015) e 14 (201837B014) que embora não se encontrem nas extremidades, apresentam uma associação grande neste setor.

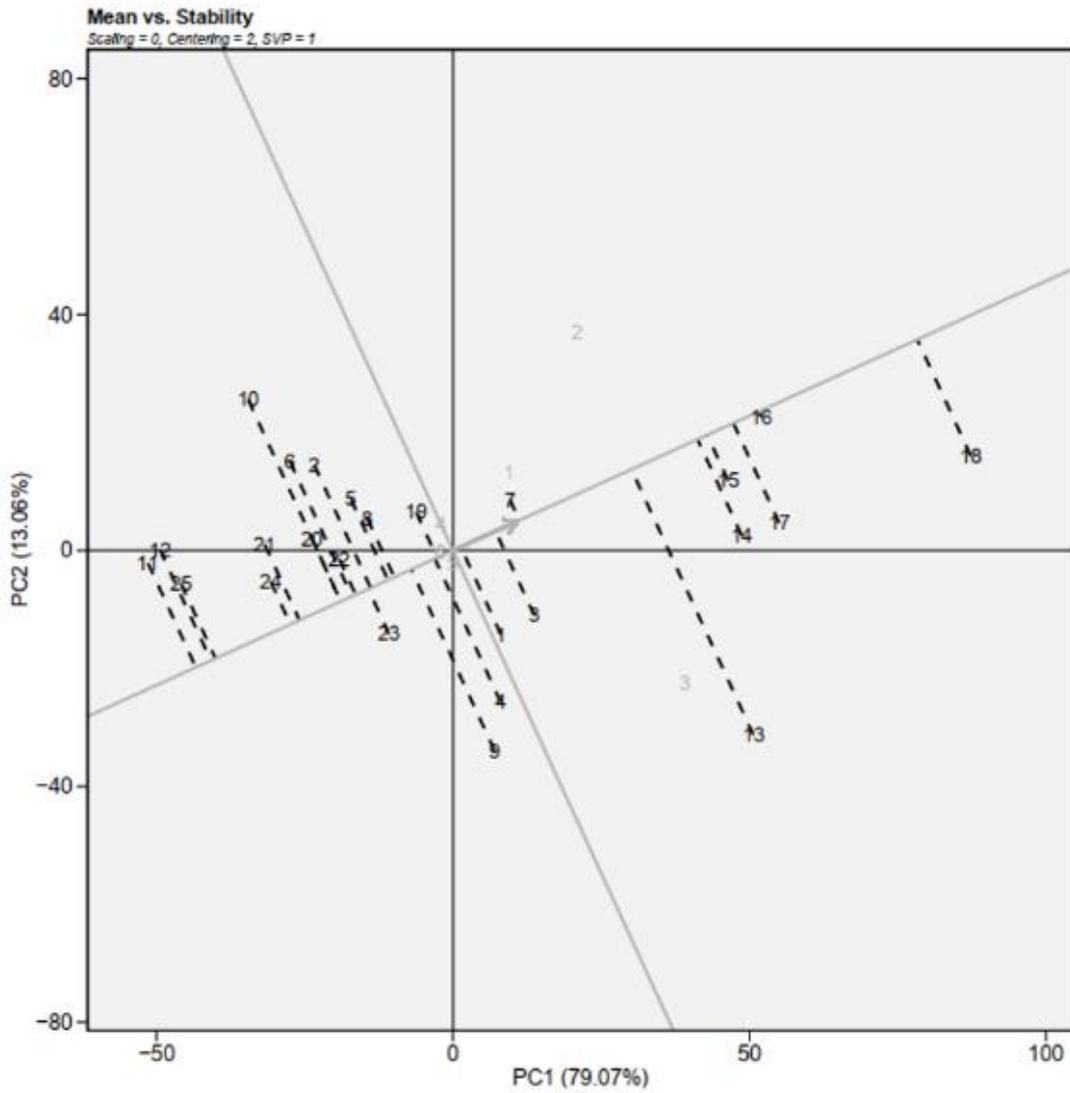
Os ambientes correspondentes a segunda safra 4,5,6 foram agrupados cada um em setores diferentes. Para o ambiente 4, Sete Lagoas, o genótipo 10 (201837B010) apresentou o melhor desempenho, já para o ambiente 5, referente a Sinop sobressaiu o híbrido 9 ((201837B009) enquanto a região 6, Jaguariúna, os genótipos 25 (BRS 508), 11 (201837B011) e 12 (201837B012). Esta representação assessoria muitos pesquisadores para identificar os genótipos que tenham ampla ou específica adaptação em determinados grupos de ambientes. (Trethowan et al.2001).

