

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES DE SOJA EM
ENSAIO DE VALOR DE CULTIVO E USO VISANDO
REGISTRO E PROTEÇÃO DE CULTIVARES**

Thayná Pereira Garcia
Engenheira Agrônoma

2023

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES DE SOJA EM
ENSAIO DE VALOR DE CULTIVO E USO VISANDO
REGISTRO E PROTEÇÃO DE CULTIVARES**

Discente: Thayná Pereira Garcia

Orientadora: Profa. Dra. Sandra Helena Unêda-Trevisoli

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,
Câmpus de Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Genética e
Melhoramento de Plantas)**

2023

G216s

Garcia, Thayná Pereira

Seleção de Genótipos Superiores de Soja em Ensaio de Valor de Cultivo e Uso Visando Registro e Proteção de Cultivares / Thayná Pereira Garcia. -- Jaboticabal, 2023

51 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Sandra Helena Unêda-Trevisoli

1. Glycine max. 2. Seleção de plantas Melhoramento genético. 3. Cultivo. 4. Adaptabilidade. 5. Estabilidade. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Impacto Potencial Desta Pesquisa

O desenvolvimento e seleção de novos genótipos de soja destinados para o estado de São Paulo é de suma importância para o desenvolvimento da agricultura do local, visto o vasto tempo em que não se é registrado cultivares para esse região. Com o auxílio de estudos e tecnologias científicas foi possível desenvolver cultivares adaptadas para estado de São Paulo, tornando-as uma ferramenta para o desenvolvimento da região. Além disso as linhagens superiores desenvolvidas no laboratório de biotecnologia e melhoramento genético de plantas, na Unesp, FCAT – Campus de Jaboticabal, apresentam alto potencial produtivo, com ótimas características de cultivo, sendo são em sua maioria convencionais, isto é, não apresentam tecnologia de resistência em seu DNA. Tal fato permite uma possível comercialização com a Europa por parte dos produtores, proporcionando um desenvolvimento sustentável para a região, visto que é uma região com grandes exigências para comercialização. Dessa forma o presente trabalho apresenta impacto nacional, regional, com desenvolvimento sustentável e grande potencial científico.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES DE SOJA EM ENSAIO DE VALOR DE CULTIVO E USO VISANDO REGISTRO E PROTEÇÃO DE CULTIVARES

AUTORA: THAYNÁ PEREIRA GARCIA

ORIENTADORA: SANDRA HELENA UNÊDA TREVISOLI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. SANDRA HELENA UNÊDA TREVISOLI (Participação Presencial)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV UNESP Jaboticabal

Prof. Dr. CLAUDENIR FACINCANI FRANCO (Participação Presencial)
Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (FATEC) / Jaboticabal/SP

Prof. Dr. FÁBIO LUIZ CHECCHIO MINGOTTE (Participação Presencial)
Departamento de Ciências e Produção Agrícola / FCAV UNESP Jaboticabal

Jaboticabal, 20 de setembro de 2023

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

THAYNÁ PEREIRA GARCIA – nascida na cidade de Bauru, São Paulo, em 02 de abril de 1997. Em fevereiro de 2015 ingressou na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp/FCAT – Câmpus de Dracena, SP, graduando-se como engenheira agrônoma em janeiro de 2020. Em 2020 iniciou o curso de mestrado Stricto Sensu em Agronomia com área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas), na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp/FCAV – Câmpus de Jaboticabal, SP, sob orientação da Profa. Dra. Sandra Helena Unêda-Trevisoli. Durante o período de realização do curso, foi bolsista CAPES.

“No meio da confusão, encontre a simplicidade. A partir da discórdia, encontre a harmonia. No meio da dificuldade reside a oportunidade.”

– Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por toda graça e proteção! Pela oportunidade! Por toda força e sabedoria concedida!

A minha família, meus pais Elaine e Osmar e meus irmãos Yann e Naomy que sempre me apoiaram! Me deram forças em momentos difíceis e comemoraram cada pequena e grande conquista.

Ao Daniel, por todo apoio e incentivo, me auxiliando em momentos que nem eu mesma acreditava

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Câmpus de Jaboticabal, pelos professores e funcionários, pela estrutura disponibilizada, pelas oportunidades oferecidas e pelos anos de acolhimento.

À Profa. Dra. Sandra Helena Unêda-Trevisoli pela oportunidade, apoio, dedicação, compreensão e ensinamentos e tempo dedicado para a conclusão deste trabalho. Além de orientadora acadêmica, foi uma grande orientadora de vida, conselheira e amiga!

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas) da UNESP/FCAV, por compartilharem seus conhecimentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo apoio a pesquisa.

Aos amigos do Programa de Melhoramento Genético de Soja da FCAV/ UNESP que me ajudaram e fizeram parte deste trabalho: Dardânia, Alyce, Ana Paula, Alice, Hortência, Jardel, Rafael, Saulo e aos estagiários que passaram pelo departamento pela ajuda.

Aos amigos que fiz, em especial Fernanda e Karine por todo auxílio, conselhos e ensinamentos compartilhados

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal Osmar e Faro pela ajuda que não mediram esforços para auxiliar nos trabalhos.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE, especialmente ao Marcelo (*in memoriam*), Sr. João e Colovatti, pelo auxílio na execução dos experimentos.

Aos membros da banca examinadora pela disponibilidade e contribuição neste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Enfim, a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para que este trabalho fosse realizado, expresso a minha gratidão.

Gratidão!

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Importância econômica.....	14
2.2 Rotação cana-soja	15
2.3 Soja e o Melhoramento genético	16
2.4 Adaptabilidade e Estabilidade	17
2.5 Registro de cultivares	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Material genético.....	19
3.2 Manejo e condução experimental	20
3.3 Caracteres avaliados.....	21
3.3.1 Produtividade de Grãos	21
3.3.2 Número de dias para maturidade	22
3.3.3 Valor agronômico	22
3.3.4 Acamamento	22
3.4 Análises dos dados	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5 CONCLUSÃO	44
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES DE SOJA EM ENSAIO DE VALOR DE CULTIVO E USO VISANDO REGISTRO E PROTEÇÃO DE CULTIVARES

RESUMO – A soja é uma das culturas mais produzidas e comercializadas no mundo, além de ser a mais importante oleaginosa. Grande parte deste avanço, deve-se aos progressos obtidos nos processos de melhoramento genético, os quais culminam com o lançamento de cultivares comerciais de elevado desempenho agronômico. No entanto, para que estes cultivares possam ser utilizados pelos agricultores, faz-se necessário o processo de Registro e Proteção dos mesmos, com todas as fases de avaliação requeridas pelo Ministério da Agricultura e Pecuária. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho consiste em analisar a eficiência do método AMMI e GGE biplot na seleção de genótipos superiores em fase final de registro e proteção de cultivares, além da seleção de genótipos de soja, em ensaios de Valor de Cultivo e Uso, com o intuito final de seleção de genótipos superiores para Registro e Proteção de cultivares comerciais para o Estado de São Paulo. Foram avaliados 20 genótipos e 4 testemunhas, em quatro anos agrícolas: 2018/19 (E1), 2019/20(E2), 2020/21(E3) e 2021/22(E4), em duas regiões edafoclimáticas diferentes, Jaboticabal (REC 302) e Piracicaba (REC 203), no delineamento de blocos ao acaso com três repetições. Foram avaliados os caracteres: produtividade de grãos, número de dias para maturidade, valor agrônomo e acamamento, os quais foram submetidos a teste de média e posteriormente a análises AMMI e GGEbiplot. Os métodos de AMMI e GGEbiplot foram utilizados visando a seleção dos genótipos superiores e mais adaptados às regiões de cultivo avaliadas, as quais possuem importância agrícola para o Estado de São Paulo. Após a análise dos dados, observou-se que, dentre os genótipos, os que se destacaram foram G10, G15, G2, G4, G17 e G14 apresentando boa adaptabilidade e estabilidade em todos os aspectos. Tais genótipos podem ser candidatos à tornarem-se cultivares comerciais, para o Estado de São Paulo, por meio do processo de Registro e Proteção de cultivares, podendo dessa forma, serem recomendados aos agricultores de forma que os genótipos G10 e G15, se apresentaram aptos para ambas as regiões edafoclimáticas estudadas; o G2 e G4 se apresentaram com bons desempenhos na

região de Jaboticabal e os genótipos G17 e G14 foram adequados para a região de Piracicaba.

Palavras-chaves: *Glycine max*, Adaptabilidade e estabilidade, AMMI, GGE

SELECTION OF SUPERIOR SOYBEAN GENOTYPES IN VCU TEST AIMING FOR REGISTRATION AND PROTECTION OF CULTIVARS

ABSTRACT – Soybeans are one of the most produced and traded crops in the world, in addition to being the most important oilseed. Much of this progress is due to the progress made in genetic improvement processes, which culminate in the launch of commercial cultivars with high agronomic performance. However, in order for these cultivars to be used by farmers, it is necessary to register and protect them, with all the evaluation phases required by the Ministry of Agriculture and Livestock. In this sense, the objective of the present work is to analyze the efficiency of the AMMI and GGE biplot methods in the selection of superior genotypes in the final phase of registration and protection of cultivars, in addition to the selection of soybean genotypes, in Cultivation Value and Use trials, with the final purpose of selecting superior genotypes for Registration and Protection of commercial cultivars for the State of São Paulo. A total of 20 genotypes and 4 controls were evaluated in four growing years: 2018/19 (E1), 2019/20 (E2), 2020/21 (E3) and 2021/22 (E4), in two different edaphoclimatic regions, Jaboticabal (REC 302) and Piracicaba (REC 203), in a randomized block design with three replications. The following traits were evaluated: grain yield, number of days to maturity, agronomic value and lodging, which were submitted to the average test and subsequently to AMMI and GGEbiplot analyses. The AMMI and GGEbiplot methods were used in order to select the superior genotypes that are best adapted to the cultivation regions evaluated, which are of agricultural importance for the State of São Paulo. After data analysis, it was observed that, among the genotypes, the ones that stood out were G10, G15, G2, G4, G17 and G14, showing good adaptability and stability in all aspects. Such genotypes can be candidates to become commercial cultivars, for the State of São Paulo, through the process of Registration and Protection of cultivars, and thus can be recommended to farmers so that the genotypes G10 and G15 were suitable for both edaphoclimatic regions studied; G2 and G4 showed good performances in the Jaboticabal region and the G17 and G14 genotypes were suitable for the Piracicaba

region.

Keywords: *Glycine max*, Adaptability and stability, AMMI, GGE

1. INTRODUÇÃO

A soja está dentre as culturas mais relevantes mundialmente, além de ser a oleaginosa de maior importância para o mercado agrícola. No Brasil, a cultura apresenta grande importância representando cerca de 35% da produção mundial no ano agrícola 2021/22. De acordo com a Conab (2023a) o plantio de soja no ano agrícola 2022/23 foi 6,2% maior que o ano agrícola anterior, atingindo uma produção de 154,6 milhões de toneladas, totalizando uma produção recorde de 23,1% superior ao ano agrícola 2021/22.

Além de apresentar uma grande importância econômica, a soja vem sendo utilizada como uma estratégia de cultura de rotação em áreas de cultivo de cana-de-açúcar. De acordo com a Conab (2022a), a cultura da soja vem tomando espaço no estado de São Paulo, sendo utilizada em áreas de cana-de-açúcar e em áreas de pastagem degradadas. A cana-de-açúcar é cultivada em uma mesma área por diversos anos, o que torna necessário a renovação dessa área para uma melhor produção e as leguminosas vem sendo utilizada nas reformas desses canaviais. Esse sistema de cultivo, é uma alternativa sustentável que favorece a alta produtividade pois tem como objetivo aumentar a disponibilidade de macro e micronutrientes para a cultura subsequente (Ambrosano et al., 2011), tornando a soja uma alternativa viável para o sistema, também em função do seu ciclo total, que se adequa ao cronograma de cultivo da cana-de-açúcar.

Essa crescente evolução da agricultura está ligada diretamente aos avanços científicos e adoção de novas tecnologias pelos produtores (Embrapa, 2020). Visto que o crescente incremento de produção da cultura depende de diversos fatores, como por exemplo a forma de manejo no campo e as características do solo cultivado (Martin, 2022). Mas não se pode deixar de lado o fator genético, que vem sendo aprimorado ao longo dos anos por meio do melhoramento genético (Madella, 2022). No caso da soja, a cultura vem sendo melhorada ao longo do tempo, se adaptando muito bem ao sistema de rotação Cana x Soja.

No entanto, a fim de que uma variedade de soja possa ser comercializada e produzida em larga escala, é imprescindível que o genótipo esteja devidamente inscrito no Registro Nacional de Cultivares (RNC). Além disso, para assegurar os direitos sobre a variedade e explorá-la comercialmente, é necessário proceder com

sua proteção junto ao Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC). Para obter o registro no RNC e a proteção no SNPC, são necessários ensaios específicos, tais como o Valor de Cultivo e Uso (VCU) e a Distinguilidade, Homogeneidade e Estabilidade (DHE).

Para o ensaio de VCU, onde diversos caracteres agrônômicos são avaliados, existem diversas abordagens utilizadas para estimar de maneira confiável o desempenho genotípico. Entre os métodos atualmente destacados, encontram-se as análises baseadas em gráficos biplot, como o AMMI (análise de efeitos principais aditivos e interação multiplicativa), que é um método estatístico utilizado para compreender a estrutura das interações genótipo x ambiente (Sousa et al., 2015). Além disso, temos o GGE biplot (genótipo e genótipo-por-ambiente), que considera o efeito principal do genótipo e a interação genótipo x ambiente (Yan et al., 2000). Essas metodologias têm se destacado como ferramentas importantes na análise do desempenho genotípico.

