

INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

AGRONOMIA

**ESTIMATIVA DA DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE
CULTIVARES DE SOJA BASEADO EM CARACTERES
QUANTITATIVOS**

GUILHERME SILVA MEDEIROS

Rio Verde, GO

2021

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE**

AGRONOMIA

**ESTIMATIVA DA DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE
CULTIVARES DE SOJA BASEADO EM CARACTERES
QUANTITATIVOS**

GUILHERME SILVA MEDEIROS

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Diego Silva Cabral

Rio Verde – GO

Janeiro, 2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

MM488e Medeiros, Guilherme Silva
 Estimativa da diversidade genética entre
 cultivares de soja baseado em caracteres
 quantitativos / Guilherme Silva Medeiros; orientador
 Pablo Diego Silva Cabral; co-orientador Fernando
 Higino de Lima e Silva. -- Rio Verde, 2021.
 25 p.

Monografia (Graduação em Agronomia) -- Instituto
Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

1. Dissimilaridade genética. 2. Correlação Linear.
3. Glycine max. I. Diego Silva Cabral, Pablo ,
orient. II. Silva, Fernando Higino de Lima e, co-
orient. III. 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 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital 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 | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <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 |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Guilherme Silva Medeiros

Matrícula: 2016102200240256

Título do Trabalho: Estimativa da diversidade genética entre cultivares de soja baseado em caracteres quantitativos

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 28/01/2021

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;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, 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;
- 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.

_____ Rio Verde _____, 28/01/2021_.
Local Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 3/2021 - CCGRAD-RV/GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos vinte e dois do mês de janeiro de 2021, às 13 horas, via Google Meet, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Pablo Diego Silva Cabral, Fernando Hígino de Lima e Silva e Luan Perônio Venâncio, para examinar o Trabalho de Curso intitulado “Estimativa da Diversidade Genética entre Cultivares de Soja Baseada em Caracteres Quantitativos” do estudante Guilherme Silva Medeiros, Matrícula nº 2016102200240256 do Curso de Agronomia do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelo coorientador, em nome dos demais membros da banca

(Assinado Eletronicamente)

Fernando Hígino de Lima e Silva

Coorientador

Pablo Diego Silva Cabral

Orientador - Membro

Luan Perônio Venâncio

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Fernando Higino de Lima e Silva**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 25/01/2021 17:07:48.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 25/01/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 232991

Código de Autenticação: 86b0b61813



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

GUILHERME SILVA MEDEIROS

**ESTIMATIVA DA DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE
CULTIVARES DE SOJA BASEADO EM CARACTERES
QUANTITATIVOS**

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 22 de janeiro de 2021, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

Dr. Fernando Higino de Lima e Silva

Prof. Dr. Luan Peroni Venancio

Prof. Dr. Pablo Diego Silva Cabral
IF Goiano – Campus Rio Verde

Rio Verde - GO
Janeiro, 2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela oportunidade de fazer o curso que amo e por me dar forças para chegar no final.

Sou extremamente grato também à minha família e aos meus amigos por todo apoio durante esses 5 anos de estudo e também ao longo de toda a minha vida.

Deixo também um agradecimento especial ao meu orientador por sua prestatividade e dedicação ao meu projeto.

Também deixo aqui minha gratidão ao Instituto Federal Goiano e a todos os meus professores pelo ensino de qualidade que me foi oferecido.

RESUMO

MEDEIROS, Guilherme Silva. **Estimativa da diversidade genética entre cultivares de soja baseado em caracteres quantitativos..** N° 24 Monografia (Curso de Bacharelado de Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, GO, 2020.

