

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ**

MATEUS DE FREITAS DUTRA

**TENDÊNCIAS LINEARES MULTIVARIADAS PARA OS
ATRIBUTOS DE INTERESSE AGRONÔMICO DA SOJA**

**URUTAÍ - GOIÁS
2025**

MATEUS DE FREITAS DUTRA

**TENDÊNCIAS LINEARES MULTIVARIADAS PARA OS
ATRIBUTOS DE INTERESSE AGRONÔMICO DA SOJA**

Trabalho de Curso apresentado ao IF Goiano
Campus Urutaí como parte das exigências do
Curso de Graduação em Agronomia para
obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Igor de
Azevedo Pereira.

URUTAÍ - GOIÁS
2025

MATEUS DE FREITAS DUTRA

**TENDÊNCIAS LINEARES MULTIVARIADAS PARA OS
ATRIBUTOS DE INTERESSE AGRONÔMICO DA SOJA**

Monografia apresentada ao IF
Goiano Campus Urutaí como parte
das exigências do Curso de
Graduação em Agronomia para
obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Aprovada em 22 de dezembro de 2025



Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira
(Orientador e Presidente da Banca Examinadora)
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí.



Prof.ª Dr.ª Carmen Rosa da Silva Curvêlo
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí



Dr. João Batista Coelho Sobrinho
Bolsista Pós-Doc
Centro de Excelência em Bioinsumos
CEBIO

URUTAÍ - GOIÁS
2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

F866 Freitas Dutra, Mateus de
TENDÊNCIAS LINEARES MULTIVARIADAS PARA OS
ATRIBUTOS DE INTERESSE AGRONÔMICO DA SOJA /
Mateus de Freitas Dutra. Urutai 2025.
27f. il.
Orientador: Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira.
Tec (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0120024 -
Bacharelado em Agronomia - Urutai (Campus Urutai).
I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

MATEUS DE FREITAS DUTRA

Matrícula:

2018101200240143

Título do trabalho:

TENDÊNCIAS LINEARES MULTIVARIADAS PARA OS ATRIBUTOS DE INTERESSE AGRONÔMICO DA SOJA

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 31 /01 /2026

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutaí, Goiás

13 /01 /2026

Local

Data

Mateus de Freitas Dutra

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Alcides

Assinatura do(a) orientador(a)

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO**

Campus Urutai - Código INEP: 52063909

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2.5, CEP 75790-000, Urutai (GO)

CNPJ: 10.651.417/0002-59 - Telefone: (64) 3465-1900

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulada **Tendências lineares multivariadas para os atributos de interesse agrônomo da soja**, sob orientação de Alexandre Igor de Azevedo Pereira, apresentada pelo aluno **Mateus de Freitas Dutra (2018101200240143)** do Curso **Bacharelado em Agronomia (Campus Urutai)**. Os trabalhos foram iniciados às 13:00 pelo Professor presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Alexandre Igor de Azevedo Pereira** (Presidente)
- **Carmen Rosa da Silva Curvelo** (Examinadora Interna)
- **João Batista Coelho Sobrinho** (Examinador Externo)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Trabalho de Conclusão de Curso, passou à arguição do candidato. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo aluno, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

[x] Aprovado

[] Reprovado


Nota (quando exigido): 9,0

Observação / Apreciações:

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Alexandre Igor de Azevedo Pereira** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

**Carmen Rosa da Silva Curvelo**

URUTAI / GO, 22 de dezembro de 2025.

**Alexandre Igor de Azevedo Pereira****João Batista Coelho Sobrinho**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais e família, que me apoiaram e me deram suporte no decorrer do curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me conceder saúde e força para superar os desafios enfrentados. Meu reconhecimento vai também para meu orientador, Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira, pelo apoio nas correções e pelos incentivos recebidos. Ao IF Goiano pelo suporte institucional e acadêmico que foi crucial durante o meu percurso. A todos professores pelos valiosos ensinamentos compartilhados. A minha família pelo amor, apoio e encorajamento incondicional; sem vocês, esta conquista não teria sido possível. Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação.

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUÇÃO.....	10
MATERIAL E MÉTODOS.....	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
CONCLUSÃO.....	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

TENDÊNCIAS LINEARES MULTIVARIADAS PARA OS ATRIBUTOS DE INTERESSE AGRONÔMICO DA SOJA

Mateus de Freitas Dutra¹

⁽¹⁾ Instituto Federal Goiano Campus Urutaí, Rodovia Prof. Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, CEP 75790-000 Urutaí, GO, Brasil. E-mail: mateus.dutra@estudante.ifgoiano.edu.br

RESUMO - O arranjo de plantas influencia nos atributos genéticos dos genótipos como ciclo, altura e índice de acamamento. Diante do exposto, objetivou-se com o trabalho estudar os agrupamentos e correlações entre diferentes genótipos de soja. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com 13 tratamentos, correspondente aos seguintes genótipos de soja: 5G685, AF7503, Bonus, BRS+A1: K87470, BRS7570, BRS7470, CG7665, Desafio, DS5916, Foco, M7739, SYN13610 e SYN15640, com 4 repetições. Ao término do experimento os dados obtidos foram submetidos as pressuposições do modelo estatístico, verificando-se a normalidade e homogeneidade das variâncias residuais, bem como, a aditividade do modelo. A análise de variância revelou significância pelo teste F para todas as variáveis analisadas. As variáveis que tiveram maiores correlações fenotípicas para legumes com um grão, legumes com dois grãos, número de grãos por planta foram as que tiveram maior rendimento. Através do agrupamento e correlações fenotípicas foi possível verificar que o genótipo selecionado par alto rendimento de grãos e adaptabilidade foi CG7665.