Mediante o exposto, o presente trabalho possui como objetivo a análise de genótipos de soja em ensaios de Valor de Cultivo e Uso, com o intuito final de seleção de genótipos para Registro e Proteção de cultivares para o Estado de São Paulo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância econômica

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma oleaginosa que desempenha um papel crucial na economia e na segurança alimentar mundial. Seu papel é fundamental devido ao seu uso na alimentação humana e animal, bem como na produção de biodiesel. Além disso, a soja tem um impacto significativo no comércio internacional, sendo amplamente negociada em todo o mundo.

No Brasil, a soja desempenha um papel de extrema importância como cultura agrícola. No ano agrícola 2019-20, alcançou um recorde de produção, enquanto no período 2021-22 houve um aumento de 4,5% na área cultivada. Como resultado, o país conseguiu produzir um pouco mais de um terço da produção mundial de soja (Conab, 2022b). Foi estimado uma produção de soja para o ano agrícola 2022/23 de 153,48 milhões de toneladas, porém a constatou-se uma produção recorde, com 29 milhões de toneladas acima da produção do ano agrícola de 2021/22, totalizando

154,6 milhões de toneladas (Conab, 2023a).

Além de sua relevância econômica, a soja desempenha um papel importante como estratégia de cultivo em canaviais, sendo incorporada no sistema de rotação de culturas para evitar reduções significativas na produtividade (Ambrosano et al., 2011). A cultura da soja promove a rápida decomposição dos resíduos vegetais, proporcionando disponibilidade de nutrientes para a cultura principal. Além disso, a soja tem a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico no solo, fornecendo uma fonte adicional de nitrogênio (Alexandrino, 2023).

2.2 Rotação cana-soja

O Brasil está entre os maiores produtores de cana-de-açúcar, chegando a uma produção de 654,5 milhões de toneladas de açúcar e 29,7 bilhões de litros de etanol na safra 2020/21 (Conab, 2021). Já para a safra 2023/24 é estimado um crescimento de 6,9%, com uma produção prevista de 328,2 milhões de toneladas. Dentre os estados do Brasil, o que lidera a produção, é o estado de São Paulo com cerca de 59,7% da produção de açúcar (Conab, 2023b).

A cana-de-açúcar é considerado uma cultura semi-perene, o seu cultivo pode variar conforme o manejo utilizado ou até mesmo a variedade utilizada e as condições climáticas da região. Para que a produção de cana-de-açúcar seja economicamente viável, é necessário um planejamento agrícola, dentro desse planejamento deve conter a reforma dos canaviais. É recomendado a reforma dos canaviais quando há uma redução na produtividade de 15 a 16% em comparação ao primeiro ano de cultivo (Conab, 2018). Existe duas opções para a renovação de canaviais, podendo deixar o solo em pousio, isto é, deixar o solo sem cultivar por um determinado tempo, ou a rotação, onde há o cultivo de outra cultura em um determinado período (Soares, 2014).

A renovação mais utilizada por parte dos produtores é a rotação, devido a otimização da terra entre os plantios de cana-de-açúcar, trazendo benefícios não só como um incremento na fertilidade e conservação do solo (Pereira, 2020; Salomé, 2007) e gerando uma renda em uma época que a terra não seria utilizada, aumentando a lucratividade (Chiaradia et. al, 2009; Silva e Fernandes, 2014). Dentre os benefícios da rotação de cultura da cana-de-açúcar com culturas de ciclo curto, estão economia na renovação do canavial, conservação do solo, controle de plantas daninhas e insetos pragas, além do aumento de produtividade do canavial (Santiago,

2022).

Para a renovação dos canaviais, opta-se pelo uso de plantas denominadas de adubos verdes, as quais possuem a capacidade de reciclar nutrientes em profundidade no solo, além disso mantém uma cobertura no solo e assim, melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Dentre as culturas escolhidas para serem utilizadas na renovação de canaviais, estão a crotalária, soja e amendoim (Santiago, 2022; Bevilaqua, 2022; Alcântara, 2016)

Dentre as culturas a soja se mostra rentável para a renovação de canaviais. Do ponto de vista financeiro, a cultura da soja gera uma receita capaz de cobrir cerca de 60% dos custos de produção da cana-de-açúcar, contribuindo com cerca de 40% do custo de implantação do novo canavial, absorvendo, em especial, os custos de preparo de solo como operações mecanizadas, calcário e adubação (Ambrosano, 2005; Bolonhezi et al., 2008; Santiago, 2022). Do ponto de vista agronômico, a cultura da soja proporciona a incorporação de matéria orgânica no solo e conservação do mesmo, além de ser capaz de reduzir a necessidade da adubação nitrogenada, devido a sua capacidade de fixação biológica de nitrogênio (Santiago, 2022).

2.3 Soja e o Melhoramento genético

A soja vem apresentando um crescente aumento de expansão de cultivo ao longo dos anos, ocupando regiões do país em que antes eram consideradas inadequadas para seu cultivo. Esse avanço se tornou possível devido aos avanços no melhoramento genético da cultura. A soja é classificada como planta de dias curtos, apresentando por isso, grande variação fenológica quando exposta a diferentes fotoperíodos (Bacaxixi, 2011). Isso ocorre, por sofrer influência de diferentes fatores ambientais durante seu desenvolvimento, como a luminosidade, fotoperíodo, umidade, temperatura, altitude, época de semeadura, fertilidade do solo. (Silva et al., 2017).

A planta da soja possui estádios fenológicos de desenvolvimento, o qual pode ser dividido em dois principais o vegetativo e o reprodutivo, como no sistema proposto por Fehr & Caviness (1977) e citado pela Embrapa soja (Neumaier, 2021). Os estádios vegetativos são representados pela letra “V” são seguidos de índices numéricos que identificam estádios mais específicos de desenvolvimento. Tal estágio representa o

processo em que a planta está apenas se desenvolve e cria estrutura para se reproduzir. O estágio reprodutivo é representado pela letra “R”, assim como o vegetativo, é seguido de índices numéricos que são capazes de identificar os estágios mais específicos da planta. Esse é o momento em que a planta utiliza de energia se reproduzir, isto é, para a formação de flores, vagens e grãos.

De acordo com Nepomuceno (2021), o ambiente e a cultivar pode influenciar na estatura da planta, bem como na sua floração, essa influência do ambiente no florescimento da planta pode influenciar diretamente no ciclo da cultura. A soja é considerada uma cultura de dias curtos, isso se dá pelo fato de que o fotoperíodo influencia o seu desenvolvimento, em específico o seu florescimento, isto é, o seu florescimento é induzido quando o dia é menor que o seu fotoperíodo crítico (Tejo et al., 2019; Farias, 2007). Tal fato se dá por que cada genótipo possui uma quantidade de horas de luz para florescer, resultando em um atraso ou adiantamento do ciclo conforme o local em que cada genótipo será cultivado. Para Rodrigues et al. (2001), o fotoperíodo e a temperatura, junto a cultivar e data de semeadura, são essenciais para se obter uma boa produção. É essencial a associação do ambiente e tratos culturais adequados para cada genótipo para se obter altas produtividades, visto que o desenvolvimento da cultura e a produtividade são resultado da interação das cultivares com fatores ambientais (Gubiani, 2005; Tejo et al, 2019).

Dessa forma, genótipos adaptados para determinados ambientes são de extrema importância para um bom desempenho do mesmo, mitigando os fatores que podem prejudicar sua produção. O melhoramento genético da soja, consiste em desenvolver cultivares com características que resultem em um maior rendimento para cada região agrícola onde será cultivada, proporcionando uma maior rentabilidade ao agricultor (Bacaxixi, 2011). Em suma, o melhoramento genético busca características que possam contribuir para aumentar a estabilidade no potencial de rendimento de cultivares de soja, algumas das características que podem contribuir são: maior resistência as doenças limitantes, insetos pragas e aos nematoides, boa resistência ao acamamento e a deiscência precoce, uma boa qualidade fisiológica além da adaptação às condições locais ambientais da região produtora (Verneti, 1983; Bacaxixi, 2011; Embrapa, 2013; Carvalho, 2022).

2.4 Adaptabilidade e Estabilidade

O melhoramento genético da soja busca, entre tantos objetivos, um incremento de produtividade, estabilidade de produção e ampla adaptabilidade dos genótipos em diferentes ambientes (Silva, 2006; Bornhofen, 2017). Mas a expressão da produtividade de um genótipo é expressa em função de componentes genéticos, ambientais e a interação entre genótipo e ambiente. Esse fato promove uma variação no desempenho produtivo da cultivar, de acordo com o ambiente em que foi submetido (Condé et al. 2010; Vita et al. 2010). Segundo Duarte & Vencovsky (1999) a interação pode superestimar os ganhos genéticos por inflacionar as estimativas de variância genética. Tal fato dificulta uma avaliação concreta e identificação de genótipos superiores e estáveis (Cruz et al., 2013).

Diante disso, para mitigar essa dificuldade e realizar uma recomendação adequada para diferentes regiões é necessário a realização de avaliações do mesmo genótipo em diferentes ensaios, variando o local e os anos de cultivo. Tal fato tem como intuito selecionar genótipos de elevada produtividade, com estabilidade de produção e ampla adaptabilidade aos diferentes ambientes (Barros et al., 2010; Almeida et al., 1999). Nesse sentido é de extrema importância um estudo detalhado sobre a adaptabilidade e estabilidade de cada genótipo.

A adaptabilidade refere-se à capacidade de uma variedade responder positivamente as variações do ambiente, já estabilidade refere-se à capacidade das variedades apresentarem comportamento previsível em função dos estímulos e variações do ambiente (Cruz & Carneiro, 2003; Borém, 2017). Em suma a adaptabilidade e estabilidade de um genótipo vai depender da sua constituição genética sendo assim, são características da variedade, as quais lhe permitem um bom desempenho com fatores limitante do ambiente e aproveitamento dos fatores favoráveis do meio (Borém, 2017).

Assim, as análises de adaptabilidade e estabilidade permitem identificar o comportamento dos genótipos, permitindo a seleção de variedades mais estáveis e com resposta previsível as variações ambientais (SILVA E DUARTE, 2006). Existe diversas metodologias para analisar a adaptabilidade e estabilidade de um genótipo. Dentre os métodos utilizados para essa avaliação, encontra-se o método AMMI e GGEbiplot. A análise AMMI (“Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Analysis”) possui o intuito de avaliar a interação genótipo (G) x ambiente (A) através de efeitos

principais aditivos (genótipo e ambiente) e componentes multiplicativos (interação) (Zobel et al., 1988; Duarte e Vencovsky, 1999). Tal metodologia pode auxiliar na identificação de genótipos adaptados e com elevado rendimento, além de identificar o zoneamento agronômico recomendado para cultivares (Gauch e Zobel, 1996). A análise GGE (“Genotype and Genotype Environment Interaction”) tem com intuito a análise por meio de interpretações gráficas baseada em modelos de regressão (SREG - Sites Regression), sugerido por Cornelius et al. (1996) e Crossa e Cornelius (1997).

2.5 Registro de cultivares

O RNC foi instituído por meio da Portaria nº 527, de 31 de dezembro de 1997, atualmente o RNC é regido pela Lei nº 10.711, de 05 de agosto de 2003, e regulamentado pelo Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004, tem por finalidade habilitar previamente cultivares e espécies para a produção e a comercialização de sementes e mudas no País (Brasil, 2016). Para se obter o registro é necessário submeter a cultivar a ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU), além de atender outros requisitos mínimos exigidos pelo MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

A proteção de cultivares no Brasil foi promulgada em 25 de abril de 1997, o governo brasileiro promulgou a Lei nº 9.456, regulamentada pelo Decreto nº 2.366, de 5 de novembro de 1997 (Brasil, 2017). Para efetuar a proteção é necessária que a cultivar seja produto de melhoramento genético, ser de uma espécie passível de proteção no Brasil, não ter sido comercializada no exterior a mais de 4 anos, não ter sido comercializada no Brasil há mais de doze meses, ser distinta (diferenças claras de qualquer outra cuja existência na data do pedido de proteção seja reconhecida), ser homogênea (uniformidade entre plantas dentro da mesma geração) e estável (manutenção das características através de gerações sucessivas), onde os três últimos requisitos são comprovados através de experimentos específicos reunidos e denominados de Testes de DHE – Distinguibilidade, Homogeneidade e Estabilidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material genético

Foram utilizados 24 genótipos de soja (Tabela 1), sendo 20 linhagens

avançadas superiores desenvolvidas no programa de melhoramento de soja da UNESP/FCAV (Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, campus de Jaboticabal-SP). Das linhagens superiores, 17 delas são consideradas convencionais, isto é, não possuem tecnologia embarcada e apenas 3 possuem tecnologia RR (Roundup Ready). As linhagens foram comparadas à quatro cultivares comerciais de elevada tecnologia, com o intuito de elevar a média de comparação das linhagens superiores do presente trabalho. Sendo as testemunhas: M5947IPRO (G21), M6210IPRO (G22), AS3680IPRO (G23), TMG 1175 RR (G24).