O Brasil atualmente é o maior produtor mundial de soja. Essa oleaginosa, apresenta um amplo mercado de comercialização, podendo ser utilizada na alimentação animal como ração, alimentação humana como farinha, óleo, dentre outros. Por ser de grande importância para o país, a cultura é uma das mais estudadas e avaliadas, e ao longo dos anos de estudo referente ao melhoramento foi observado uma baixa diversidade de genes responsáveis pelas características em diferentes cultivares. Este trabalho tem como objetivo estimar a diversidade genética entre cultivares de soja, a fim de buscar máxima produtividade entre as cultivares. O experimento foi conduzido na estação de pesquisa da Coodetec em Rio Verde, GO. O experimento foi conduzido em um delineamento em blocos ao acaso, sendo as parcelas constituídas de 4 linhas de 4 metros de comprimento, espaçadas em 0,50 m entre linhas e com população final de plantas 300.000 plantas por hectare, com três repetições cada. As seguintes variáveis foram avaliadas: (i) produtividade de grãos (PROD); (ii) massa de cem grãos (MCG); (iii) número de vagens por planta (NVP); (iv) número de grãos por planta (NGP); número de dias para o florescimento (NDF); maturação fisiológica (MF); (v) altura de plantas (ALT). Para a fonte de variação (FV) todas as variáveis em estudo foram significativas, demonstrando diferença entre as cultivares de soja em estudo, sendo que o CV variou entre 1,11 a 28,58. Para a correlação linear a massa de 100 grãos (MCG) apresentou correlação positiva e significativa com a produtividade ($r = 0,59$). Quanto a contribuição relativa dos caracteres, o número de dias para o florescimento (NDF) teve a maior contribuição (66,7%). O caractere que mais influenciou na produtividade foi a massa de 100 grãos (MCG). Apesar da baixa variabilidade genética, é possível marcar caracteres quantitativos da soja, que permitem uma diferenciação entre cultivares, sendo que o caractere que mais contribuiu para a diferenciação, nesse trabalho, foi o número de dias para o florescimento.

Palavras-chave: *Glycine max*; Correlação linear; Dissimilaridade Genética.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo da análise de variâncias de sete caracteres agronômicas avaliadas em 66 cultivares de soja.....	14
---	----

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Correlação linear simples entre as variáveis..... 15
- Figura 2.** Contribuição relativa dos caracteres em ordem decrescente para a dissimilaridade genética de 66 cultivares de soja, pelo método proposto por SINGH (1981).....16
- Figura 3.** Dendrograma da diversidade genética de 66 cultivares de soja em relação a sete caracteres agronômicos com base na distância generalizada de Mahalanobis.....17
- Figura 4.** Boxplot dos sete caracteres agronômicos dos quatro grupos formados (G1, G2, G3 e G4).....17

LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

PROD	Produtividade de grãos;
MCG	Massa de cem grãos;
NVP	Número de vagens por planta;
NGP	Número de gros por planta;
NDF	Número de dias para o florescimento;
MF	Maturação fisiológica;
ALT	Altura de plantas.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Cultura da soja	12
2.2 Variabilidade genética na soja	13
MATERIAL E MÉTODOS	14
RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma leguminosa da família *Fabaceae*, autógama, de porte herbáceo, ciclo anual, ereta de crescimento morfológico diversificado. Sua altura varia de 0,3 a 2,0 m, podendo ser muito ou pouco ramificada, com ciclo precoce ou tardio, dependendo das condições ambientais e da variedade (SEDIYMA; TEIXEIRA; BARROS, 2009). No que se refere a produção, o Brasil é o maior produtor de mundial, com uma produção de 124,845 milhões de toneladas na safra 2019/20, em uma área plantada de 36,950 milhões de hectares, apresentando produtividade de 3.379 kg ha⁻¹ na safra 2019/2020 (CONAB, 2020).

A soja apresenta versatilidade quanto ao seu uso, podendo ser utilizada na alimentação animal (farelos e rações) e na alimentação humana (óleo, leite, farinhas, etc.). Além de garantir proteína animal em grandes quantidades e preços acessíveis aos brasileiros, a soja também garante a segurança alimentar de muitos outros países. Essa ampla comercialização, garante um maior sucesso e segurança, no que se refere a parte de comercialização da produção.

Outra vantagem da cultura é que de longe é uma das mais estudadas e conhecidas no país, apresentando produtos e técnicas sempre atuais, a fim de atender o produtor durante a produção. Isso porque a soja é de grande interesse econômico.

Ao longo dos anos pesquisadores trabalham arduamente em busca de cultivares mais resistentes, de fácil manejo, mas sobretudo, mais produtivos. Logo várias cultivares vem surgindo ao longo dos anos, no entanto, segundo HIROMOTO; VELLO (1986); BONATO et al., (2006) e WYSMIERSKI, (2010), há pouca variabilidade genética entre elas, em razão principalmente, de serem originárias de poucas linhagens ancestrais, o que resulta em uma base genética estreita.