Palavras-chave: Ambiente; *Glycine max* L; Oleaginosa; Produção de grãos; Teste de competição.

MULTIVARIATE LINEAR TRENDS FOR SOYBEAN ATRIBUES OF AGRONOMIC INTEREST

Mateus de Freitas Dutra¹

⁽¹⁾ Instituto Federal Goiano Campus Urutaí, Rodovia Prof. Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, CEP 75790-000 Urutaí, GO, Brasil. E-mail: mateus.dutra@estudante.ifgoiano.edu.br

ABSTRACT - Plant arrangement influences genetic attributes of genotypes such as maturity cycle, plant height, and lodging index. Therefore, this study aimed to investigate clustering patterns and correlations among different soybean genotypes. The experiment was conducted in a randomized complete block design with 13 treatments corresponding to the following soybean genotypes: 5G685, AF7503, Bonus, BRS K87470, BRS7570, BRS7470, CG7665, Desafio, DS5916, Foco, M7739, SYN13610, and SYN15640, with four replications. At the end of the experiment, the collected data were subjected to the assumptions of the statistical model, checking normality and homogeneity of residual variances, as well as model additivity. The analysis of variance showed significance by the F test for all variables analyzed. The traits showing the strongest phenotypic correlations—one-seed pods, two-seed pods, and number of grains per plant—were associated with higher yield. Based on clustering and phenotypic correlations, the genotype identified as having high grain yield and adaptability was CG7665.

Key-words: Environment; Glycine max L; Oilseed; Grain production; Competition test.

INTRODUÇÃO

A produção brasileira de soja *Glycine max* (L.) Merrill, cresce a cada ano, com mercado internacional garantido para grãos, farelo e óleo, além de diversos outros produtos consumidos na alimentação e na indústria. Nas últimas décadas foi a cultura que obteve maior expansão em área plantada, correspondendo atualmente a 57,12% da área cultivada no Brasil (CONAB, 2016), com estimativa de produtividade da soja 3.598 kg/ha⁻¹ na safra 2019/2020 (CONAB, 2020). Essa demanda dos produtos derivados da soja ocasiona buscas por novas técnicas e genótipos mais eficientes (HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2014).

Para se elevar os rendimentos da produção de soja é preciso o emprego de novas tecnologias, bem como o aperfeiçoamento das já empregadas, especialmente as que interferem nos componentes morfológicos e de produção. Busanello et al., (2013) destacam que o período em que ocorre a semeadura, a nutrição do solo, os fatores climáticos e os atributos genéticos dos genótipos são decisivos para altos rendimentos da cultura da soja.

As correlações de ambiente e expressões genéticas, apresentam ligação direta com o potencial de produtividade da cultura, com reflexos sobre a estatura, ciclo do vegetal (Zanon et al., 2015), índice de acamamento e arranjo de plantas (MARTINS et al., 2011). Em consequência dos novos genótipos de soja desenvolvidos para atender um mercado cada vez mais exigente, é primordial pesquisas para elucidar diversos fatores, tais como adaptação, desenvolvimento, clima e outros elementos que causam interferência direta ou indiretamente na produtividade da soja (MEOTTI et al., 2012).

Para o bom estabelecimento da soja, tem que levar em consideração o manejo do solo, a data de semeadura, correlacionando com o período determinado de acordo com o genótipo e a região de plantio. Considera-se ainda que, a sensibilidade da soja ao fotoperíodo é uma das principais restrições à adaptação de uma cultivar a baixas latitudes ou datas de semeadura (precoce, normal ou tardia), já que o seu desenvolvimento reprodutivo é iniciado quando as plantas estão submetidas a dias curtos que resultariam em florescimento precoce, plantas pequenas e de baixos rendimentos de grãos (DIAS, 2017).

Para esse tipo de problema, as pesquisas têm como foco característica de período juvenil longo (fase inicial de crescimento) para o avanço da soja em regiões de baixa latitude, retardando, assim, o florescimento em condições de dias curtos. Assim, a

adaptabilidade dos cultivares muda ao se deslocar o seu cultivo em direção ao sul ou ao norte, pela variação da latitude (EMBRAPA, 2012). A cultura da soja exibe alta plasticidade, isto ocorre, visto que a planta muda o número de ramificações e de vagens, de acordo com a disposição de espaço na linha e na entre linha que são preenchidos, no entanto, não significa elevação da produção de grãos.

Além disso, a fenologia que tem como característica períodos distintos do crescimento e desenvolvimento das plantas, contribuem para a construção de fundamentos eficazes para a identificação de características morfológicas e fisiológicas dos genótipos além dos fatores externos, os quais interferem na produtividade (OLIVEIRA, 2010). O grau de conhecimento e correlações existentes nos caracteres nos permite maior probabilidade de acerto na tomada de decisões. Análise univariada em associação de ferramentas multivariada nos concerne visão holística experimental. Técnicas como análise de trilha com os efeitos diretos e indiretos nos permite identificar as cargas de contribuição de caracteres secundários sobre a variável de comercialização experimental, a árvore filogenética e rede neural com o auxílio das médias nos permitem agrupar os genótipos em padrões de similaridade entre os tratamentos, bem como, a análise de variáveis canônicas que tenta explicar as afinidades de caráter junto aos genótipos. Diante do exposto, objetivou-se com o trabalho estudar os agrupamentos e correlações fenotípicas entre diferentes genótipos de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido na Fazenda Morro do Peão (17° 17' 59" S latitude, 48° 16' 46" W longitude e 758 m de altitude), pertencente ao Grupo Agrícola Santinoni na zona rural de Urutaí, sudeste do estado de Goiás, Brasil. A temperatura média durante o período experimental foi de $26,5 \pm 2^{\circ}\text{C}$, com umidade relativa do ar de $65 \pm 10\%$.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com 13 tratamentos, correspondente aos seguintes genótipos de soja: 5G685, AF7503, Bonus, BRSA1K87470, BRS7570, BRS7470, CG7665, Desafio, DS5916, Foco, M7739, SYN13610 e SYN15640, com 4 repetições, totalizando 52 unidades experimentais. Cada unidade foi composta por 6 linhas de 5 metros de comprimento distanciadas a cada 0.5 m e densidade de 20 sementes por metro linear atingido população final de 360.000 plantas hectare.