Na avaliação do rendimento produtivo e a estabilidade, a linha reta com uma única seta que passa pela origem do biplot é denominada “eixo do ambiente médio” (Yan, 2002; Yan, 2011). Os genótipos mais distantes do eixo y na direção da seta são os mais produtivos, sendo assim, se sobressaem os genótipos 18 (201837B018), 16 (201837B016), 17 (201837B017), 15 (201837B015) e 14 (201837B014). Os menos produtivos foram 11 (201837B011), 12 (201837B012), 25 (BRS 508), 24 (BRS 511) e 21 (201837B021). As linhas pontilhadas perpendiculares ao eixo do ambiente médio representam a estabilidade, quanto mais longe do eixo, menor é a estabilidade. Assim, os híbridos 13 (201837B013), 10 (201837B010) e 9 (201837B009) constituem os mais instáveis (Figura 5). Enquanto 16 (201837B016) ,7 (201837B007),24 (BRS 511) e 21 (201837B021) foram os mais estáveis.

Annicchiarico classificou todos os locais de segunda safra como desfavoráveis assim como no biplot esses três locais ficaram agrupados em um mesmo setor. Os genótipos 18 (201837B018) e 16 (201837B016) que apresentaram uma elevada associação, localizados no vértice do polígono, também foram os que apresentaram um índice de confiança (Wif) nos ambientes favoráveis acima da média. Na classificação dos genótipos no modelo biplot os genótipos menos produtivos foram 11 (201837B011) e 12 (201837B012) que também apresentaram um baixo índice de confiança (Wi) na classificação geral de ambientes em Annicchiarico. No entanto o método de Annicchiarico considerou todos os locais de segunda safra como desfavoráveis devido

aos baixos valores de produtividade. O modelo Biplot agrupou cada local de segunda safra (Sete Lagoas, Sinop e Jaguariúna) em setores diferentes.

Figura 5. Média versus estabilidade de 25 genótipos de sorgo sacarino avaliados em 6 ambientes.



5. CONCLUSÕES

Houve interação genótipos x ambientes significativa para todas as características estudadas, os híbridos 18 (201837B018), 17(201837B017) e 14 (201837B018) foram os que apresentaram maior PMV na primeira safra. Em relação a segunda safra, não houve diferenças significativas entre os genótipos.

Para análise de adaptabilidade e estabilidade os genótipos 18 (201837B018) e 16 (201837B016) foram os que apresentaram melhor desempenho na primeira safra para as três cidades (Sete Lagoas, Sinop e Jaguariúna) que foram classificadas em um único setor. Os híbridos 13 (201837B013), 10 (201837B010) e 9 (201837B009) foram os mais instáveis, enquanto 16 (201837B016) ,7 (201837B007), 24 (BRS 511) e 21 (201837B021) foram os mais estáveis.

6. REFERÊNCIAS

- AGRITEMPO **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br/agritempo/index.jsp>. Acesso em: 9 out. 2019.
- ALLARD RW AND BRADSHAW AD. 1964. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science** 4:503–507.
- ALLARD, Robert W.; BRADSHAW, ANDA D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding 1. **Crop science**, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.
- ALMODARES, A.; HADI, M. R. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. **African Journal of Agricultural Research, Nairobi**, v. 4, n. 9, p. 772-780, Sept. 2009. Disponível em: <http://www.academicjournals>
- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, v. 46, p. 269-269, 1992.
- ANNICCHIARICO, Paolo. Genotype x environment interactions: challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. **Food & Agriculture Org.**, 2002.
- BONATO, E. R. Estabilidade fenotípica da produção de grãos de dez cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) nas condições do Rio Grande do Sul. ESALQ, 1978.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 5. Ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. V. 1. 529 p.
- BORÉM, Aluizio. **Melhoramento de plantas**. Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- COWLEY, O. H.; SMITH, B. S. Sweet sorghum as a potential sugar crop in south Texas. In: Congress Of **The International Society Of Sugar Cane Technology**, 14., 1971, New Orleans. Proceedings. New Orleans: [s.n.], 1972. p. 628-633
- CROSSA, J.; CORNELIUS, P. L. Sites regression and shifted multiplicative model clustering of cultivar trial sites under heterogeneity of error variances. **Crop Science**, v. 37, n. 2, p. 406-415, 1997.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. v. 1, 480 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, PC de S. Divergência genética. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, v. 1, p. 377-413, 2004.
- CRUZ, C.D. **Genes Software** – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum*. v.38, n.4, p.547-552, 2016.