Tabela 1 – Identificação dos genótipos utilizados no ensaio de VCU

Genótipo	Tecnologia	Identificação	Descrição
G1	Convencional	JAB.00-03-11/1H1C	Linhagem Superior
G2	Convencional	JAB.00-03-10/8H1D	Linhagem Superior
G3	Convencional	JAB.00-01-21/2A4D	Linhagem Superior
G4	Convencional	JAB.00-05-6/7G3D	Linhagem Superior
G5	Convencional	JAB.00-05-5/4A2D	Linhagem Superior
G6	Convencional	JAB.00-05-13/4D1D	Linhagem Superior
G7	Convencional	JAB.00-05-8/3D3A	Linhagem Superior
G8	Convencional	JAB.00-06-2/2C1D	Linhagem Superior
G9	Convencional	JAB.00-06-2/2Ca4A	Linhagem Superior
G10	Convencional	JAB.00-02-3/11L3D	Linhagem Superior
G11	Convencional	JAB.00-02-26/3D1A	Linhagem Superior
G12	Convencional	JAB.00-02-3/6A4D	Linhagem Superior
G13	Convencional	JAB 1	Linhagem Superior
G14	Convencional	JAB 30	Linhagem Superior
G15	Convencional	JAB 41	Linhagem Superior
G16	Convencional	JAB 42	Linhagem Superior
G17	Convencional	JAB 44	Linhagem Superior
G18	Roundup Ready	JAB.09-06/2	Linhagem Superior
G19	Roundup Ready	JAB.09-13/1	Linhagem Superior
G20	Roundup Ready	JAB.09-20/3	Linhagem Superior
G21	Intacta RR2 PRO	M5947IPRO	Testemunha
G22	Intacta RR2 PRO	M6210IPRO	Testemunha
G23	Intacta RR2 PRO	AS3680IPRO	Testemunha
G24	Roundup Ready	TMG 1175 RR	Testemunha

3.2 Manejo e condução experimental

Os genótipos foram avaliados nos anos agrícolas de 2018/19 (J1), 2019/20

(J2), 2020/21 (J3) e 2021/22 (J4) no município de Jaboticabal, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP/FCAV Câmpus Jaboticabal – SP (Latitude: 21°14'59" Sul, Longitude: 48°17'8", 575 metros de altitude), que está localizado na região edafoclimática 302 (REC 302) e no município de Piracicaba (Latitude: 22° 43' 30" Sul, Longitude: 47° 38' 51" Oeste, 524 metros de altitude), localizado na região edafoclimática 203 (REC 203), nos anos agrícolas de 2018/19 (P1), 2019/20 (P2), 2020/21 (P3) e 2021/22 (P4).

Todos os ensaios foram semeados em sistema de plantio direto, dentro do período compreendido pelo zoneamento agroclimático de risco para a cultura e local. Todo o manejo e tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações dos órgãos oficiais de pesquisa para a cultura (Embrapa, 2020; Embrapa, 2019; Embrapa, 2018).

Os ensaios foram conduzidos, em ambas as cidades, utilizando o delineamento de blocos casualizados (DBC), com três repetições. Cada parcela experimental foi composta por 4 linhas de 5,0 metros de comprimento, com espaçamento de 0,45 entre linhas, sendo a área útil de avaliação apenas as duas linhas centrais, descartando 0,5m de cada extremidade das linhas, totalizando uma área útil de 4m².

3.3 Caracteres avaliados

As avaliações dos caracteres foram realizadas conforme os requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso da cultura para inscrição no RNC (Registro Nacional de Cultivares), conforme descrito pelo Mapa (2022).

3.3.1 Produtividade de Grãos

A produção de grãos foi obtida por parcela, onde toda a parcela útil (4m²) foi colhida separadamente quando 100% das plantas atingiram o estágio de maturidade fisiológica (R8). As amostras colhidas foram colocadas em sacos do tipo papel kraft e levadas até um ambiente arejado e com sombra. Após esse processo as amostras foram pesadas, descontando o peso do saco de papel, e verificado a percentagem de umidade em que se encontravam no momento da pesagem. Com os dados coletados, foi realizada a conversão da produção de grãos da parcela para produtividade de grãos (PG), expressa em kg ha⁻¹, sendo corrigida a umidade dos grãos para 13%.

3.3.2 Número de dias para maturidade

Para o caráter número de dias para maturidade (NDM), inicialmente foram coletados os dados de dias de emergência das parcelas e posteriormente, o número de dias em que a parcela atingiu a maturidade fisiológica (estádio fenológico R8) segundo Ferh & Caviness (1977). Diante dos dados coletados, foi realizada a diferença de dias existente entre essas datas, originando o valor final, que corresponde ao ciclo total da planta em condições de campo.

3.3.3 Valor agronômico

Este caráter foi avaliado de forma visual, onde foram atribuídas notas para cada parcela. As avaliações foram feitas quando a planta atingiu o estágio fenológico R8, sendo avaliada a área útil das parcelas. As notas variaram de 1 a 5, onde 1 é atribuído para parcelas com baixo potencial agronômico e o valor 5 para genótipos com excelente potencial agronômico.

Para a atribuição do valor agronômico são consideradas as características de forma visual, levando-se em consideração o porte da planta, acamamento, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens formadas e sanidade da planta.

3.3.4 Acamamento

O acamamento foi determinado de forma visual, onde são atribuídas notas para a área útil das parcelas. As avaliações também foram feitas quando a maior parte da parcela atingiu a maturidade fisiológica (estádio fenológico R8). As notas foram atribuídas de 1 a 5 de forma visual.

Foram atribuídas as notas, levando-se em consideração a seguinte caracterização: 1 – inexistência de plantas acamadas, ou quase nenhuma planta acamada; 2 – quando até 25% das plantas estão acamadas; 3 – onde todas as plantas se encontram parcialmente inclinadas ou de 25 a 50% das plantas estavam acamadas; 4 – para as parcelas em que todas as plantas estavam fortemente inclinadas ou de 50 a 80% das plantas acamadas; 5 - Mais de 80% das plantas acamadas.

3.4 Análises dos dados

Os dados obtidos para os caracteres Números de Dias para Maturidade (NDM), Valor agronômico (VA) e Acamamento (Ac) foram submetidos à análise de variância individual, e comparados pelo teste de Scott e Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro. Os dados de produtividade (PG) e número de dias para maturidade (NDM) foram submetidos a análise de variância, onde verificou-se que o quociente entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo dos ambientes (QMR+/ QMR-) foi inferior a sete, o que segundo Pimentel-Gomes (2000), tal fato permite realizar a análise conjunta. Sabendo que as variâncias se apresentaram homogêneas e os resíduos normalizados, foram realizadas as análises conjuntas dos dados, onde foi considerado o efeito de genótipo como fixo e os ambientes como efeito aleatório. Por sua vez, os dados de NDM, VA e Ac foram utilizados apenas para a caracterização dos genótipos quanto aos padrões comerciais para a cultura da soja.

Os resultados das análises de variância individual foram gerados utilizando o software Genes (Cruz, 2013), já a análise AMMI, e GGEbiplot foram gerados utilizando o software R versão 4.2.1, e o pacote Metan versão 1.17.0 (Olivoto e Lúcio, 2020; R Core Team, 2021).

Após verificar a significância das interações genótipo x ambiente para o caráter PG, realizou-se as análises AMMI e GGE biplot. A análise AMMI tem como intuito modelar efeitos principais e interações combinando a análise de variância e a análise de componentes principais (Duarte, 1999) com o intuito de ajustar os efeitos principais e as interações (Zobel et al., 1988). A análise AMMI pode ser representada pelo modelo:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \tau_j + \sum_{k=1}^K \lambda_k a_{ik} t_{jk} t_{jk} + \rho_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Onde y_{ij} refere-se à variável resposta observada no k -ésimo bloco do i -ésimo genótipo no j -ésimo ambiente ($i = 1, 2, \dots, G$ genótipos; $e; j = 1, 2, \dots, A$ ambientes); μ é a média geral dos ensaios; α_i é o efeito principal do genótipo i ; τ_j é o principal efeito do ambiente j ; λ_k é o valor singular para o k -ésimo eixo do componente principal; a_{jk} são o i -ésimo elemento do k -ésimo autovetor de genótipos; t_{jk} é o j -

ésimo elemento do k -ésimo autovetor de ambientes. ρ_{ij} é o resíduo associado a interação genótipo ambiente e ε_{ij} é o erro experimental médio. A fim de identificar o número de eixos utilizados na análise, adotou-se o método de validação cruzada proposto por Gauch (1988), nesse procedimento foi utilizado mil randomizações, como sugerido por Piepho (1994). Diante disso, optou-se pela utilização do modelo AMMI1 para todas as variáveis.

O método GGE biplot também foi empregado nas análises do caráter PG, sendo que para esse modelo, considera-se os dois primeiros componentes principais provenientes da decomposição por valores singulares de dados obtidos da análise dos ensaios multiambientes, centrados no ambiente (Yan et al., 2000). A análise GGE pode ser representada pelo modelo:

$$\Phi_{ij} = Y_{ij} - \mu - \beta_j = \sum_{k=1}^p \xi_{ik}^* \eta_{jk}^*$$

Onde Y_{ij} é o rendimento médio do genótipo i no ambiente j , ($i=1,\dots,g;j=1,\dots,e;i=1,\dots,g;j=1,\dots$) e sendo g e e o número de genótipos e ambientes, respectivamente; μ é a média geral; β_j é o efeito principal do ambiente j e Φ_{ij} é o efeito de interação entre genótipo i e o ambiente j ; $\xi_{ik}^* = \lambda_k^\alpha \xi_{ik}$; $\eta_{jk}^* = \lambda_k^{1-\alpha} \eta_{jk}$ sendo λ_k o k -ésimo autovalor da SVD ($k=1,\dots,p$), com $p \leq \min(e,g)$; α é o fator de partição do valor singular para o Componente Principal (PC) k (Yan 2007); ξ_{ik}^* e η_{jk}^* são os escores do PC k para genótipo i e ambiente j , respectivamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 está apresentado a análise de variância conjunta dos genótipos na cidade de Jaboticabal – SP, nos anos agrícolas 2018/19 (J1), 2019/20 (J2), 2020/21 (J3) e 2021/22 (J4). Para os caracteres avaliados, houve diferença significativa para a fonte de variação genótipos ($p < 0,01$), para os caracteres NDM (número de dias para maturidade) e Ac (acamamento) indicando variabilidade genética entre os tratamentos avaliados. Também foram observados efeitos significativos para a interação genótipo x ambiente (GxE) indicando que os genótipos se comportaram de forma diferente nos

diferentes ambientes, para quase todos os caracteres, sendo apenas NDM não significativo para essa fonte de variação.

Para a fonte de variação ambiente, todos os caracteres apresentaram efeitos significativos ($p < 0,01$), indicando que diferiram entre si. O coeficiente de variação (CV%) apresentou uma variação, para PG apresentou 21,69% e para Ac 23,68%, sendo classificado como alto coeficiente de variação, já NDM com 8,51%, classificado como baixo e VA (13,87%) como médio, ficando abaixo de 30% indicando que os valores obtidos estão dentro do limite recomendado (Pimentel-Gomes, 2009), sugerindo uma boa acurácia dos dados obtidos.

Tabela 2 - Análise de variância conjunta de 24 genótipos de soja, avaliados em Jaboticabal -SP, nos anos agrícolas 2018/19, 2019/20, 2020/21 e 2021/22

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado médio			
		PG	NDM	VA	Ac
Bloco / Ambiente	8	492655	48.46	0.36	0.19
Ambiente	3	20526898.14**	2881.44 **	34.18 **	15.16 **
Genótipo	23	613887.1 ^{NS}	390.51**	1.01 ^{NS}	2.85 **
Genótipo x Ambiente	69	630456.87 *	113.58 ^{NS}	1.23 **	0.85 **
Resíduo	184	428010.64	98.39	0.28	0.14
CV (%)		21.69	8.51	13.87	23.68
QMR+/QMR-		3.27	73.65	4.96	2.03
Médias		3016.54	116.56	3.81	1.56

GL: Grau de liberdade; CV (%): coeficiente de variação. *, **: nível de significância de 5% e 1% de probabilidade respectivamente; PG: produtividade de grãos; NDM: Número de dias para maturidade; VA: Valor agrônomo; Ac: Acamamento; QMR+/QMR-: quociente entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo dos ambientes.

Os dados da análise de variância conjunta dos genótipos avaliados em Piracicaba – SP estão apresentados na tabela 3, para os anos agrícolas 2018/19 (P1), 2019/20 (P2), 2020/21 (P3) e 2021/22 (P4). Podemos observar que para a fonte de variação ambiente, apenas o caráter PG (produtividade de grãos) não houve diferença estatística. Já para a fonte de variação genótipo, houve diferença estatística para todos os caracteres, indicando variabilidade genética entre os tratamentos avaliados. Mas para interação genótipo x ambiente, assim como na cidade de Jaboticabal – SP, apenas NDM não apresentou diferença significativa, indicando que os genótipos se comportaram de forma diferente nos diferentes ambientes, para quase todos os caracteres.

Observando o coeficiente de variação dos dados de Piracicaba – SP, de acordo com Pimentel-Gomes (2009), para o caractere PG e Ac os coeficientes de variação se apresentam altos, já para VA são considerados médios e área NDM baixo. Ao verificar o quociente entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo dos ambientes (QMR+/QMR-), para ambas as cidades, ficam abaixo de sete, com exceção do caráter NDM, permitindo a realização da análise conjunta dos dados.

Tabela 3 - Análise de variância conjunta de 24 genótipos de soja, avaliados em Piracicaba -SP, nos anos agrícolas 2018/19, 2019/20, 2020/21 e 2021/22

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado médio			
		PG	NDM	VA	Ac
Bloco / Ambiente	8	1405412.85	36.71	0.25	0.65
Ambiente	3	3058535.92 ^{NS}	2677.86 ^{**}	10.37 ^{**}	57.09 ^{**}
Genótipo	23	1435071.53 [*]	451.26 ^{**}	1.69 [*]	5.42 ^{**}
Genótipo x Ambiente	69	838696.26 [*]	117.83 ^{NS}	0.93 ^{**}	1.49 ^{**}
Resíduo	184	548408.79	94.82	0.43	0.4
CV (%)		23.47	8.14	17.41	30.23
QMR+/QMR-		3.42	69.37	2.4	6.66
Médias		3155.86	119.59	3.79	2.09

GL: Grau de liberdade; CV (%): coeficiente de variação. *, **: nível de significância de 5% e 1% de probabilidade respectivamente; PG: produtividade de grãos; NDM: Número de dias para maturidade; VA: Valor agrônomo; Ac: Acamamento; QMR+/QMR-: quociente entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo dos ambientes.