Essa baixa variabilidade pode se tornar um problema futuramente no que se diz respeito a vulnerabilidade das cultivares, além de prejudicar o melhoramento genético, já que a recombinação será pouco expressiva, gerando progênies muito semelhantes. Sabendo disso, a fim de se obter melhores resultados no que se diz respeito a variabilidade os pesquisadores utilizam de caracteres quantitativos, buscando avalia-los através de análise de variância.

Os caracteres quantitativos mais utilizado frequentemente é a produção de grãos, dias para maturação (ciclo), altura da planta, etc. FARIAS (2013). Sendo que a produção de grãos apresenta uma das maiores influências ao determinar o melhoramento genético de determinada cultivar.

Objetivou-se no presente trabalho quantificar a variabilidade genética entre as 66 cultivares de soja. Especificamente, objetivou-se(i) promover o agrupamento dos genótipos em

função da dissimilaridade genética; (b) indicar a contribuição relativa dos caracteres avaliados para a dissimilaridade genética e (c) identificar as combinações mais promissoras para produzir recombinações superiores.

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura da soja

A soja cultivada (*Glycine max* (L.) Merrill) pertence à classe *Dicotyledoneae*, ondem *Fabales*, da família *Leguminosae*, gênero *Glycine*, cujo principal centro de origem é a China. A espécie é autógama, herbácea, anual, ereta, de crescimento morfológico diversificado, variando de 0,3 a 2,0 m de altura, podendo ser muito ou pouco ramificada, com ciclo precoce ou tardio, dependendo das condições ambientais e da variedade (SEDIYMA; TEIXEIRA; BARROS, 2009).

As primeiras citações referentes à soja são de aproximadamente 2000 AC, segundo Gudolle (2016), na China, quando ainda era uma planta rasteira, bem diferente da que conhecemos hoje. Sua evolução se iniciou a partir do cruzamento natural de duas espécies selvagens. Já no Brasil, os primeiros relatos foram em 1882, na região nordeste, no estado da Bahia. Mas apenas em 1935 que a soja passou a ser cultivada efetivamente com a finalidade comercial, no Rio Grande do Sul. Pois a cultura apresentava maior adaptabilidade quanto à altura, isso porque a maior parte do germoplasma era proveniente da região sul do EUA (MIYASAKA; MEDINA, 1981).

Quase 80% da soja mundial é esmagada para se tornar ração animal e quase 20% para a obtenção de óleo vegetal, que por sua vez é óleo mais consumido no mundo (cerca de 25% da demanda mundial). Rica em proteína é facilmente uma substituta da carne no que diz respeito ao fator nutricional, por isso, o fator ‘competição alimentar’ é determinante para a cultura.

Segundo a estimativas da CONAB (2020), o Brasil é o atual maior produtor de soja do mundo com uma produção de 124,845 milhões de toneladas, em uma área plantada de 36,950 milhões de hectares, atingindo uma produtividade de 3.379 kg ha^{-1} .

Em 2020, segundo a CNA (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil), ao avaliar o retorno de produtos agrícolas/agropecuários, o principal produto é a soja, que rendeu para o país 175 bilhões de reais, o que a torna principal commodities economicamente, seguido do gado se corte (Carne/Agropecuária), com R\$ 139 bilhões. O que implica um maior consumo de soja, já que a ração é alimento para os bovinos.

2.2 Variabilidade genética na soja

Todo o progresso nas cultivares de soja se dá com o avanço do melhoramento genético. Isso porque, é graças à essa ciência que podemos alcançar maiores produtividades, maior resistência, e melhores características de manejo. No entanto, o uso de poucos genitores no início dos programas de melhoramento ocasionou uma perda considerável da variabilidade genética originalmente disponível, levando ao estreitamento da base genética (VILLELA, 2013).