Tabela 1. Principais características morfoagronômicas dos genótipos de soja analisados

Nome do genótipo		Peso de mil sementes (g)	Genética	Grupo de maturação	Crescimento	Ciclo (DAE*)
Comercial	Comum					
5G685	5G685	165	Dow Agrosiences	6.8	Indeterminado	108 a 113
AF7503 IPRO	AF7503	160	Faita	7.0	Indeterminado	110 a 120
Bonus 8579 RSF IPRO	Bonus	190	Brasmax	7.9	Indeterminado	105 a 122
BRS 87470	BRSA1K87470	170	Embrapa	7.0	Indeterminado	100 a 120
BRS 7570 IPRO	BRS7570	146	Embrapa	7.5	Indeterminado	109
BRS 7470 IPRO	BRS7470	146	Embrapa	7.4	Indeterminado	110
CG 7665 Robusta	CG7665	186	Caraiba	7.6	Indeterminado	100 a 120
Desafio RR 8473 RSF	Desafio	180	Brasmax	7.4	Indeterminado	105 a 115
DS 5916 IPRO	DS5916	145	Brevant	6.1	Indeterminado	105 a 120
Foco 74177 RSF IPRO	Foco	175	Brasmax	7.4	Indeterminado	110 a 115
M 7739 IPRO	M7739	152	Monsoy	7.7	Semi-indeterminado	110 a 125
Vitoria IPRO	SYN13610	188	Syngenta	6.3	Indeterminado	100
Syn 15640 IPRO	SYN15640	185	Syngenta	6.9	Indeterminado	95

*DAE dias após a emergência.

Antes da instalação do experimento foi realizado coleta e análise de solo na camada superficial de 0-20 cm verificando-se as seguintes características: potencial de hidrogênio 4,1; fósforo 3 em mg dm⁻³; potássio 0.6, cálcio 5, magnésio 3, alumínio 4, acidez potencial 29, soma de bases 8.6, capacidade de troca catiônica 37.6 e saturação de base 22.94 em mmolc dm⁻³; argila 80, silte 30 e areia 890 em g dm⁻³. segundo metodologia da EMBRAPA, (2009).

O preparo do solo foi realizado no sistema de plantio direto, dessecando a área em 30/10/2018 com Glifosato WG. O tratamento de sementes foi efetuado em 06 de novembro de 2018, utilizando Standak top® (Fipronil 250 g L⁻¹, Piraclostrobina 25 g L⁻¹ e Tiofanato-metílico 225 g L⁻¹), Maxim XL® (Fludioxonil 25 g L⁻¹ e Metalaxil 10 g L⁻¹) com volume de calda de 200 ml 100 Kg⁻¹ de semente. Também foi efetuado a aplicação do inoculante Nodusoja®, solido turfoso (*Bradyrhizobium japonicum*, SEMIA 5079 e SEMIA 5080), efetuado no dia 07 de novembro de 2018.

O plantio foi realizado por plantadeira de 4 linhas, em sulcos de 5 cm profundidade, no período da tarde, em temperatura média de 25°C, umidade relativa de 60% e ventos inferiores a 5 km h⁻¹. O semeio foi efetuado em 22/02/2017 e a adubação de plantio em 4/03/2017, com a utilização do mineral NPK da formula 5-25-15 com uma dose de 480 kg ha⁻¹, e no dia 28 de março foi feita adubação de cobertura com ureia polimerizada (39% de N) utilizando 200 kg ha⁻¹.

Durante a execução do experimento, o controle de plantas daninhas foi realizado com aplicação de Atrazina ($50,0\% \text{ m v}^{-1}$) no dia 16/03/2017 com volume de calda de 400 L ha^{-1} e Glifosato ($36,0\% \text{ m v}^{-1}$) no mesmo quantitativo no dia 11/04/2017. Para o controle de pragas foi aplicado *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, a 7%, com volume de calda de 300 L ha^{-1} nas datas 28 março e 13 de abril de 2017, e Imidacloprido ($10,0\% \text{ m v}^{-1}$) + Beta-Ciflutrina ($1,25\% \text{ m v}^{-1}$) com volume de calda de 300 L ha^{-1} no dia 29/04/2017, sempre respeitando as boas práticas do manejo integrado de pragas.

As variáveis foram analisadas após a colheita em 07/03/2020: com auxílio de uma fita métrica, determinou-se a altura da planta (APL) e do primeiro nó reprodutivo (APR), ambos em cm. Os legumes com um grão (LUG), com dois grãos (LDG), três grãos (LTG), quatro grãos (LQG), número de grãos por legume (NGL), número de legumes por planta (NLP) e número de grãos por planta (NGP) foram coletados em unidade planta⁻¹. Também com o auxílio de fita métrica foi mensurado o estande de plantas (STD) em unid por metro linear. O peso de mil grãos (PMG) em g, e rendimento (REN) em sc ha^{-1} , mediante balança 0,0000 g e corrigindo o peso para 13% de umidade dos grãos.