Na Figura 1 podem ser observados os dados de precipitação (em milímetros – mm) e temperatura média (em graus celsius - °C), obtidos pela estação Agroclimatológica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal e pelo Posto Meteorológico "Professor Jesus Marden dos Santos" ESALQ – USP em Piracicaba, cujos dados foram coletados durante o período de condução dos experimentos na cidade de Jaboticabal – SP e Piracicaba – SP. Observa-se que existe uma diferença entre os anos agrícolas e as regiões edafoclimáticas, tanto na precipitação, quanto na temperatura, o que pode influenciar no desempenho de cultivares.

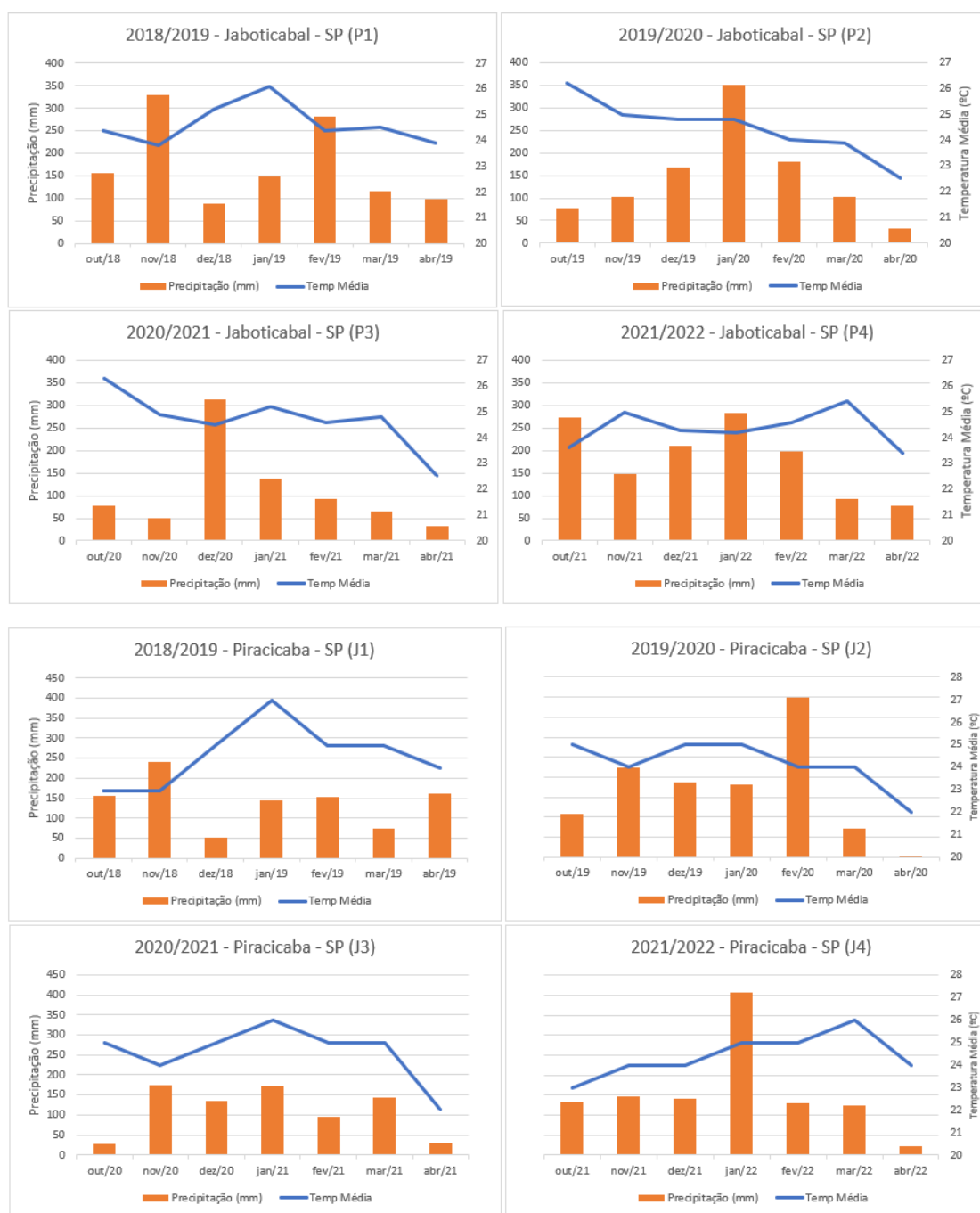


Figura 1 - Precipitação (mm) e temperatura média (°C) referentes aos períodos de condução dos experimentos, durante quatro anos agrícolas, nos municípios de Jaboticabal – SP e Piracicaba – SP.

Na Figura 1, no município de Jaboticabal – SP no ano agrícola 2018/2019 (J1) observamos a ocorrência de temperaturas, entre 24 e 26 °C, e precipitações regulares. No ano agrícola 2019/2020 (J2), a precipitação se apresentou irregular, com um

acúmulo de chuva maior no mês de janeiro e temperaturas entre 22 e 26 °C. No ano agrícola de 2020/2021 (J3) a precipitação foi menor que os anos anteriores, com Índice pluviométrico maior no mês de dezembro, e temperaturas entre 22 e 26 °C. Por sua vez, no ano agrícola 2021/2022 (J4) as precipitações foram maiores e mais regulares, com temperaturas entre 23 e 26 °C.

Por sua vez, no município de Piracicaba, os anos agrícolas 2018/2019 (P1) e 2020/2021 (P3) foram semelhantes, com ocorrência de poucas chuvas e temperaturas entre 22 e 27 °C. No ano agrícola 2019/2020 (P2), as precipitações foram superiores e a temperatura ficou em torno de 22 a 25 °C. No ano agrícola 2021/2022 (P4), as chuvas foram mais regulares com um índice maior no mês de janeiro, e a temperatura média variou de 23 a 26 °C.

O teste de média foi comparado para pelo teste de Scott e Knott ao nível de 5% de probabilidade. Na Tabela 4 e 5 estão apresentados o teste de média dos genótipos na cidade de Jaboticabal – SP e na cidade de Piracicaba – SP, respectivamente, nos 4 anos agrícolas (2018/19, 2019/20, 2020/21 e 2021/22). Para o caráter PG (produtividade de grãos) todos os genótipos tiveram comportamentos iguais na cidade de Jaboticabal, mas os genótipos com maiores médias produtivas foram G23, G10, G15, G2, G4 e G1. Na cidade de Piracicaba, os genótipos que se destacaram estatisticamente foram G10, G23, G14, G17, G15, G1, G11, G20, G3, G24, G9 e G16.

Ao observar a produção de grãos dos genótipos, percebemos a existência de genótipos que apresentam uma produtividade superior à produtividade média brasileira de 3.112 kg/ha relativa ao ano agrícola de 2021/2022 (Conab, 2022b), último ano agrícola de condução experimental deste trabalho e a produtividade de 3.508 kg/ha, no ano agrícola 2022/23 (Conab, 2023a).

Para o caráter NDM (número de dias para maturidade), observa-se que todos os genótipos apresentam ciclo que variam de 110 a 126 dias. Esses dados indicam que tais genótipos são indicados para o cultivo em rotação Soja x Cana-de-açúcar, já que para esse sistema de cultivo é necessário que as cultivares de soja apresentem ciclo de até 125 dias, para que possa ocupar uma área coincidente com a época das chuvas, trazendo boa produtividade e possibilitando lucro na venda, sem influenciar no período de plantio da cultura principal, a cana-de-açúcar (Unêda-Trevisoli, et al. 2010; Lima, 2019; Alexandrino, 2023). Estatisticamente os genótipos G1, G4, G8, G7,

G21, G22, G23 se comportaram como mais precoces em ambas as cidades, apresentando ciclos entre 102 e 113 dias para Jaboticabal e 107 e 116 dias para Piracicaba. Já os demais genótipos o ciclo varia entre 115 e 126 dias.

Para valor agronômico (VA), as notas variam entre 3,21 e 4,42 para Jaboticabal e para Piracicaba entre 3,17 e 4,58. Sabendo que os valores atribuídos são com base nas características da planta, sendo 1 (plantas com características ruins) a 5 (plantas com ótimas características), podemos inferir que todos os genótipos apresentam boas características para cultivo. Dando destaque para os genótipos G23, G24, G18, G11, G9, G15, G21, G22 e G2 para a cidade de Jaboticabal (Tabela 4). Já para a cidade de Piracicaba (Tabela 5) podemos destacar os genótipos G24, G11, G23, G1 e G10.

O caráter acamamento (Ac), a escala de valores varia de 1 (todas as plantas eretas) a 5 (todas as plantas acamadas), nesse sentido, podemos observar que os valores atribuídos aos genótipos, variam entre 1,04 e 2,83 na cidade de Jaboticabal (Tabela 4) e entre 1,17 e 3,25 para a cidade de Piracicaba (Tabela 5). Podemos inferir que os valores apresentados indicam que os genótipos são eretos, contribuindo para uma melhor adaptação à colheita mecanizada, realizada na cultura da soja.

O acamamento das plantas pode provocar uma redução de produtividade, redução da qualidade dos grãos, pode ainda dificultar a colheita mecanizada, além de propiciar o aumento de incidência de doenças (Balbinot Júnior, 2012; Silveira e Conte, 2013; Faccin, 2022). Segundo Leite et. al (2016), plantas de maior altura e que não acamam, resultam em plantas produtivas por apresentarem uma maior área para a formação de nós produtivos.

Tabela 4 - Teste de média de 24 genótipos, para os caracteres produtividade (PG), número de dias para maturidade (NDM), Valor agrônômico (VA) e Acamamento (Ac), para os quatro anos agrícolas 2018/19, 2019/20, 2020/21 e 2021/22 na cidade de Jaboticabal – SP.

Genótipo	PG (kg/ha)	NDM (dias)	VA (Notas)	Ac (Notas)
G1	3129.00 A	111.50 B	3.75 B	2.20 B
G2	3335.81 A	123.92 A	3.96 A	1.58 C
G3	2978.41 A	118.58 A	3.83 B	1.46 C
G4	3255.78 A	113.58 B	3.21 B	2.83 A
G5	3029.38 A	117.67 A	3.29 B	2.75 A

G6	2859.50	A	122.50	A	3.83	B	1.50	C
G7	2648.13	A	102.33	B	3.50	B	1.04	D
G8	2948.57	A	106.58	B	3.54	B	1.25	D
G9	3043.02	A	119.25	A	4.04	A	1.08	D
G10	3388.53	A	117.75	A	3.79	B	1.50	C
G11	3006.84	A	118.08	A	4.08	A	1.25	D
G12	2801.19	A	118.50	A	3.54	B	2.17	B
G13	3052.65	A	121.83	A	3.67	B	1.46	C
G14	3086.29	A	125.75	A	3.75	B	1.58	C
G15	3336.54	A	116.08	A	4.04	A	1.21	D
G16	3120.69	A	119.08	A	3.67	B	1.63	C
G17	2820.38	A	119.00	A	3.83	B	1.17	D
G18	2860.69	A	120.67	A	4.17	A	1.08	D
G19	2748.19	A	115.67	A	3.75	B	1.71	C
G20	2791.17	A	122.58	A	3.67	B	1.83	C
G21	3023.03	A	109.58	B	4.04	A	1.17	D
G22	3043.41	A	110.92	B	4.00	A	1.46	C
G23	3460.38	A	110.00	B	4.42	A	1.33	D
G24	2629.39	A	116.00	A	4.25	A	1.25	D

Letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si. PG: produtividade de grãos; NDM: Número de dias para maturidade; VA: Valor agrônômico; Ac: Acamamento

Tabela 5 - Teste de média de 24 genótipos, para os caracteres produtividade (PG), número de dias para maturidade (NDM), Valor agrônômico (VA) e Acamamento (Ac), para os quatro anos agrícolas 2018/19, 2019/20, 2020/21 e 2021/22, na cidade de Piracicaba - SP.

Genótipo	PG (kg/ha)	NDM (dias)	VA (Notas)	Ac (Notas)		
G1	3419.05	A	4.17	A	2.67	B
G2	2724.80	B	3.75	B	2.17	C
G3	3317.32	A	3.67	B	2.58	B
G4	2927.94	B	3.67	B	3.25	A
G5	3129.10	B	3.58	B	3.17	A
G6	2531.46	B	3.92	B	2.00	D
G7	2958.26	B	3.33	C	1.33	E
G8	2889.00	B	3.17	C	2.67	B
G9	3278.34	A	3.83	B	1.75	D
G10	3989.67	A	4.08	A	1.25	E
G11	3404.83	A	4.50	A	1.75	D
G12	2852.81	B	3.92	B	2.33	C
G13	3109.81	B	3.75	B	1.33	E
G14	3516.17	A	3.75	B	1.67	D
G15	3421.22	A	3.67	B	2.58	B

G16	3217.08	A	121.67	A	3.33	C	2.83	A
G17	3465.70	A	124.33	A	3.83	B	2.08	C
G18	2961.30	B	124.00	A	3.50	C	1.67	E
G19	2970.71	B	112.33	B	3.42	C	3.17	A
G20	3377.22	A	126.50	A	3.92	B	2.17	C
G21	2566.67	B	113.33	B	3.25	C	1.67	E
G22	2847.37	B	111.33	B	3.92	B	1.17	E
G23	3562.90	A	113.00	B	4.42	A	1.75	D
G24	3301.81	A	122.50	A	4.58	A	2.17	C

Letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si. PG: produtividade de grãos; NDM: Número de dias para maturidade; VA: Valor agrônômico; Ac: Acamamento

A Tabela 6 e 7 estão apresentados os resultados médios dos caracteres avaliados, comparados pelo teste de Scott e Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro, para os ambientes avaliados, na cidade de Jaboticabal – SP e Piracicaba – SP, respectivamente. Para o caractere PG o ano agrícola 2019/2020, em ambas as cidades, Jaboticabal (Tabela 6) e Piracicaba (Tabela 7) se demonstraram estatisticamente superiores aos demais.