A soja é uma cultura que, pelos estudos de grau de parentesco e divergência genética, apresenta alta similaridade entre os cultivares desenvolvidos (BONATO et al., 2006; HYTEN et al., 2006; MIRANDA et al., 2007; WYSMIERSKI; VELLO, 2013). Segundo Priolli et al. (2002, 2004) e Bonato et al. (2006) quando estudaram cultivares brasileiras de soja utilizando marcadores moleculares e verificaram também que as cultivares são oriundas de um limitado número de ancestrais. E essa limitação pode ser um problema para o melhoramento genético, isso porque a variabilidade genética futura pode ser atingida, havendo baixíssima diferença entre cultivares o que pode acarretar em disseminação de pragas e doenças com maior severidade e de difícil controle.

Segundo Villela (2013) o estudo da diversidade genética é valioso para a utilização, conservação e gerenciamento dos recursos genéticos de uma espécie. Assim como auxilia no conhecimento referente aos mecanismos evolutivos que atuam nessa diversidade, além de entender características evolutivas que permitiram sua sobrevivência ao longo dos anos. (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011).

No que diz respeito à quantificação da dissimilaridade genética entre cultivares de soja, a utilização da distância generalizada de Mahalanobis, se apresenta como um dos melhores métodos para grandes amostras por utilizar informação de covariância. Simon et al. (2012) ao estimar a divergência genética entre 19 híbridos simples de milho cultivados na safra de verão e safrinha no município de Rio Verde - GO utilizou-se da distância generalizada de Mahalanobis obtidas a partir dos dados padronizados como medidas de dissimilaridades. Assim como Rotili et al. (2012), que também utilizou do mesmo método ao avaliar a divergência genética em genótipos de milho no sul de Tocantins.

2.3 Caracteres Quantitativos

A genética quantitativa é definida como sendo o estudo do controle genético de caracteres que apresentam uma distribuição contínua em gerações segregantes. Dessa forma, como a maioria dos caracteres com os quais os melhoristas trabalham são herdados de forma

quantitativa, o entendimento dos princípios da genética quantitativa é fundamental para o planejamento eficiente de programas de melhoramento (DUDLEY, 1997). O estudo de caracteres quantitativos é realizado principalmente por meio de componentes de médias e componentes de variância (FARIAS, 2013).

Geralmente em programas de melhoramento é utilizado genótipos de alta produtividade, porém há exceção quando deseja uma característica não existente em cultivares comerciais, ou quando se pretende ampliar a variabilidade genética. Nestes casos, segundo Farias (2013), frequentemente se utilizam genitores divergentes para alguma característica, como produção de grãos, dias para maturação (ciclo), altura da planta, etc.

Nesse sentido, ao avaliar caracteres que podem influenciar diretamente a produtividade e ainda, estudá-la separadamente, é esperado obter melhores características afim de se alcançar um cultivar mais produtivo. Isso porque, esse caractere é um dos mais determinantes para a escolha do melhoramento genético.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na estação de pesquisa da Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (Coodetec), situada na Rodovia Anel viário, km 0, Rio Verde, GO, (Latitude: 17°44'46.2" S, Longitude 51°02'11.0" W). A estação de pesquisa está localizada na macrorregião sojícola 3 e microrregião 301, conforme a terceira aproximação do zoneamento agrícola, proposta por Kaster e Farias (2011). De acordo com a classificação climática de Köppen Alvares et al. (2013), o clima da região é do tipo Aw (Köppen-Geiger) tropical, com chuvas concentradas no verão (outubro a abril) e um período de estiagem bem definido durante a estação do inverno (maio a setembro), com precipitação média anual entre 1.200 a 1.500 mm.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições. As parcelas foram constituídas de quatro linhas de quatro metros de comprimento, espaçadas em 0,50 m entre linhas e com população final de plantas 300.000 plantas por hectare. Utilizando 66 cultivares de soja. Todos os tratamentos culturais foram realizados de acordo com as recomendações da EMBRAPA (2016) no sentido de se obter o máximo potencial produtivo da cultura.