Os dados obtidos foram submetidos as pressuposições do modelo estatístico, verificando-se a normalidade (SHAPIRO e WILK, 1965) e homogeneidade das variâncias (STEEL et al., 1997). Após, realizou-se a análise de variância com a finalidade de identificar as diferenças entre os genótipos de soja através do teste de agrupamento de médias Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Utilizou-se, também, o critério de Singh (1981) para quantificar a contribuição relativa dessas características na divergência genética. Para o agrupamento dos genótipos, utilizou-se o método de Tocher (RAO, 1952). Posteriormente as variáveis foram submetidas a correlação linear com intuito de compreender a tendência de associação, sendo sua significância baseada a 5% de probabilidade pelo test t.

A análise de trilha foi realizada a partir da matriz de correlação fenotípica, considerando o rendimento como a variável dependente e as demais como explicativas. Identificada a presença de elevada multicolinearidade dentre os dados, procedeu-se à análise de trilha sob multicolinearidade, com posterior ajuste do fator k aos elementos da diagonal da matriz de correlação. Após procedeu-se a dissimilaridade genética pelo algoritmo de *Mahalanobis* onde ponderou-se a matriz dos resíduos, construindo-se a árvore filogenética através do agrupamento UPGMA, posteriormente empregou-se o método das variáveis canônicas *biplot* onde possibilitou visualizar a variabilidade geral do experimento e as tendências multivariadas. Os dados da matriz de caracteres foram

submetidos à aprendizagem computacional não supervisionada através de Redes Neurais Artificiais, utilizando os algoritmos K-means e Mapa de Kohonen (CARVALHO, 2018). As análises foram realizadas na interface Rbio do R (BHERING, 2017), além do Software Genes (CRUZ, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos caracteres secundários sobre o rendimento dos genótipos de soja foram obtidas sob coeficiente de determinação de R^2 : 0,91, indicando que as variáveis explicativas determinaram totalmente a variação da variável básica. Analisando os efeitos diretos observou-se que as maiores contribuições foram atendidas ao estande de plantas, seguido do PMG, legumes com 1 grão, altura do primeiro nó reprodutivo, altura de planta e legumes com 4 grãos, nesta ordem (Figura 1).

Biologicamente e diretamente o padrão para altos rendimentos dentre os 13 genótipos de soja analisados seria de uma lavoura com altas médias em: vagens com 1 grão, grãos por legumes, PMG, além do elevado estande de plantas estabelecidas em campo. Para tanto, plantas de porte baixo e com reduzido número de vagens com 4 grãos, contribuem para os altos rendimento da leguminosa. Cabe salientar que indiretamente o número de legumes com 1 grão, o PMG, bem como o estande de plantas também influenciaram o rendimento (Figura 4). Os resultados reforçam a ideia de Teodoro et al. (2015) ao colocarem que plantas baixas em genótipos indeterminados potencializam o rendimento, bem como, a altura de inserção do ramo reprodutivo contribui para tal. Corroborando com Silva et al. (2015) onde verificaram que o número de grãos por planta é o componente com maior efeito direto sobre o rendimento, e indiretamente o número de vagens por planta.