- DE SOUZA, C. S., FREITAS, M. L. M., DE MORAES, M. L. T., & SEBBENN, A. M. (2011). **Estimativas de parâmetros genéticos para caracteres quantitativos em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urophylla***. *Floresta* v. 41, n. 4, 2011.
- DE WET, Jan MJ; HUCKABAY, J. P. The origin of Sorghum bicolor. II. **Distribution and domestication**. *Evolution*, v. 21, n. 4, p. 787-802, 1967.
- DOS SANTOS, R. F., Placido, H. F., Garcia, E. B., Cantú, C., Albrecht, A. J. P., Albrecht, L. P., & de Azevedo Frigo, K. D. (2015). Sorgo sacarino na produção de agroenergia. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 4, n. 1, 2015
- DURÃES, N. N. L. (2014). Heterose em sorgo sacarino. **Programa de pós-graduação. Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG.EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA MILHO E SORGO**. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo> . Acesso em: 09 de outubro de 2019.
- FERNANDES, Florestan. **Poder e contrapoder na América Latina**. Zahar editores, 1981.
- FIORINI, I. V. A., PINHO, R. G. V., RESENDE, E. L., SANTOS, A. DE O., JÚNIOR, L. A. Y. B., BORGES, I. D., PIRES, L. P. M. P., 2016. Produtividade de sorgo sacarino em função de populações de plantas e épocas de corte. **Rev. Bras. Milho e Sorgo**, 15(1),105-113. Doi: [dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v15n1p105-113](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v15n1p105-113).
- GALLAIS, A. Adaptation et adaptabilité en amélioration des plantes. **Sélectionneur français**, n. 42, p. 55-57, 1992.
- GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. *AMMI* analysis of yield trials. In: KANG, M. S.; GAUCH, H. G. (Ed) **Genotype by environment interaction**. New York: CRC Press, p.416-428, 1996.
- HONGYU, K., SILVA, F. L., OLIVEIRA, A. C. S., SARTI, D. A., ARAÚJO, L. B., & DIAS, C. T. S. . Comparação entre os modelos AMMI e GGE Biplot para os dados de ensaios multi-ambientais. **Rev. Bras. Biom.**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 139-155, 2015.
- KAWAHIGASHI, H.; KASUGA, S.; OKUIZUMI, H.; HIRADATE, S.; YONEMARU, J. Evaluation of Brix and sugar content in stem juice from sorghum varieties. **Grassland Science**, v.59, n.1, p.11-19, 2013. <https://doi.org/10.1111/grs.12006>.
- KOPPEN, W. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México: **Fondo de Cultura Economica**, 1948. 478 p.
- LOMBARDI, G. M. R., NUNES, J. A. R., Parrella, R. A. C., Teixeira, D. H. L., Bruzi, A.T., Durães, N. N. L., Fagundes, T. G., 2015. Path analysis of agro-industrial traits in sweet sorghum. **Genet. Mol. Res.**, 14
- MACHADO, J. R.; NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C. A.; BRINHOLI, O. Épocas de semeadura de sorgo sacarino em São Manuel e Botucatu, Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n9/10, p.951958, set./out.1987),1639216402. Doi:[dx.doi.org/10.4238/2015.December.9.8](https://doi.org/10.4238/2015.December.9.8)

MARCOCCIA, R.. A participação do etanol brasileiro em uma nova perspectiva na matriz energética mundial. 2007. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo.

MARIOTTI, J. A., OYARZABAL, E. S., OSA, J. M., BULACIO, A. N. R., & ALMADA, G. H. (1976). Análisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de caña de azúcar. I. Interacciones dentro de una localidad experimental. **Revista Agronómica del Nordeste Argentino**, v. 13, n. 14, p. 105-127, 1976.

MARTINS, A. DE M. Período de utilização industrial de cultivares de sorgo sacarino visando a produção de etanol na região central de Minas Gerais. Sete Lagoas: Universidade Federal de São João DelRei, 2013. 69 f. **Dissertação Mestrado**.

MAY, A., CAMPANHA, M. M., da SILVA, A. F., COELHO, M. D. O., PARRELLA, R. D. C., SCHAFFERT, R. E., & PEREIRA FILHO, I. A.. Variedades de sorgo sacarino em diferentes espaçamentos e população de plantas. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2012.

MONTEIRO, M. C. D., DA ANUNCIÇÃO FILHO, C. J., TABOSA, J. N., DE OLIVEIRA, F. J., DOS REIS, O. V., & BASTOS, G. Q. . Avaliação do desempenho de sorgo forrageiro para o semi-árido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 01, 2004.