Foram avaliados os seguintes caracteres: (i) produtividade de grãos (PROD), obtida pela pesagem dos grãos colhidos em cada parcela (8 m²), ajustados a 13% de umidade e extrapolado para kg ha⁻¹; (ii) massa de cem grãos (MCG), em g, obtido pela média da tomada aleatória de 100 grãos feito em triplicata em cada parcela e pesado em balança digital, (iii) número de vagens

por planta (NVP), contagem do número de vagens de 6 plantas amostradas aleatoriamente dentro de cada parcela e realizada a média; (iv) número de grãos por planta (NGP), contagem do número de grãos de seis plantas amostradas aleatoriamente dentro de cada parcela e realizada a média; número de dias para o florescimento (NDF), número de dias da emergência da plântula até o dia em que 50% da parcela estivesse no estágio de florescimento; maturação fisiológica (MF), número de dias da emergência da plântula até o dia em que 50% da parcela estivesse no estágio de R8 (maturação fisiológica/ponto de colheita) e também a (v) altura de plantas (ALT), em cm, realizada através da medição da haste principal de seis plantas aleatórias dentro de cada parcela.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade pelo teste F, para constatar a existência de variabilidade entre os acessos e para obtenção das médias e da matriz de variância e covariância residuais. Realizou-se uma análise de correlação linear simples, com a significância testada pelo teste t.

A partir da matriz de variância e covariância residuais foi obtida a matriz de dissimilaridade entre os cultivares pela distância generalizada de Mahalanobis (D2). A contribuição relativa dos caracteres foi estimada pelo método de SING (1981). Utilizou-se o método de agrupamento da Ligação média entre grupos (UPGMA) para agrupar os cultivares e o coeficiente de correção cofenética para verificar a precisão do agrupamento em relação a distância original. Para as análises estatísticas utilizou-se os softwares Genes, (CRUZ, 2016) e o R (r-project).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é apresentada a ANOVA pelo teste de F à 1% para todas as variáveis avaliadas no trabalho. Observa-se que para a fonte de variação (FV) todas as variáveis em estudo foram significativas, demonstrando diferença entre as cultivares de soja em estudo.

Os coeficientes de variação observados foram entre 1,11 a 28,58, para maturação fisiológica (MF) e número de grãos por planta (NGP), respectivamente.

Tabela 1. Resumo da análise de variâncias e estatística descritiva de sete caracteres agrônômicas avaliadas em 66 cultivares de soja.

FV ¹	Quadrado Médios						
	PROD ²	MCG ³	NVP ⁴	NGP ⁵	NDF ⁶	MF ⁷	ALT ⁸
Cultivar	85982212**	18.2**	579.7**	3056.8**	199.8**	314.9**	669.7**
Bloco	1257723	19.5	640.6	5686.6	4.91	0.02	4.9
Resíduo	376070	4.2	254.7	1326.4	0.58	2.14	39.1
Máximo	6679.6	24.6	122.5	237.7	62.0	145.0	150.0
Média	4281.0	15.2	61.1	127.4	47.2	131.1	95.6

Mínimo	2254.2	8.3	20.5	41.2	32.0	107.0	50.0
CV ⁹ (%)	14.32	13.45	26.11	28.58	1.61	1.11	6.53

¹Fonte de variação; ²Produtividade de grãos; ³Massa de cem grãos; ⁴Número de vagens por planta; ⁵Número de grãos por planta; ⁶Número de dias para o florescimento; ⁷Maturação fisiológica; ⁸Altura de plantas. ⁹Coefficiente de variação. *Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Para a produtividade de grãos (PROD) a variação máxima encontrada foi de 6679,6 e mínima de 2254,2. Para a Massa de cem grãos (MCG) a máxima e mínima foi de 24,6 e 8,3, respectivamente. Para o Número de vagens por planta (NVP), a máxima observada foi de 122,5 e mínima de 20,5. Já para a avaliação do Número de grãos por planta (NGP) foi observado máxima de 237,7 e mínima de 41,2. O Número de dias para o florescimento (NDF) variou entre 62,0 e 32,0. A Maturação fisiológica (MF) variou entre 145,0 e 107,0. E para a Altura de planta (ALT) a máxima foi de 150,0 e a mínima de 50,0. O maior CV encontrado foi de 28,58% para o número de grãos por planta (NGP).

Quanto maior a diferença entre as máximas e mínimas encontradas para as características avaliadas, maior o potencial de diversidade genética entre os materiais estudados.

Na figura 1 é apresentado a correlação linear simples entre as variáveis avaliadas, com a figura é possível observar a interação, se negativa ou positiva, entre os caracteres.