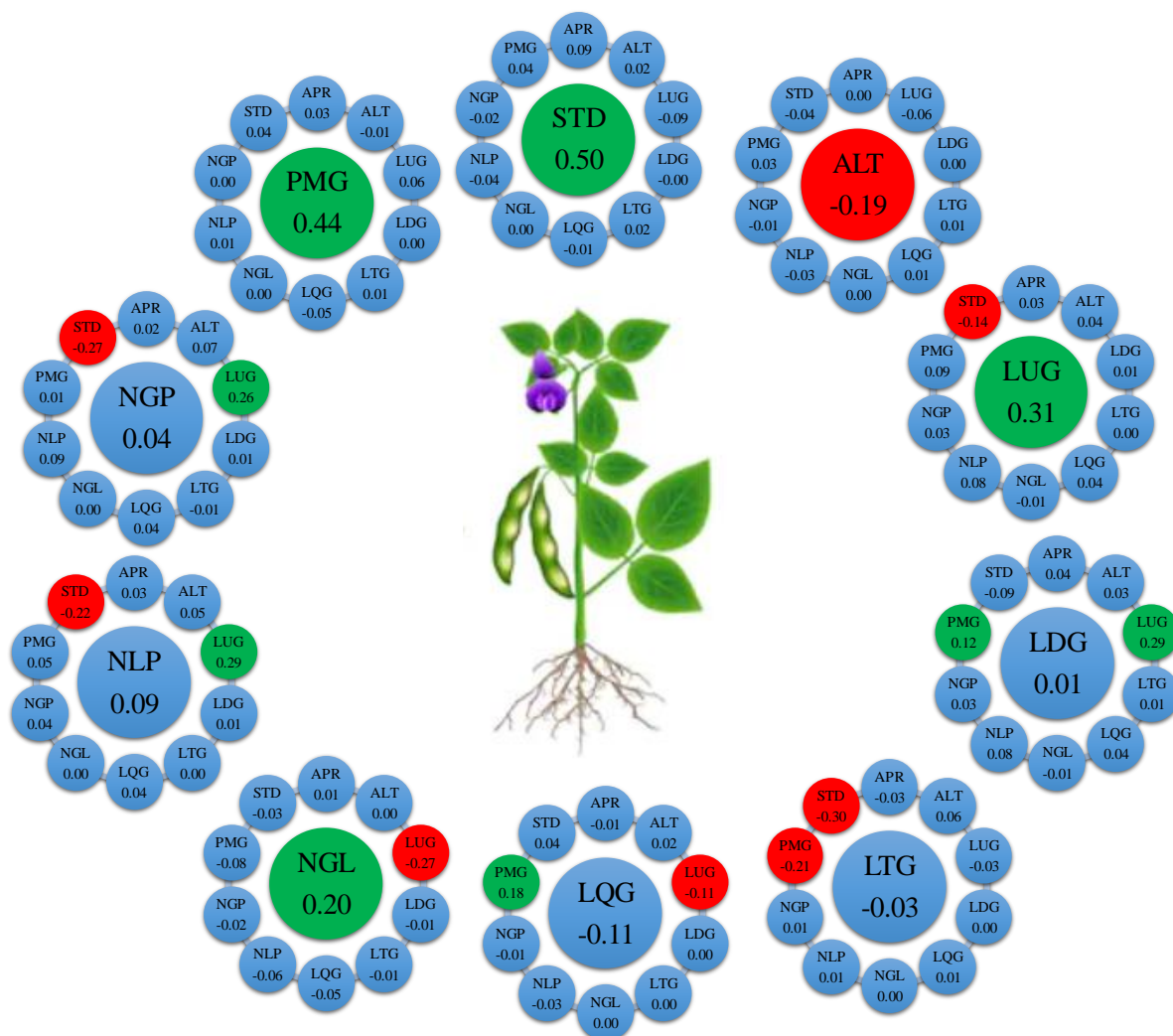


Figura 1. Diagrama causal das estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos caracteres descritivos APR, altura de planta ALT, legumes com um grão LUG, legumes com dois grãos LDG, legumes com três grãos LTG, legumes com quatro grãos LQG, número de grãos por legume NGL, número de legumes por planta NLP, número de grãos por planta NGP, peso de mil grãos PMG sobre o rendimento REN de cultivares de soja. Coeficiente de determinação R^2 : 0.91; valor de K usado na análise: 0.08; efeito da variável residual: 0.30; determinante da matriz de correlação entre variáveis explicativas: 8.51E-05.

A árvore filogenética dos genótipos de soja formadas pelo algoritmo de *Mahalanobis*, com agrupamento UPGMA demonstrou a formação de dois grandes grupos distintos (SYN13610 e Desafio) e (5G685, AF7503, Bonus, BRS7570, BRS7470, CG7665, DS5916, Foco, M7739 e SYN15640), com a maior distância reportada entre os genótipos Desafio e SYN15640 (Figura 2).

O agrupamento de SYN13610 e Desafio é explicado pelo comportamento semelhante colocado pelo baixo porte das plantas apresentado por esses genótipos, bem como, as baixas médias de legumes com 3 e 4 grãos, e número de legumes e grãos por planta, aliado a valores intermediários de PMG, estande, rendimento e ciclo precoce.

O segundo grupo composto pelo maior número de genótipo é caracterizado pela formação de 6 subgrupos: AF7503 apresentou plantas de porte elevado; Bonus e CG7665 com altas médias de legumes com 1 e 2 grãos, e legumes por planta, além de baixos valores para legumes com 3 e 4 grãos; BRS7570 e Foco por suas médias intermediárias na grande maioria das variáveis analisadas; M7739 pelo alta quantidade de legumes com 1, 2, 3 grãos, alinhado ao número de legumes e grãos por planta, porém baixo rendimento; BRS+A1:K87470 e BRS7470 por baixos valores das médias, e 5G685, DS5916 e SYN15640 pela média elevada em grãos por legumes e comportamento de baixo a médio para com as demais características.

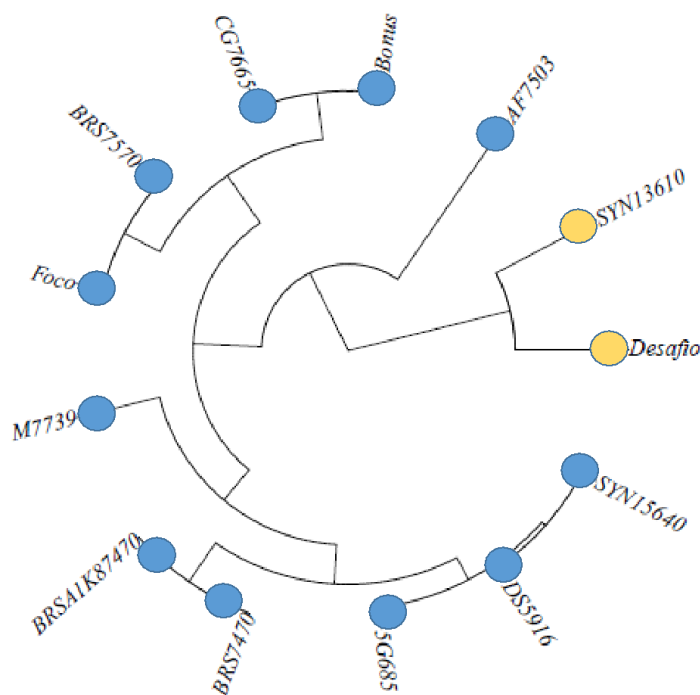


Figura 2. Árvore filogenética construída utilizando a distância média euclidiana baseada no algoritmo de *Mahalanobis*, com agrupamento UPGMA e grupos otimizados por Tocher dos genótipos de soja utilizando as variáveis de altura do primeiro ramo reprodutivo APR, altura de planta ALT, legumes com um grão LUG, legumes com dois grãos LDG, legumes com três grãos LTG, legumes com quatro grãos LQG, número de grãos por legume NGL, número de legumes por planta NLP, número de grãos por planta NGP, peso de mil grãos PMG, estande STD e rendimento REN.