Já para a característica NDM, na cidade de Jaboticabal (Tabela 6), os anos agrícolas 2020/2021 (J3) e 2021/22 (J4), apresentaram maiores ciclos, e para os caracteres VA e Ac o ano agrícola 2021/22 (J4), apresentou valores estatisticamente favoráveis para os genótipos. Ma para a cidade de Piracicaba (Tabela 7), o ano agrícola 2018/2019 (P1), apresentou médias de ciclo maiores que os demais anos, já para os caracteres VA e Ac, o ano agrícola 2020/2021 (P3), se apresentaram estatisticamente favoráveis para os genótipos. Tais diferenças de comportamento, podem ter influência da variação climática entre os diferentes anos agrícolas, visto que a cultura da soja sofre grande influencia do fotoperíodo.

Tabela 6 -Teste de média, quanto aos ambientes avaliados 2018/2019 (J1), 2019/2020 (J2), 2020/2021 (J3) e 2021/22 (J4) para a cidade de Jaboticabal – SP

Ambiente	PG (kg/ha)	NDM (Dias)	VA (Notas)	Ac (Notas)				
J1	3084.69	B	110.21	B	3.75	B	2.2	A
J2	3628.86	A	112.29	B	3.46	C	1.59	B
J3	2326.89	C	123.47	A	3.26	D	1.21	C
J4	3025.74	B	120.26	A	4.81	A	1.24	C

Letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si. PG: produtividade de grãos; NDM:

Número de dias para maturidade; VA: Valor agrônômico; Ac: Acamamento

Tabela 7 - Teste de média, quanto aos ambientes avaliados 2018/2019 (P1), 2019/2020 (P2), 2020/2021 (P3) e 2021/22 (P4) na cidade de Piracicaba – SP

Ambiente	PG (kg/ha)	NDM (Dias)	VA (Notas)	Ac (Notas)
P1	3139.75 B	127.34 A	3.32 C	2.97 A
P2	3451.55 A	112.66 C	3.88 B	1.17 D
P3	2997.9 B	117.97 B	4.24 A	1.5 C
P4	3034.22 B	120.4 B	3.72 B	2.72 B

Letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si. PG: produtividade de grãos; NDM: Número de dias para maturidade; VA: Valor agrônômico; Ac: Acamamento

Abaixo, na Tabela 9 e 10, podem ser observados os resultados da variância genotípica e decomposição da interação genótipo x ambiente por meios dos componentes principais para os caracteres PG e NDM, sendo apresentado na Tabela 9 os resultados para a cidade de Jaboticabal e na Tabela 10 para a cidade de Piracicaba.

De acordo com os resultados obtidos dos componentes principais na análise AMMI, para a cidade de Jaboticabal – SP (Tabela 9), para o caráter PG (Kg/ha), o primeiro componente principal (PC1) foi capaz de explicar 47,4% da variação, o segundo (PC2) 32,3% da variação, sendo que juntos conseguem explicar 79,7% da variação, o terceiro (PC3) 20,3% da variação, totalizando 100%. Para o caráter NDM (dias), o primeiro componente principal (PC1) foi capaz de explicar 49,2% da variação, o segundo (PC2) 30% da variação, sendo que juntos conseguem explicar 79,3% da variação, e o terceiro (PC3) 20,7% da variação, totalizando 100%.

Na Tabela 10 estão apresentados os resultados dos componentes principais na análise AMMI, para a cidade de Piracicaba – SP, para o caráter PG (Kg/ha), o primeiro componente principal (PC1) é capaz de explicar 61% da variação, o segundo componente principal (PC2) corresponde a 20,7%, explicando juntos a 81,7% da variação, sendo o terceiro componente principal (PC3) capaz de explicar 18,3% da variação, totalizando 100%.

De acordo com Cruz (2011) o grande percentual de variação explicada em apenas dois componentes principais, indica a adequação do modelo, para os dados

obtidos. Segundo Yang et al. (2009) quando os dois primeiros componentes principais explicam cerca de 60% da variação total, tais resultados fornecem maior confiabilidade às análises biplots. A variação de percentagem dos componentes principais observadas no presente estudo, se encontra em concordância com as variações observadas em trabalhos semelhantes (Yokomizo, 2013; Rocha et al., 2004; Oliveira et al., 2003).

Tabela 8 - Análise de variância para genótipos, decomposição da interação GxE usando componentes principais (PC) e variação explicada (Vexp) e acumulada (Vacm) para o caráter Produtividade de grãos (PG) e Número de dia para maturidade (NDM) em quatro anos agrícolas, para a cidade de Jaboticabal – SP.

Fonte de Variação	GL	PG (Kg/ha)			NDM (dias)		
		QM	Vexp	Vacm	QM	Vexp	Vacm
Ambiente	3	23994648.64**	-	-	2420.99**	-	-
Bloco / Ambiente	8	416485.69 NS	-	-	17.32 NS	-	-
Genótipo	23	569901.79**	-	-	239.93**	-	-
Genótipo x Ambiente	69	563140.42**	-	-	24.84**	-	-
PC1	25	736968.89**	47.4	47.4	33.76**	49.2	49.2
PC2	23	545911.41*	32.3	79.7	22.39**	30	79.3
PC3	21	375071.64 NS	20.3	100	16.91 NS	20.7	100
Resíduo	184	315527.57	-	-	11.18	-	-
Total	356	629758.49	-	-	51.7	-	-

GL: Grau de liberdade; QM: Quadrados médios. Vexp: variação explicada; Vacm: variação acumulada; % Exp: Porcentagem explicada. *, **: nível de significância de 5% e 1% de probabilidade respectivamente.

Tabela 9 - Análise de variância para genótipos, decomposição da interação GxE usando componentes principais (PC) e variação explicada (Vexp) e acumulada (Vacm) para o caráter Produtividade de grãos (PG) e Número de dia para maturidade (NDM) em quatro anos agrícolas, para a cidade de Piracicaba - SP

Fonte de Variação	GL	PG (Kg/ha)			NDM (dias)		
		QM	Vexp	Vacm	QM	Vexp	Vacm
Ambiente	3	4632823.83 NS	-	-	1821.72**	-	-
Bloco / Ambiente	8	1360367.87**	-	-	6.84 NS	-	-
Genótipo	23	1374328.17**	-	-	296.42**	-	-
Genótipo x Ambiente	69	764282.32**	-	-	28.77**	-	-
PC1	25	1286623.01**	61	61	46.92**	59.1	59.1

PC2	23	475389.32 NS	20.7	81.7	24.32**	28.2	87.3
PC3	21	458854.77 NS	18.3	100	12.04 NS	12.7	100
Resíduo	184	456187.12	-	-	7.24	-	-
Total	356	690450.43	-	-	49.55	-	-

GL: Grau de liberdade; QM: Quadrados médios. Vexp: variação explicada; Vacm: variação acumulada; % Exp: Porcentagem explicada. *, **: nível de significância de 5% e 1% de probabilidade respectivamente.

Na Figura 2, encontra-se apresentado graficamente o resultado para o caráter Produtividade de grãos (PG) e Número de dias de maturação (NDM), para a cidade de Jaboticabal, e a Figura 3 para a cidade de Piracicaba, gerados por meio das análises AMMI pelo método AMMI1, os quais são apresentados em função da variável resposta e da estabilidade a qual é representada pelo eixo do primeiro componente principal (PC1). De acordo com Duarte e Vencovsky (1999), na análise AMMI, os genótipos próximos ao eixo das ordenadas (eixo PC1), possuem escores próximos a zero, e esses, são considerados genótipos estáveis, isso significa que são os genótipos que menos contribuem para a interação genótipo x ambiente. Além disso, observamos que mais à direita do gráfico, estão localizados os genótipos mais produtivos.

Observando a Figura 2a, verificamos que os anos agrícolas 2019-2020 e 2020-2021 se encontram distantes do centro, além de estarem distantes da maior parte dos genótipos, diante disso podemos inferir que os genótipos se desenvolveram melhor nos anos agrícolas 2018-2019 e 2021-2022. Podemos destacar os genótipos G10, G15, G8, G4, G2 e a testemunha G23. Tais genótipos apresentam ciclos médios de 119, 118, 116, 115, 125 e 111 dias respectivamente. Foram atribuídas as notas médias 3,94; 3,85; 3,65; 3,44; 3,85 e 4,21 para o caráter valor agrônômico e para o caráter acamamento foram atribuídas as notas médias 1,38; 1,90; 2,04; 3,04; 2,44 e 1,71. Dentre esses genótipos, os mais estáveis são o G10, G15 e G8. Podemos perceber que as notas de acamamento foram baixas, indicando que esses genótipos apresentam baixo acamamento, assim como a testemunha G23. Para o caráter Valor agrônômico, para esses genótipos, as notas foram próximas a 4, indicando que apresentam boas características agrônômicas, assim como a testemunha G23.

Ao observar a Figura 2b os genótipos localizados mais para a esquerda, são considerados mais precoces, já os genótipos posicionados mais à direita são mais

tardios. Assim podemos considerar mais tardios os genótipos G2, G14, G20, G18 e G6, já os mais precoces são G21, G23, G22, G1, G7 e G4.

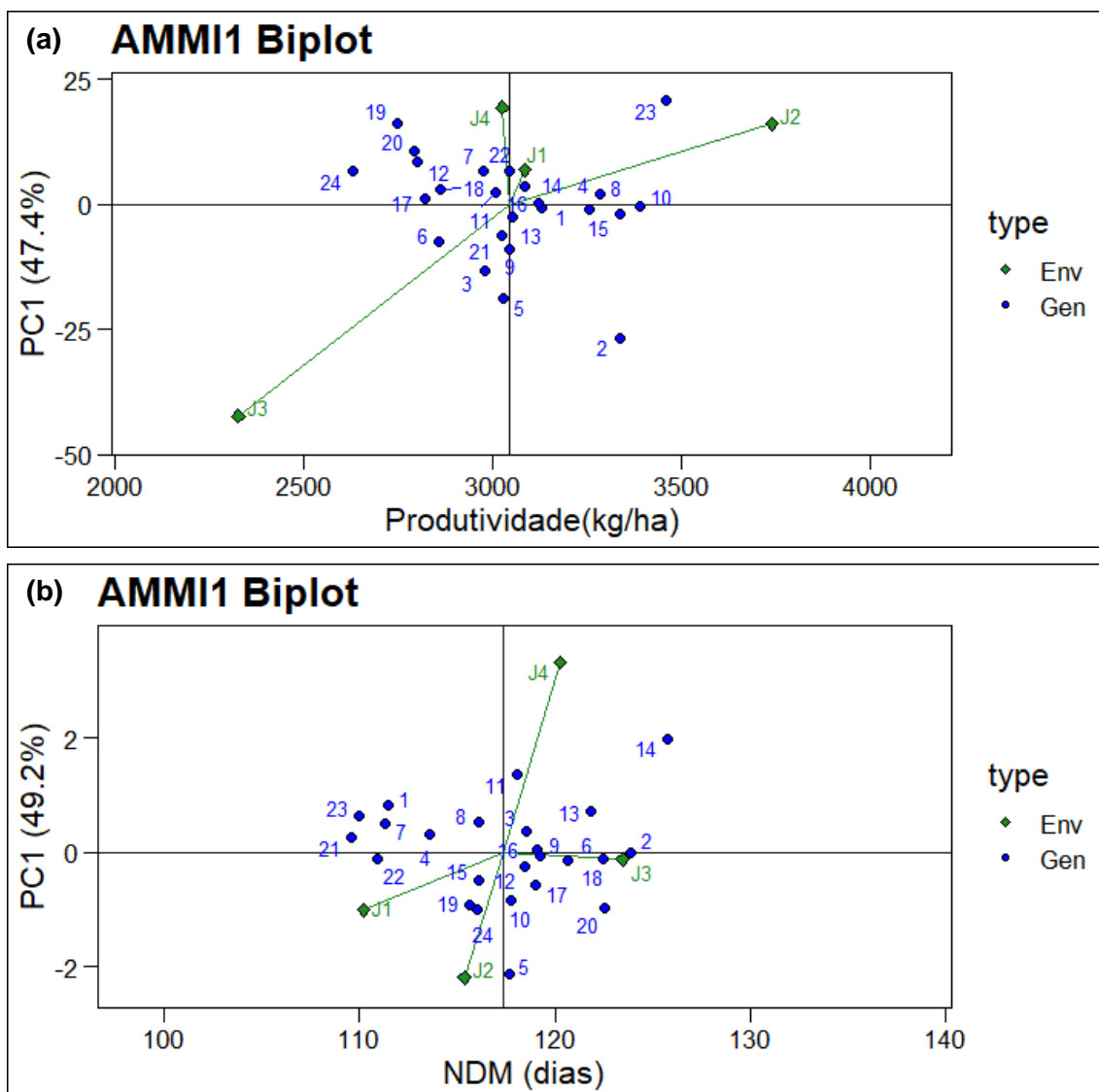


Figura 2 - Biplot segundo análise AMMI de 24 genótipos de soja (G1 à G24), para os caracteres Produtividade (PG) (a) e Número de dias para maturidade (NDM) (b) em quatro ambientes, na cidade de Jaboticabal – SP.

Na figura 3a, podemos observar o comportamento dos genótipos quanto a produtividade na cidade de Piracicaba - SP, constatamos que os genótipos mais produtivos são G10, G14, G17, G1, G15 e a testemunha G23, esses genótipos apresentam ciclos médio de 119, 125, 121, 112, 118 e 111 dias respectivamente. A média de notas atribuídas para caracterizar esses genótipos foram para valor agrônomo 3,94; 3,75; 3,83; 3,96; 3,85 e 4,42, já para acamamento foram 1,38; 1,63;

1,63; 2,44;1,90 e 1,54 respectivamente, podemos observar que os valores atribuídos aos genótipos são próximos aos valores atribuídos a testemunha.