OLIVEIRA, I.C.M., MARÇAL, T.D.S., BERNARDINO, K.D.C., RIBEIRO, P.C.D.O., PARRELLA, R.A.C., CARNEIRO, P.C.S., SCHAFFERT, R.E., CARNEIRO, J.E.D.S., 2019. Combining ability of biomass sorghum lines for agroindustrial characters and multitrait selection of photosensitive hybrids for energy cogeneration. **Crop Sci.** 59. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.11.0693>

PARRELLA, R. A. C., 2011. Melhoramento genético do sorgo sacarino. **Agroenergia em Revista**, Brasília, 2(3), 8-9

PARRELLA, R. A. C., MENEZES, C. B., RODRIGUES, J. A. S., TARDIN, F. D., PARRELLA, N. N.L. D., SCHAFFERT, R. E. Cultivares. IN: BORÉM, A., PIMENTEL, L. D., PARRELLA, R. A. C.(ed.). **Sorgo: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2014. cap. 7, p. 169-187.

PARRELLA, R.A. DA C., RODRIGUES, J.A.S., TARDIN, F.D., DAMASCENO, C.M.B., SCHAFFERT, R.E., 2010. Desenvolvimento de Híbridos de Sorgo Sensíveis ao Fotoperíodo visando Alta Produtividade Biomassa. **Bol. Pesqui. e Desenvolv.** / Embrapa Milho e Sorgo 1º, 23.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 15. ed. Piracicaba: ESALQ, 2009. 451 p. il. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 15).

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C.Experimentação em genética e melhoramento de plantas. Lavras: UFLA, 2000. 303 p.

RATNAVATHI, C. V.; KUMAR, S. R.; KUMAR, B. S. V.; KRISHNA, D. G.; PATIL, J. V.. Effect of planting on cane Yield and Quality characters in sweet sorghum, **Journal of Sustainable Bioenergy Systems**,v.2, n.1, p.1-9, 2012.

RIBAS, PAULO MOTTA. Cultivo do sorgo. **Importância econômica. Embrapa milho e sorgo. Sistemas de produção**, v. 2, 2007.

RIBAS, PAULO MOTTA. Sorgo: introdução e importância econômica. **Embrapa Milho e Sorgo-Documentos (INFOTECA-E)**, 2003.

ROBERSTON, DONALD. Mexican manuscript painting of the early colonial period. 1959.

ROBERTSON, A. (1959). The sampling variance of the genetic correlation coefficient. *Biometrics*, 15(3), 469-485.

Rodrigues, P. C., Malosetti, M., Gauch Jr, H. G., & van Eeuwijk, F. A.. A weighted AMMI algorithm to study genotype-by-environment interaction and QTL-by-environment interaction. **Crop Science**, v. 54, n. 4, p. 1555-1570, 2014.

RUSH, BENJAMIN . **Essays on education in the early republic**. Belknap Press of Harvard University Press, 1965.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics, Raleigh**, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974.

SOUZA, A. P., MOTA, L. L., ZAMADEI, T.; MARTIN, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, N. 1, p. 34-43, 2013.

TABOSA, J.N.; REIS, O.V.; NASCIMENTO, M.M. A.; LIMA, J. M. P.; SILVA, F. G.; SILVA FILHO, J. G.; BRITO, A. R. M. B.; E RODRIGUES, J. A. S.. O sorgo sacarino no semi-árido brasileiro: elevada produção de biomassa e rendimento de caldo. In **XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Goiânia, 2010.

TARDIN,F.D.; ALMEIDA FILHO, J.E.; OLIVEIRA, C.M.; LEITE, C.D.P.; MENEZES, C.B.; MAGALHÃES,P.C.; RODRIGUES, J.A.S.; SCHAFFERT, R.E. Avaliação agronômica de híbridos de sorgo granífero cultivados sob irrigação e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12,n.2, p.102-117, 2013. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n2p102-117>

YAN, Weikai . GGE biplot vs. AMMI graphs for genotype-by-environment data analysis. **Journal of the Indian Society of Agricultural Statistics**, v. 65, n. 2, p. 181-193, 2011.

YAN, YIHUA; SAKURAI, TAKASHI. New boundary integral equation representation for finite energy force-free magnetic fields in open space above the Sun. **Solar Physics**, v. 195, n. 1, p. 89-109, 2000.

ZEGADA-LIZARAZU, W.; MONTI, A. Are you ready to cultivated sweet sorghum as bionergy feedstock. A review on field management practices. *Biomass and Bioenergy*, Oxford, v. 40, p. 1-12, 2012.