A análise de variáveis canônicas obtida através do algoritmo de *Mahalanobis* utilizando 12 caracteres de 13 genótipos de soja puderam explicar a variação dos dados em 83.6% no primeiro e 8.4% no segundo par canônico, totalizando explicação de 92% (>85%). O que confirma o uso da análise estatística para expressão do fenômeno biológico com a referida análise. Os altos rendimentos apresentaram maior afinidade com o genótipo CG7665 seguido de Bonus, bem como, os genótipos BRS7570 e DS5916 para os legumes com 3 grãos. As demais variáveis não exibiram pareamento convincente para com os genótipos em estudo (Figura 3). Para Ferreira et al. (2019b) esta ferramenta pode ser utilizada com eficiência em trabalhos que envolvam outras temáticas fitotécnicas como o potencial de plantabilidade e performance final de plantas em campo. No entanto, para trabalhos com distintos genótipos de soja, esta ferramenta demonstra o grau de similaridade dentre a característica desejada do genótipo implantado em campo.

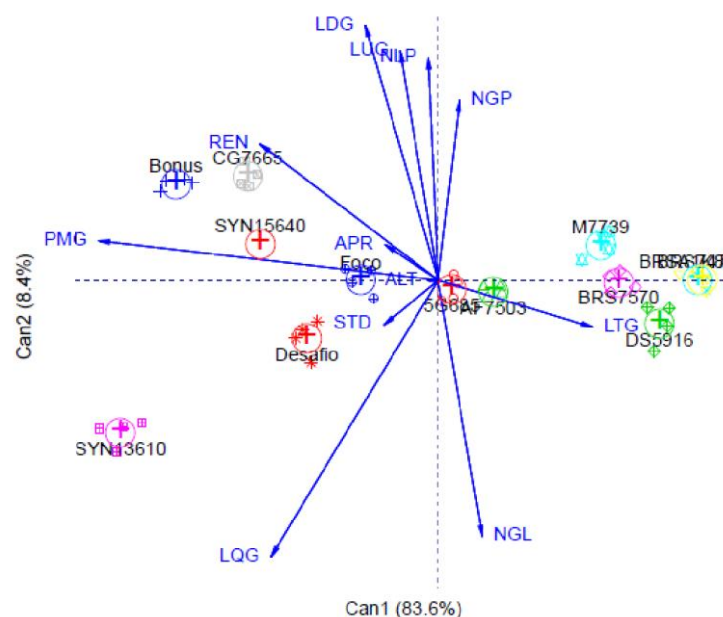


Figura 3. Análise de variáveis canônicas obtida através do algoritmo de *Mahalanobis* dos caracteres de genótipos de soja: altura do primeiro ramo reprodutivo APR, altura de planta ALT, legumes com um grão LUG, legumes com dois grãos LDG, legumes com três grãos LTG, legumes com quatro grãos LQG, número de grãos por legume NGL, número de legumes por planta NLP, número de grãos por planta NGP, peso de mil grãos PMG, estande STD e rendimento REN.

Os dados da matriz fenotípica dos 12 caracteres foram submetidos à aprendizagem computacional não supervisionada através de Redes Neurais Artificiais, utilizando o algoritmo de Mapa de Kohonen com topologia de 2 linhas e 2 colunas formando 4 centroides com taxa de aprendizagem de 0.5 empregando-se a utilização de 13 entradas (neurônios) representadas pelos genótipos de soja, estabelecendo padrões associativos entre os caracteres testados (Figura 7). Os padrões estabelecidos por meio dos caracteres foram = Centroide I: Bonus e CG7665, Centroide II: 5G685 e DS591, Centroide III: AF7503, Foco, BRS7570, SYN13610, Desafio e SYN15640, além do Centroide IV: BRSA1K87470, BRS7470 e M7739 (Figura 4).

Rede neural artificial já foi abordado na cultura da soja como visualizado em Zhang et al. (2009), Willes et al. (2014), Ferreira (2017) e Silva (2017), porém, trabalhos que envolvam a discussão desta ferramenta com o uso de tratamento de sementes em plântulas de soja são precários. Soares et al. (2015) ressaltam que redes neurais artificiais são eficientes, podendo ser utilizadas como ferramenta para estimar a produtividade de grãos da cultura do milho, assim, vindo a somar-se com os modelos convencionais de simulação para culturas agrícolas.