A figura 3b apresenta os genótipos quanto ao número de dias de maturidade, na cidade de Piracicaba. Os genótipos mais tardios são G20; G13; G14 e G2, com médias de ciclo de 124; 123; 125 e 125 dias respectivamente. Já os mais precoces são G22, G19, G1, G23 e G21, com média de ciclo de 111, 114, 112, 111 e 111 dias respectivamente. Pode-se perceber que existe alguns genótipos em comum nas cidades de Jaboticabal e Piracicaba, sendo eles o G22, G21, G20, G2 e G1.

Sabe-se que componentes climáticos como temperatura e precipitação influenciam no desenvolvimento da cultura da soja. A falta de chuva em períodos reprodutivos, influencia de forma negativa na produtividade, isso porque pode causar abortamento das flores e/ou até mesmo das vagens (Souza, 2019). De acordo com Pieper et al. (2020) o conhecimento da temperatura e a precipitação da região de cultivo, é de extrema importância na determinação das condições de produção da cultura da soja. Segundo Frigeri (2019), a soja é sensível ao fotoperíodo, influenciando no período vegetativo da planta, causando alterações no seu ciclo, tal fato pode promover modificações morfológicas na planta, e por consequência, na produção e rendimento de grãos. Carvalho (2021) e Mattos et al. (2020) confirmam esses fatos, constatando a influência direta do fotoperíodo nas plantas, com relação à altura da planta, onde o dossel desempenha um papel importante na absorção de radiação e na produção de fotoassimilados, os quais por sua vez, influenciam no enchimento de grãos.

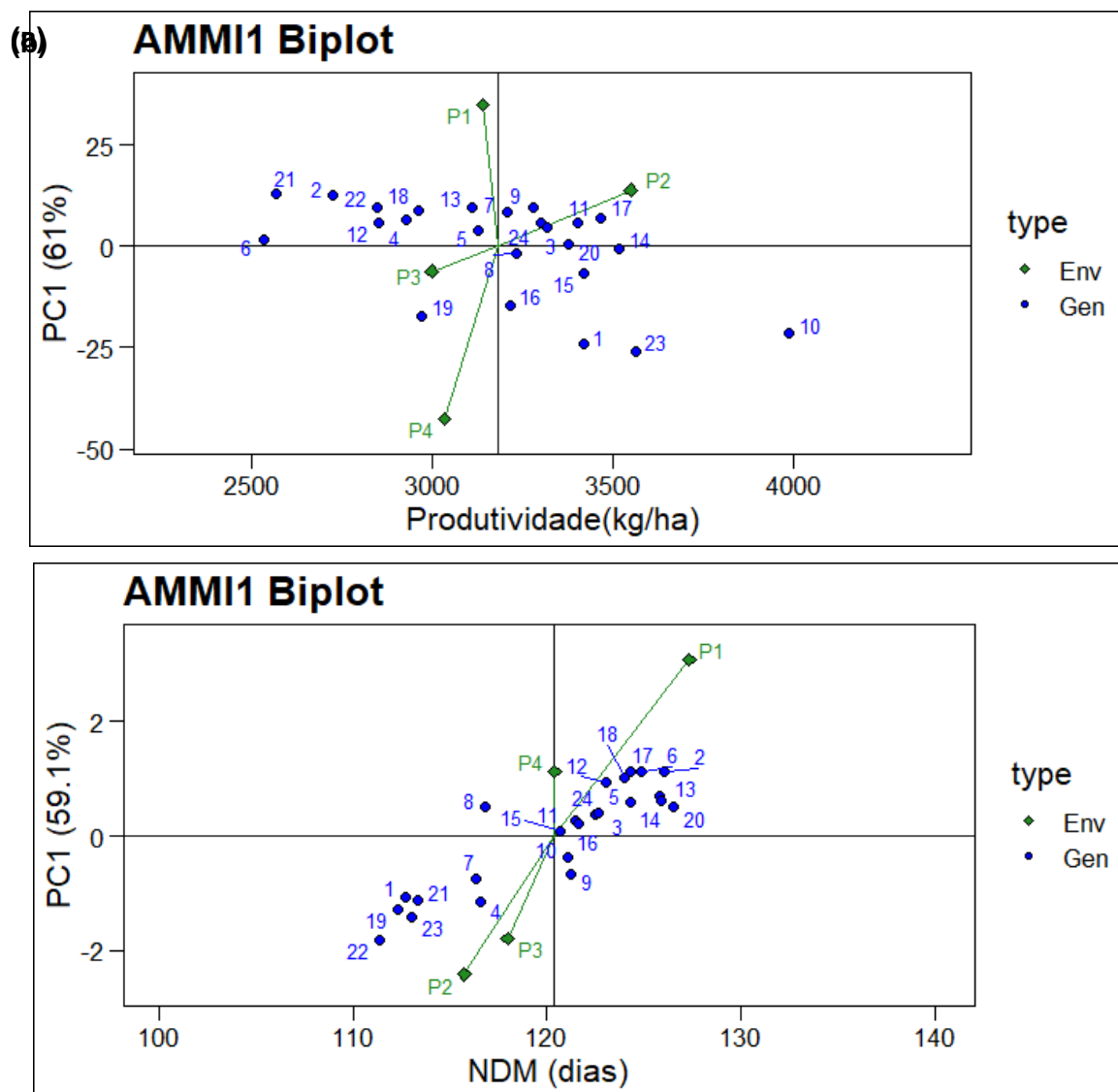


Figura 3 - Biplot segundo análise AMMI de 24 genótipos de soja (G1 à G24), para os caracteres Produtividade (PG) (a) e Número de dias para maturidade (NDM) (b) em quatro ambientes, na cidade de Piracicaba – SP.

Por sua vez, para a análise de GGE-Biplot, é obtido um gráfico também de natureza Biplot, conhecido como “quem ganhou onde”. Esta análise gráfica é obtida plotando-se as pontuações dos dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) em relação aos genótipos e ambientes, gerando uma ferramenta visual para análise de magambientes (Yan et al. 2007; Olivoto e Lúcio, 2020). Para que esse biplot seja gerado, são considerados os genótipos mais distantes da origem, formando assim, um polígono (Yan et al., 2007). As linhas perpendiculares dividem os lados do polígono em setores, sendo cada setor apresentado por um genótipo vértice. Neste sentido, o genótipo com maior rendimento em determinado ambiente compartilha o setor com

ele (Yan et al. 2007).

Diante do exposto, na Figura 4 estão apresentados os resultados obtidos da análise “quem ganhou onde” do modelo GGEbiplot para o caráter produtividade de grãos (PG), representando assim, a interação dos genótipos com os ambientes (as diferentes cidades e anos agrícolas), sendo para a Figura 4a resultados na cidade de Jaboticabal e a Figura 4b em Piracicaba.

Ao observar a Figura 4a, verificamos que os genótipos mais responsivos aos estímulos ambientais são G2; G5; G6; G19 e as testemunhas G23 e G24, isso porque esses genótipos se encontram mais distantes da origem, formando assim, os vértices do polígono. Sendo que o G2 se apresentou mais responsivos ao ano agrícola 2020/21 na cidade de Jaboticabal, se mostrando mais responsivos a um ambiente com menor precipitação ao longo do seu ciclo de desenvolvimento.

Já para a cidade de Piracicaba, percebemos que os genótipos G1; G10; G17; G2; G6 e as testemunhas G21 e G23. Os genótipos se comportaram de forma diferente em Piracicaba – SP, sendo que os genótipos G17 e G2 e G21 se mostraram mais responsivos ao ano agrícola 2018/19, e o G10 ao ano agrícola 2020/21, ambos os anos apresentaram baixas precipitações com relação aos outros anos.

Assim, podemos inferir que o genótipo G2 é mais adaptado a ambientes com menor precipitação ao longo do seu ciclo de desenvolvimento. Por sua vez, o genótipo G23 se adapta melhor a ambientes com precipitação mais regulares, em ambas as cidades.

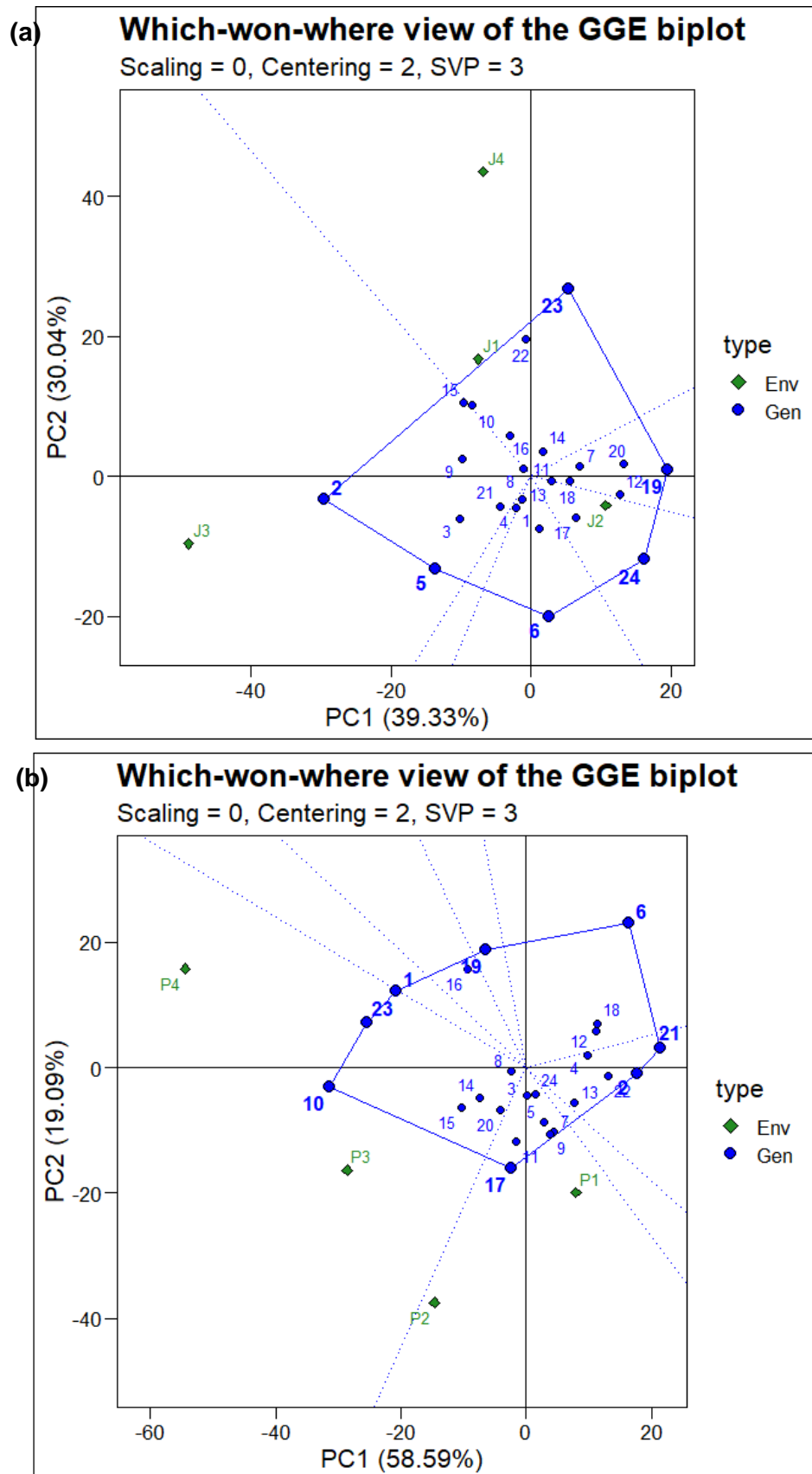


Figura 4 - Biplot segundo análise GGE com base na interação Genotipo x Ambiente,

do ensaio VCU de 24 genótipos de soja (G1 à G24), em quatro anos agrícolas, em (a) Jaboticabal – SP e (b) Piracicaba – SP, para o caráter Produtividade de grãos (PG).

Com o intuito de identificar o genótipo mais adaptado a cada ambiente, é possível a utilização de um gráfico GGEbiplot que representa os ambientes de forma que identifique os genótipos superiores em um megambiente, tal biplot foi gerado para o caráter PG nos anos agrícolas 2018/19, 2019/20, 2020/21 e 2021/22 para a cidade de Jaboticabal – SP (J1, J2 J3 E J4, respectivamente), representados na Figura 5 e para a cidade de Piracicaba – SP (P1, P2, P3, P4 respectivamente), representado pela Figura 6.

Na Figura 5, estão apresentados os genótipos mais responsivos para cada ano agrícola em Jaboticabal – SP. Para o ano agrícola 2018/19 (J1), os genótipos mais responsivos foram G15, G10, G2, G9 e G16, além das testemunhas G22 e G23. Sabendo que durante esses anos agrícolas houve chuvas regulares ao longo de todo o ciclo e temperaturas entre 22 – 26 °C (Figura1). No ano agrícola 2019/20 (J2), os genótipos mais responsivos foram G19, G12, G20, G6, G17 e da testemunha G24. Durante esse ano agrícola as chuvas iniciaram elevadas e ao longo do ciclo da cultura foi diminuindo, apresentando uma precipitação média de 144 milímetros(mm).

Para o ano de 2020/21 (J3), os genótipos mais adaptados são: G2, G5, G3, G9, G15 e G10. Sabendo que nesse ano agrícola, as condições pluviométricas não foram favoráveis, apresentando uma baixa precipitação média (109mm), com chuvas intensas apenas no início do ciclo e temperaturas entre 22 – 26°C. No ano agrícola 2021/22 (J4) os genótipos mais responsivos foram: G23 G22 G15, G10 e G16. Nesse período observou-se um ano agrícola com condições pluviométricas excelentes, com chuvas regulares durante todo o ano agrícola fechando com média pluviométrica de 183mm e temperaturas entre 23 – 25 °C.