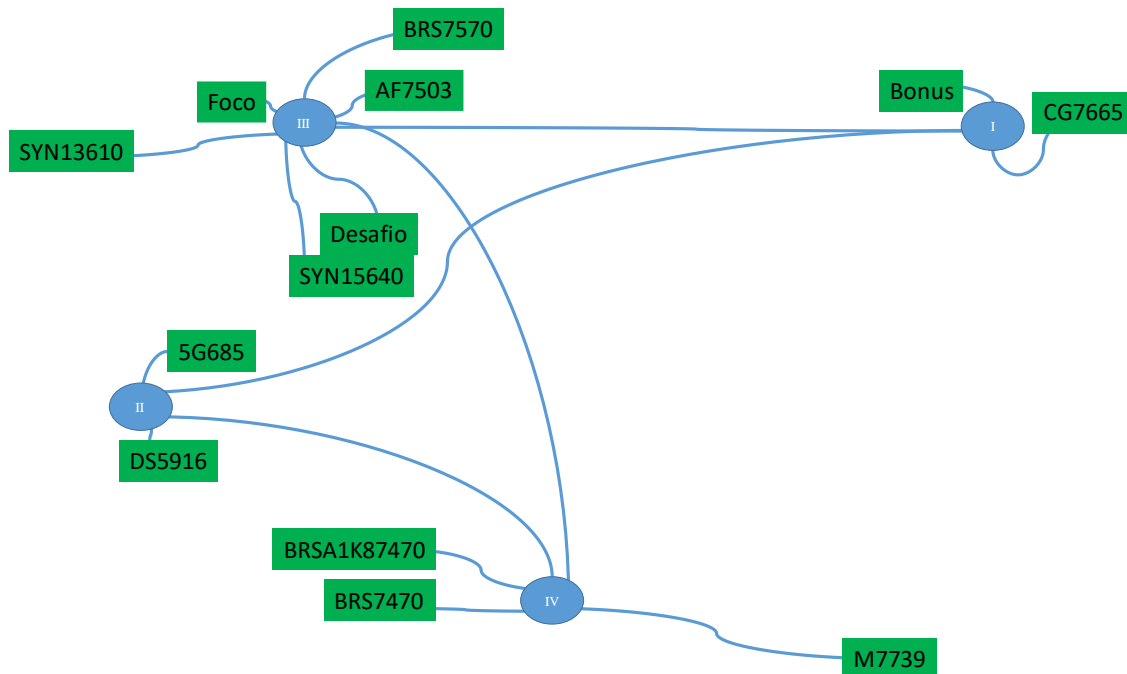


Figura 4. Redes Neurais Artificiais (RNAs) obtidas por Mapa de Kohonen definindo os centroides (azul) e neurônios (verde) e links sinápticos (linhas azuis), em genótipos de soja.

O teste de agrupamento de médias scott-knott revelou as diferenças existentes dentre os genótipos em seus respectivos componentes morfoagronômicos, caracterizando o comportamento genético de acordo com o ambiente de estudo. Tais observações foram complementadas univariadamente com as tendências das correlações simples entre as variáveis.

A análise de variância comprovou a elevada distinção de comportamento dos genótipos pela significância do teste F ($p \leq 0,01$). O método otimizado de Tocher agrupou os genótipos pela semelhança dentre os caracteres. Por sua vez, os caracteres foram mensurados em sua importância pela contribuição relativa. A trilha realizada e esboçada pelo diagrama causal, proporcionou um padrão médio da planta de soja dentre os genótipos para altos rendimentos no Sudoeste Goiano. Genótipos e caracteres demonstraram afinidades entre si, através da análise de variáveis canônicas. E a árvore filogenética junto com a rede neural organizaram padrões de comportamento para os 13 genótipos dentre as 12 variáveis analisadas no trabalho.

No entanto, demais trabalhos devem ser realizados localmente afim de contribuir para o melhoramento genético da soja, bem como, melhor informar ao produtor sobre a escolha do material genético a ser utilizado por ele, atendendo assim, suas expectativas que geralmente são focadas em rendimento de grãos.

CONCLUSÃO

As variáveis que tiveram maiores correlações fenotípicas para legumes com um grão, legumes com dois grãos, número de grãos por planta foram as que tiveram maior rendimento.

O genótipo selecionado para alto rendimento de grãos e adaptabilidade foi CG7665, mostrando que esse genótipo pode ser cultivado no verão do Sudoeste Goiano.

Os genótipos AF7503, Bonus, BRS7470, Desafio, Foco, SYN13610 e SYN15640 possuem boa estabilidade fenotípica, para tanto, devem ser melhor estudados, afim de fomentar o leque de opções genéticas para o produtor local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. D.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRRI, F. S. Divergência genética entre genótipos de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 108-115, 2011.

BARBOSA, V. S.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRRI, F. S.; SIQUEIRA, G. B.; Comportamento de genótipos de soja, em diferentes épocas de semeaduras, visando a produção de biocombustível. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. Revista Ciência Agronômica, v. 42, n. 3, 742-749, jul-set, 2011.

BHERING, L. L. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.17: 187-190p, 2017.

BUSANELLO, C.; BATTISTI, R.; SOMAVILLA, L.; MENEGOL, D. R. Caracteres agronômicos da cultura da soja submetida a diferentes densidades populacionais na região norte do Rio Grande do Sul. Enciclopédia Biosfera, Centro científico Conhecer. Goiânia, v. 9, n. 17, p. 509-517, 01 dez. 2013.

BUSANELLO, C.; BATTISTI, R.; SOMAVILLA, L.; MENEGOL, D. R. Caracteres agronômicos da cultura da soja submetida a diferentes densidades populacionais na região norte do Rio Grande do Sul. Enciclopédia Biosfera, Centro científico Conhecer. Goiânia, v. 9, n. 17, p. 509-517, 01 dez. 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). 2016 Acompanhamento safra brasileira grãos, v. 11 Safra 2015/16 - Décimo Primeiro levantamento, Brasília, p. 1-176.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). 2020 Acompanhamento safra brasileira grãos, v. 7 Safra 2019/20 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-104. Janeiro 2020.

Costa, M. I. A., de Andrade Melo, L., da Costa Ferreira, S., & Matsuo, E. (2018). Morfometria reprodutiva e diversidade genética em cultivares de soja. *Nucleus*, 15(2), 207-215.