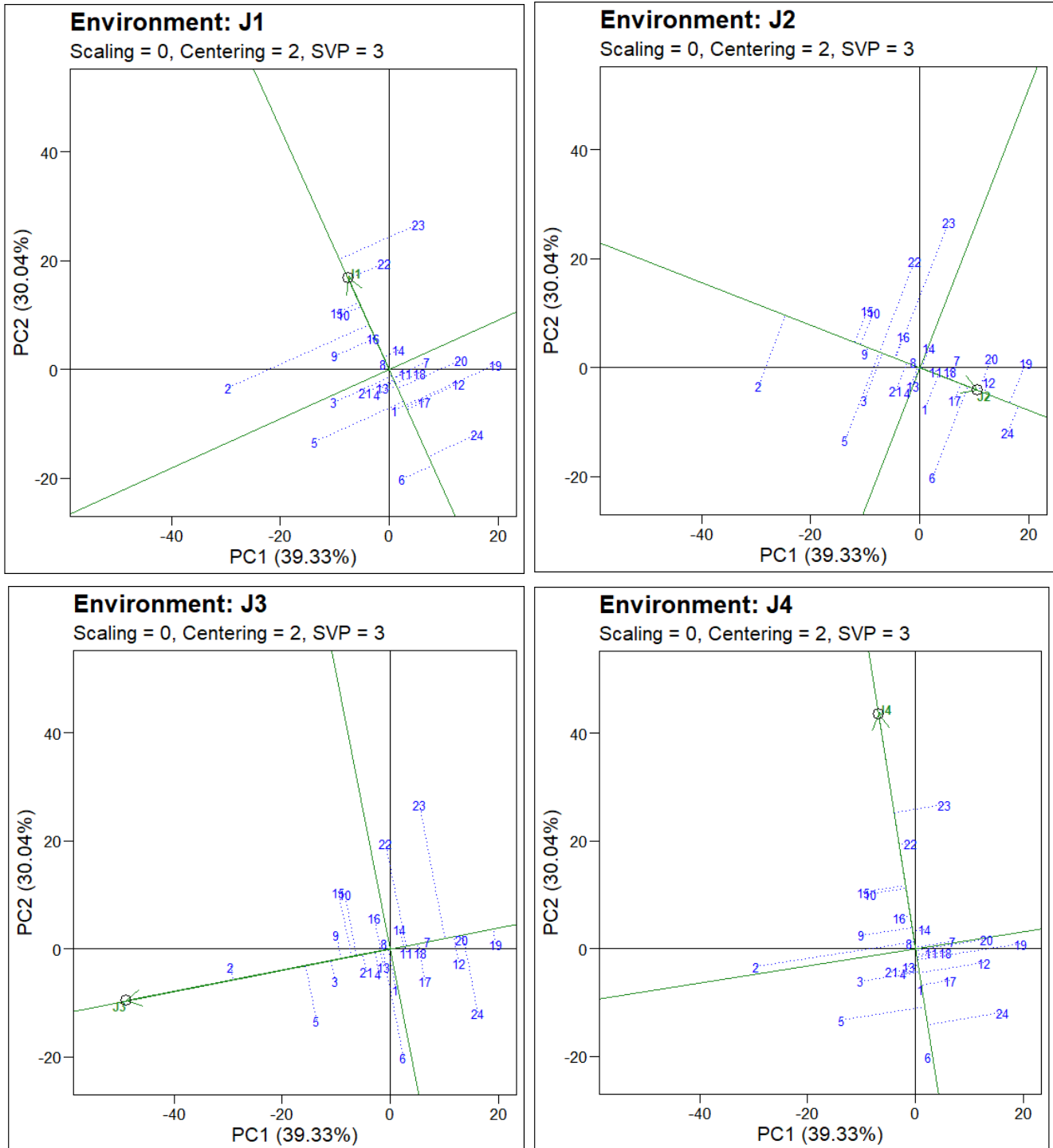
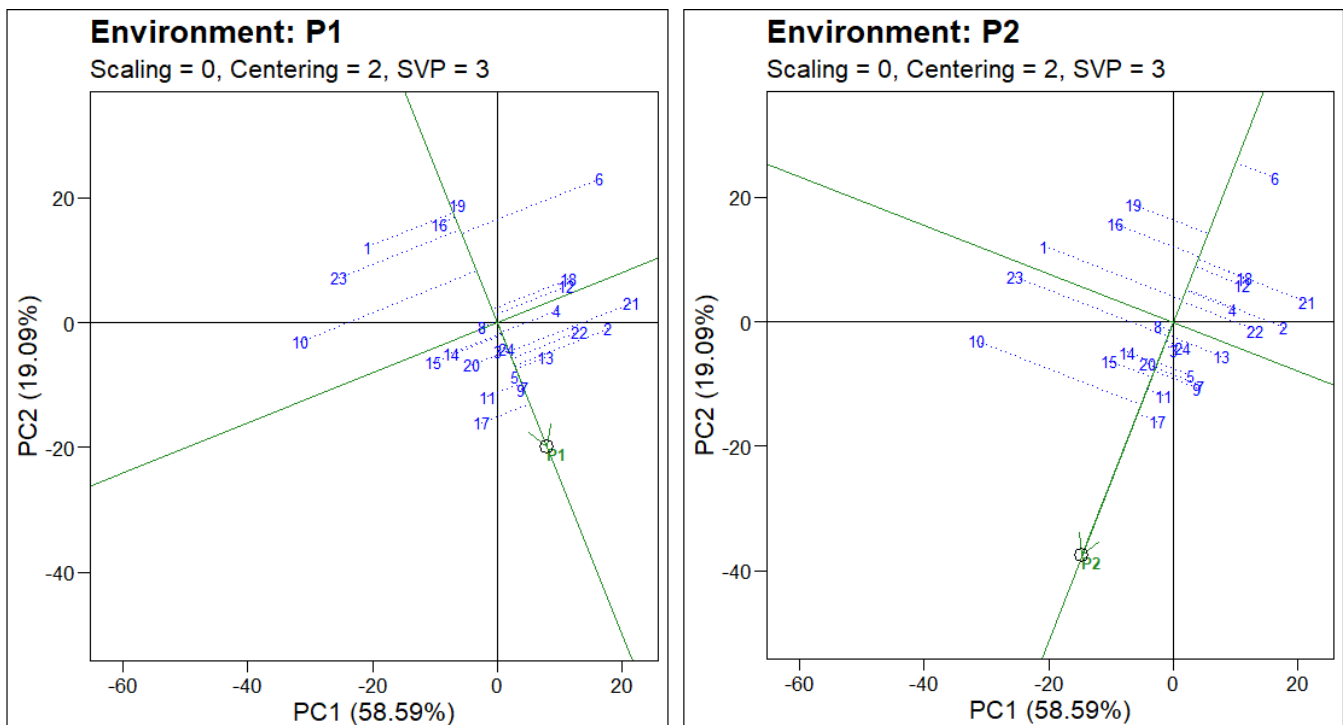


Figura 5 - Biplot segundo análise GGE quanto a classificação de genótipos mais adaptados a um determinado ambiente, para o caráter produção de grãos, na cidade de Jaboticabal – SP.

Na Figura 6 estão representados os genótipos bem como seus desempenhos, de acordo com cada ano agrícola na cidade de Piracicaba – SP. Os genótipos se

comportaram de forma diferente conforme a mudança de ambientes, dessa forma, para o ano agrícola 1 (2018/19) os genótipos mais responsivos foram: G17, G9, G7, G11 e G5. Sabendo que durante esse ano agrícola houve chuvas irregulares ao longo do ciclo e temperaturas entre 23 - 27 °C (Figura 1). No entanto, no ano agrícola 2 (2019/20), os genótipos mais responsivos foram: G17, G10, G11, G15, G17, G20 e G9. Quando se observa a Tabela 1, observamos que nesse ano agrícola a precipitação ocorreu de forma mais regular, quando comparada com o ano agrícola anterior, com uma média de 167mm de chuva durante a safra e temperaturas entre 22 - 25 °C. Para o ano agrícola 3 (2020/21), os genótipos mais responsivos são: G10, G23, G15, G1 e G17. Nesta condição, o acúmulo pluviométrico foi inferior aos anos agrícolas anteriores, apresentando uma baixa precipitação total durante o ciclo (111 mm), e temperaturas entre 22 – 26°C. No ano agrícola 4 (2021/22) os genótipos mais responsivos foram: G10, G23, G1, G16, G19 e G15, nesse período as chuvas foram semelhantes ao ano agrícola anterior, tendo apenas no mês de janeiro um acúmulo de aproximadamente 400 mm, média pluviométrica de 157 mm e temperatura média de 23 – 26°C.



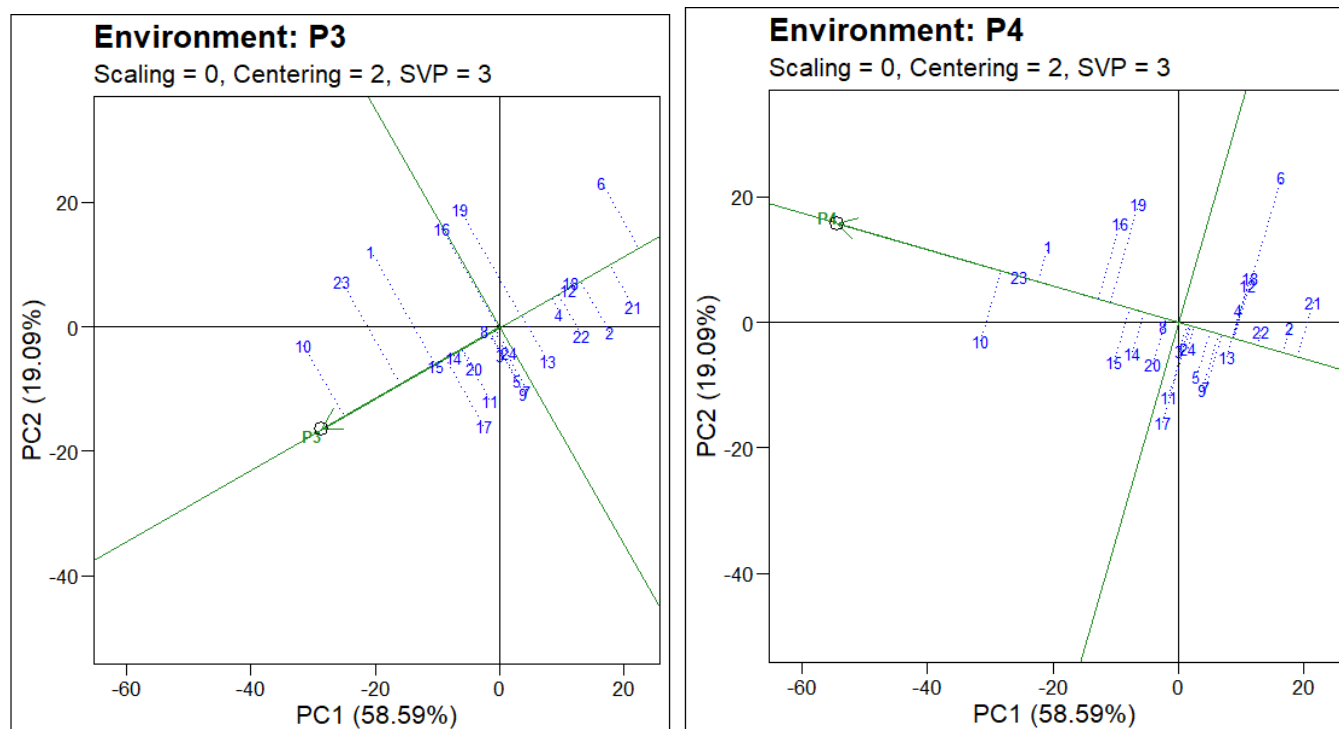


Figura 6 - Biplot segundo análise GGE quanto a classificação de genótipos mais adaptados a um determinado ambiente, para o caráter produção de grãos, na cidade de Piracicaba – SP.

Diante do exposto, destacam-se os genótipos G10, G15 por se apresentarem responsivos as duas regiões edafoclimáticas em que foram submetidos. Além disso o G17 e G14 se destacaram na cidade de Piracicaba por se apresentar responsivo em ambientes adversos, assim como o G2 e G4 na cidade de Jaboticabal, apresentando boas produção em condições e características adequadas para a região edafoclimática submetida.

Além disso, os genótipos apresentam boas notas para os caracteres valor agrônomo e acamamento, sendo o G10 e G15 considerados genótipos de ciclo precoce, por apresentarem número de dias maturidade inferior a 120 dias e o G17, G14, G2 e G4 mais tardios, com média de ciclo 121, 125, 125 e 115 dias, respectivamente. Os genótipos G10, G15, G17, G14, G2 e G4 apresentaram produtividades de 3689,10 kg/ha, 3378,88 kg/ha, 3143,04 kg/ha, 3301,23 kg/há, 3030,31 kg/ha e 3091,86 kg/ha respectivamente. Dando destaque para o G10, G15 e G14 que apresentaram produtividades próximos à testemunha G23 que com média produtiva de 3459,01 kg/ha.

5 CONCLUSÃO

A análise pelo método AMMI associado ao método GGE biplot possibilitou a identificação e agrupamento dos genótipos adaptados e estáveis para diferentes regiões edafoclimáticas, sendo adequado para o processo de seleção de genótipos superiores em fase final dos programas de melhoramento genético.

Entre os 20 genótipos superiores avaliados nos experimentos conduzidos, é possível a seleção e classificação dos genótipos por região para fins de registro e proteção de cultivares. Identificamos que os genótipos G10 e G15 são aptos para ambas as regiões edafoclimáticas estudadas. Podemos recomendar G17 e G14 para a região edafoclimática de Piracicaba – SP. Já para a região de Jaboticabal – SP, os genótipos que se destacaram foram o G2 e G4.