CRUZ, S. C. S. et al. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016.

Daronch, D. J., Peluzio, J. M., Afferri, F. S., Tavares, A. T., & de Souza, C. M. (2019). Eficiência ambiental e divergência genética de genótipos de soja na região central do Tocantins. *Revista Cultura Agronômica*, 28(1), 1.

DIAS, P. P. Efeito das densidades e profundidades de semeadura sobre o desempenho agrônomo da soja. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cultivares de Soja: Macrorregiões 3, 4 e 5 Goiás e Região Central do Brasil. Londrina: Embrapa - CNPS, 2012. 23 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologia de produção de soja: região central do Brasil. Brasília, 2013. 266 p. (Sistema de Produção, 16).

FERREIRA, L. L.; ARAUJO, G. S. ; CARVALHO, I. R. ; SANTOS, G. A. ; FERNANDES, M. S. ; CARNEVALE, A. B. ; CURVELO, C. R. S. ; PEREIRA, A. I. A. . Cause and Effect Estimates on Corn Yield as a Function of Tractor Planting Speed. *Journal of Experimental Agriculture International*, p. 1-7, 2019b.

FERREIRA, L. L.; BARBOSA, H. Z. ; CARVALHO, I. R. ; PRADO, R. L. F. ; CURVELO, C. R. S. ; PEREIRA, A. I. A. ; FERNANDES, M. S. ; CARNEVALE, A. B. . Effect of Biostimulants in Late Seeding of Genotypes of Zea mays L.. *Journal of Experimental Agriculture International*, p. 1-9, 2019a.

GIROTTI, L. et al. Tolerância à seca de genótipos de trigo utilizando agentes indutores de estresse no processo de seleção. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 192-199, 2012.

GIROTTI, L. et al. Tolerância à seca de genótipos de trigo utilizando agentes indutores de estresse no processo de seleção. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 192-199, 2012.

HIRAKURI, M. H.; LAZAROTTO J. J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2014.

KASTER, M.; FARIAS, J. Regionalização dos testes de VCU-Valor de Cultivo e Uso de genótipos de soja-terceira aproximação. *REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL*, v. 37, 2011.

MARTINS, J. D.; ZWICK RADONS, S.; STRECK, N. A.; KNIES, A. E.; CARLESSO, R. Plastocrono e número final de nós de genótipos de soja em função da época de semeadura. *Ciência Rural*, v. 41, n. 6, 2011.

Oliveira, E. C., de Oliveira Junior, W. P., Oliveira, J. D. D. D., Furmigare, N. S., & Peluzio, J. M. (2019). Divergência genética em linhagens de soja visando a produção de biodiesel no Estado do Tocantins. *MAGISTRA*, 30, 113-122.

PERINI, L. J.; FONSECA JUNIOR, N. S.; DESTRO, D.; PRETE, C. E. C. Componentes da produção em genótipos de soja com crescimento determinado e indeterminado. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, s.1, p. 2531-2544, 2012.

RAO, R.C., 1952. *Advanced statistical methods in biometric research*. New York: J. Wiley.

RIBEIRO, G. R. S. Características agronômicas e divergência genética de genótipos de soja sob diferentes condições de fósforo. Mestrado- Universidade Federal do Tocantins,- Programa de PósGraduação em Produção Vegetal, Tocantins, 2012

SEDIYAMA, T. (Ed.). *Tecnologias de produção e usos da soja*. Londrina: Ed. Mecnas, 2009. 314p.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. Analysis of variance test for normality, *Biometrika*. v.1, n.1, p.591-611, 1965.

Silva, A. F. D., Sedyama, T., Silva, F. C. D. S., Bezerra, A. R. G., & Ferreira, L. V. (2015). Correlation and path analysis of soybean yield components. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 5(1), 177-179.

SILVA, J. B. et al. Ensaio comparativo de genótipos de soja em época convencional em Selvíria, ms: características agronômicas e produtividade. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 747-754, 2010.

Singh, D., 1981. The relative importance of characters affecting genetic divergence. *The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 41, 237-245.

Smiderle, O. J., SOUZA, A. D. G., Gianluppi, V., Gianluppi, D., Costa, K. N. A., & GOMES, H. D. S. (2019). Correlação entre componentes de produção de soja BRS Tracajá e diferentes densidades de plantas no cerrado Roraima. *Embrapa Roraima-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKY, D. A. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 3. ed. New York: Columbia, 1997. 666p.

Teodoro, P. E., Ribeiro, L. P., Corrêa, C. C. G., da Luz Júnior, R. A. A., dos Santos Zanuncio, A., Capristo, D. P., & Torres, F. E. (2015). Path analysis in soybean genotypes as function of growth habit. *Bioscience Journal*, 31(3).

VEIGA, A. D., et al. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n.4, p. 953- 960, 2010.

Wiles, P. S., & Enke, D. (2014). Nonlinear modeling using Neural Networks for trading the soybean complex. *Procedia Computer Science*, 36, 234-239.

ZHANG, J. Q., ZHANG, L. X., ZHANG, M. H., & WATSON, C. (2009). Prediction of soybean growth and development using artificial neural network and statistical models. *Acta Agronomica Sinica*, 35(2), 341-347.

Zuffo, A. M., Ribeiro, A. B. M., Bruzi, A. T., Zambiazzi, E. V., & Fonseca, W. L. (2018). Correlações e análise de trilha em cultivares de soja cultivadas em diferentes densidades de plantas. *Cultura Agrônômica: Revista de Ciências Agronômicas*, 27(1), 78-90.