Assim verificamos que seis genótipos se tornam aptos para prosseguir com o processo de Registro e Proteção de cultivares, esses se mantiveram com ótimos desempenhos independentes do ambiente favorável ou desfavorável em que foram submetidos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcantara F A (2016) **O que é e como fazer adubação verde**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144392/1/Saber-e-Fazer-Agroecologia-5-ainfo.pdf>. Acesso em: 29 set. 2023.

Alexandrino JG, Cristeli DS, de Oliveira Amaral, L, Silva, AP, Moitinho ACR, Garcia TP, Silva HK, Anjos RSR, Peticarrari ALPM, Unêda-Trevisoli, SH. (2023). Performance Of Early-Cycle Soybean Genotypes For Use In A Sugarcane Rotation System. **Functional Plant Breeding Journal**, 5:1.

Almeida LA, Khil RAS, Miranda MAC, Campelo GJA (1999) **Melhoramento da soja para regiões de baixas latitudes**. Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro, eds M. A. de Queiroz, CO Goedert and SRR Ramos (Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia). Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia 5:1-15p.

Ambrosano E J, Guirado N, Cantarella H, Rossetto R, Mendes PCD, Rossi F,

Ambronado GMB, Schammas EA, Acaro Júnior I, Foltran DE (2005). Plantas para cobertura do solo e adubação verde aplicadas ao plantio direto. **Informações Agronômicas**. 112: 1-16.

Ambrosano EJ, Cantarella H, Ambrosano GMB, Schammas EA, Dias FLF, Rossi F, Trivelin PCO, Muraoka T, Sachs RCC, Azcón R (2011) Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosas. **Bragantia, Campinas**, 70: 810-818.

Bacaxixi P, Rodrigues L, Brasil E, Bueno C, Ricardo H, Epiphanyo P, Bosquê GA (2011) soja e seu desenvolvimento no melhoramento genético. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, 10:1-6.

Balbinot Junior A A, Procópio S O, Debiasi H, Franchini J C (2015) **Densidade de plantas na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, p. 36. (Embrapa-Soja; Documentos).

Barros HB, Sedyama T, Cruz CD, Texeira RC, Reis MS (2010) Análise de adaptabilidade e estabilidade em soja (*Glycine max L.*) em Mato Grosso. **Ambiência**. Guarapuava. 6:75-88.

Bevilaqua G, Eicholz ED, Antunes I F, Schiavon JS, Schiavon J S (2022). **Adubação verde na agricultura sustentável**. Embrapa. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1149635/1/CPACT-Doc-527-pag27.pdf>

Bolonhezi D, Finoto E L, Montezuma M C, Michelotto M D, Paiva L A, Queiroz F C, Ferreira J A H, Bellucci E, Martins A L M, Fernandes M (2008) Plantio direto de cultivares de soja RR na renovação de cana em condição de argissolo. In: XXX REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL. **Resumos**. Rio Verde. p. 45-47.

Borém, A.; Miranda, G.V.; Neto Fritsche, R. (2017) **Melhoramento de Plantas**. Viçosa: Editora UFV, 2017. 543p.

Bornhofen E, Benin G, Storck L, Woyann L G, Duarte T, Stoco M G, Marchioro S V (2017) Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade em trigo. **Bragantia**, 76, 1-10.

Carvalho I R, Mambrin R B (2022). 2–Genética, Melhoramento e Tecnologia de Sementes. **Tecnologias Aplicadas para o Manejo Rentável e Eficiente da Cultura**

da Soja, p. 105, 2022.

Carvalho, L. S. D. (2021). **Estimativas de parâmetros genéticos, correlações e seleção de progênies segregantes de soja em diferentes épocas de semeadura**. 62 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Bioquímica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021. DOI <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.325>

Chiaradia J J, Chiba M K, Andrade C A D, Oliveira C D, Lavorenti A (2009) Produtividade e nutrição de mamona cultivada em área de reforma de canavial tratada com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa. 33:3.

Conab (2018) **Série Histórica das Safras**. Brasília: Conab, 1 p.

Conab (2021) **Série Histórica das Safras**. Brasília: Conab, 1 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 28 set 2023.

Conab (2022a) **Acompanhamento da safra brasileira-Grãos, 5º levantamento**. v. 9 - Safra 2021/22- N. 05

Conab (2023a) **Soja em números (safra 2022/23)**. Brasília: Conab, 1 p.

Conab (2023b) **Grãos – boletim da safra de grãos, 10º Levantamento - Safra 2022/23**. 2023. Disponível em: < file:///C:/Users/User/Downloads/E-book_BoletimZdeZSafrasZ-Z10Zlevantamento.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2023.

Conab. **Grãos – boletim da safra de grãos, 12º Levantamento - Safra 2021/22**. 2022b. Disponível em: < file:///C:/Users/User/Downloads/E-book_Boletim-de-Safras-12o-levantamento.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2021.

Condé A B.T, Coelho M A O, Yamanaka C H, Corte H R (2010) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo sob cultivo de sequeiro em Minas Gerais.

Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, 40:45-52.

<http://dx.doi.org/10.5216/pat.v40i1.5618>.

Cornelius PL, Crossa J, Seyedsader MS (1996) Statistical tests and estimators of multiplicative models for genotype-by-environment interaction. In: Kang, M. S.; Gauch, H. G. (Ed.) **Genotype-by-environment interaction**. Boca Raton: CRC Press, p.99-234.

Crossa, J.; Cornelius, P.L. (1997) Sites regression and shifted multiplicative model clustering of cultivar trial sites under heterogeneity of error variances. **Crop Science**. Madison. 37:405-415.

Cruz CD (2013) GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. 35:271-276.

Cruz CD, Carneiro PCS (2003) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 585p.

Duarte JB, Vencovsky R. **Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise "AMMI"**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60p. (Monografias, 9).

Embrapa (2018) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja**. Embrapa Soja-Sistema de Produção (2018).

Embrapa (2019) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja**. Embrapa Soja-Sistema de Produção (2019).

EMBRAPA (2013) **Soja**. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br>. Acesso em: 29 set. 2023.

Embrapa. Seixas, C. D. S., Neumaier, N., Balbinot Junior, A. A., Krzyzanowski, F. C., & Leite, R. D. C. (2020). **Tecnologias de produção de soja**. Embrapa Soja-Sistema de Produção (INFOTECA-E)

Farias, José Renato B.; NEPOMUCENO, Alexandre L.; NEUMAIER, Norman (2007). Embrapa. **Ecofisiologia da soja**. Brasília, 9p.

Fehr WR, Caviness CE (1997) Stages of soybean development. **Ames: Iowa State University of Science and Technology**, 11 p. (Special Report 80).

Frigeri AR, Lazarini E, Júnior V O, Bernardes JVS (2019). Épocas de semeadura e população de plantas para três cultivares de soja. **Acta Iguazu**, 8:41-52.

Gauch HG. (1988) Model selection and validation for yield trials with interaction. **Biometrics**. 44: 705-715.

Gauch, H.G.; Zobel, R.W. (1996) Optimal replication in selection experiments. **Crop Science**. 36:838-843.

Gubiani, E. I. **Crescimento e rendimento da soja em resposta a épocas de semeadura e arranjo de plantas**. 2005. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005.

Leite WS, Pavan BE, Matos Filho CHA, Alcantara Neto F, Oliveira CB, Feitosa FS (2016) Estimativas de parâmetros genéticos, correlações e índices de seleção para seis caracteres agrônômicos em linhagens F8 de soja. **Comunicata Scientiae** 7: 302-310. DOI: 10.14295/CS.v7i3.1176

Lima D L S, Bott R, Bello R D, Nemoto M C M, Faria F A (2019) Desempenho Produtivo De Soja Em Áreas De Rotação Com Cana-De-Açúcar. **Ciência & Tecnologia**. 11: 33-40. Disponível em: <https://citec.fatecjaboticabal.edu.br/index.php/citec/article/view/10>. Acesso em: 9 jul. 2023.

Madella LA (2022) **Progresso genético da soja no brasil em um programa de melhoramento comercial**. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia –Produção Vegetal) -Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.

MAPA (2022) **Requisitos Mínimos para Determinação do Valor de Cultivo e Uso de Soja (Glycine max) para Inscrição no Registro Nacional de Cultivares**. Formulários para Registro de Cultivares. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Brasília 8 p.

Martin TN, Pires J L F, Vey R. T. (2022). Tecnologias aplicadas para o manejo rentável e eficiente da cultura da soja. 528p.

Mattos T P, Hamawaki O T, Nogueira A P O, Luiz M C P, Teixeira F G, Shigihara D, Hamawaki R L, Hamawakim C D L (2020) Effect of sowing season on soybean performance. **Bioscience Journal**. 36:1603-1616. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v36n5a2020-42446>

Nepomuceno AL, Farias JRB, Neumair N (2021) **Características da soja**. Brasília: Embrapa soja, 1 p. (Embrapa Soja: CNPSo).

Neumaier N, Nepomuceno AL, Farias JRB (2021) **Estádios de desenvolvimento**. Brasília: Embrapa soja, 1 p. (Embrapa Soja: CNPSo).

Oliveira AB, Duarte JB, Pinheiro JB (2033) Emprego da análise AMMI na avaliação da estabilidade produtiva em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 38:357-364.

Olivoto, T., & Lúcio, A. D. (2020). metan: An R package for multi-environment trial analysis. **Methods in Ecology and Evolution**, 11:783-789 doi:10.1111/2041-210X.13384

Pereira C N, Oliveira A F O (2020) **Análise da rotação de cultura na área de reforma de canavial**. Embrapa Informática Agropecuária. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/56896/1/canavial.pdf>. Acesso em: 29 de set de 2023.

Pieper, V E P (2020) Análise dos elementos climáticos e suas influências em área agrícola na região norte do Mato Grosso. **Revista Mato-Grossense de Geografia**.18: 69-82.

Piepho, H P (1994) Best linear unbiased prediction (BLUP) for regional yield trials: a comparison to additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) analysis. **Theoretical Applied of Genetics**. 89:647-654.

Pimentel-Gomes FP. Curso de estatística experimental (2000). 14 ed. Piracicaba: Degaspari. 477p.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria, 1 nov. 2021. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 6 jun. 2022

Rocha MM, Vello NA, Lopes ACA, Maia MCC (2004) Yield stability of soybean lines using additive main effects and multiplicative interaction analysis – AMMI. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 4:391- 398.

Rodrigues, O.; Didonet, A. D.; Lhamby, J. C. B.; Bertagnolli, P. F.; Luz, J. S. (2001) Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 36:431-437.

Salomé J R, Sakai R H, Ambrosano E, Bueno J (2007) Viabilidade econômica da rotação de adubos verdes com cana-de-açúcar. Resumos do V CBA – Desenvolvimento Rural. **Revista Brasileira de Agroecologia**. 2:1-4.

Santiago A D, Rossetto R (2022) **Rotação e reforma**. Brasília: Embrapa Cana de Açúcar, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/manejo/rotacao-e-reforma>. Acesso em: 29 set. 2023.

Silva R P, Fernandes C (2014) Soil uses during the sugarcane fallow period: influence on soil chemical and physical properties and on sugarcane productivity. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. 38: 575-584.

Silva S D A, Nava D, Montero C, Sturza V. **Sistema de produção de cana-de-açúcar para agricultura familiar**. Embrapa Clima Temperado-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E) 2017.

Silva W C J, Duarte J B (2006) Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 41: 23-30.

Silveira J M, Conte O. (2013) **Determinação de perdas na colheita de soja: copo medidor da Embrapa**. Londrina: Embrapa Soja. 17p.

Soares M B B (2014) **Sistemas de cultivo em área de reforma de cana-de-açúcar e a sucessão de culturas na composição da comunidade infestante**. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

Sousa LB, Hamawaki OT, Nogueira AP, Batista RO (2015) Evaluation of soybean lines and environmental stratification using the AMMI, GGE biplot, and factor analysis methods. **Genetics and Molecular Research**. 11: 1-15.

Souza M F, Massuquini Z, Dallacort R. (2019) Influência das variáveis climáticas na produção de grãos do estado de Mato Grosso. **Boletim Técnico GeoClimaMT**. 13:1-15.

Tejo D P; Fernandes CHS, Buratto J S. (2019) Soja: fenologia, morfologia e fatores que interferem na produtividade. **Revista científica eletrônica de Agronomia da FAEF**. 35:1-9.

Unêda-Trevisoli S H, Cardoso G K R, Di Mauro A O, Blat SF, Bárbaro I M, Pinheiro J B, Nascimento A F (2010) Avaliação de cultivares de soja precoces para cultivo em áreas de reforma de cana-de-açúcar. **Ciência & Tecnologia**. 1:1-8.

Verneti FJ (1983) Soja: Genética e Melhoramento. Campinas: Fundação Cargil, v.2.

Vita P, Mastrangelo A M, Matteu L, Mazzucotelli E, Virzì N, Palumbo M, Lo Storto M, Rizza F, Cattivelli L (2010) Genetic improvement effects on yield stability in durum wheat genotypes grown in Italy. **Field Crops Research**. 119: 68-77. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2010.06.016>.

Yan W, Hunt L, Sheng Q, Szlavnic Z (2000) Cultivar evaluation and megaenvironment investigation based on the GGE biplot. **Crop and Science**. 40:597– 605. DOI: 10.2135/cropsci2000.403597x

Yan, W., Kang, M. S., Ma, B., Woods, S., Cornelius, P. L. (2007). GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. **Crop science**, 47(2), 643-653.

Yokomizo GKI, Duarte JB, Vello NA, Unfriend JR (2013) Análise AMMI da produtividade de grãos em linhagens de soja selecionadas para resistência à ferrugem asiática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 48:1376-1384.

Zobel RW, Wright MJ, Gauch HG (1988) Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**.80: 388-393.