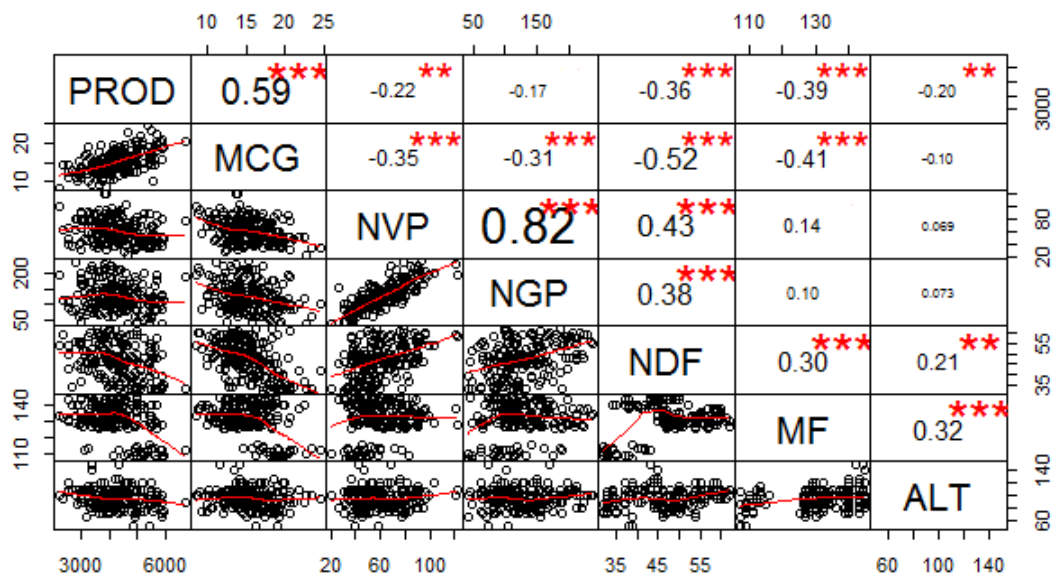


Figura 1. Correlação linear simples entre as variáveis. PROD= produtividade de grãos; MCG= massa de cem grãos; NVP= número de vagens por planta; NGP= número de grãos por planta; NDF= número de dias para o florescimento; MF=maturação fisiológica; ALT= altura de plantas. Significância do teste t= ***, <0,005; **, <0,001, *, <0,05

A massa de 100 grãos (MCG) apresentou correlação positiva e significativa com a produtividade ($r = 0,59$). Ou seja, correlação indica que ao elevar a massa de cem grãos (MCG), a produtividade retornará com 0,59 (figura 1).

Para a maturação fisiológica (MF) a correlação foi negativa, com -0,39. Portanto, a interação entre as variáveis é significativa, porém de forma negativa. Outra informação importante observada foi a influência do número de grãos por planta sobre o número de vagens por planta. A interação mais alta foi entre o número de vagens por plantas (NVP) e número de grãos por planta (NGP), com uma relação positiva de 0,82. A menor interação foi entre o número de dias para o florescimento (NDF) e massa de cem grãos (MCG), sendo igual a -0,52.

Resultados similares foram observados por Rigon et al. (2012), ao estudar dissimilaridade genética e análise de trilha de cultivares de soja avaliada por meio de descritores quantitativos, observou que apenas a M1000 grãos apresentou resultado positivo para efeito direto sobre o rendimento de grãos, resultado este, também encontrado por Almeida et al. (2010) e Malik et al. (2011) em estudos com a cultura.

Apenas o número de grãos por planta (NGP) não foi significativo para a produtividade em nenhum nível ($r = -0,17$). A altura de planta (ALT) não foi significativa para a massa de cem grãos (MCG). A maturação fisiológica (MF) e altura de planta (ALT) não foram significativas para a número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por planta (NGP).

Na Figura 2 é a apresentado a contribuição relativa dos caracteres, em ordem decrescente, para a dissimilaridade genética de 66 cultivares, utilizando o método de Singh (1981), sendo que o número de dias para o florescimento (NDF) teve a maior contribuição (66,7%), seguido da maturação fisiológica (MF), com 28,55%.

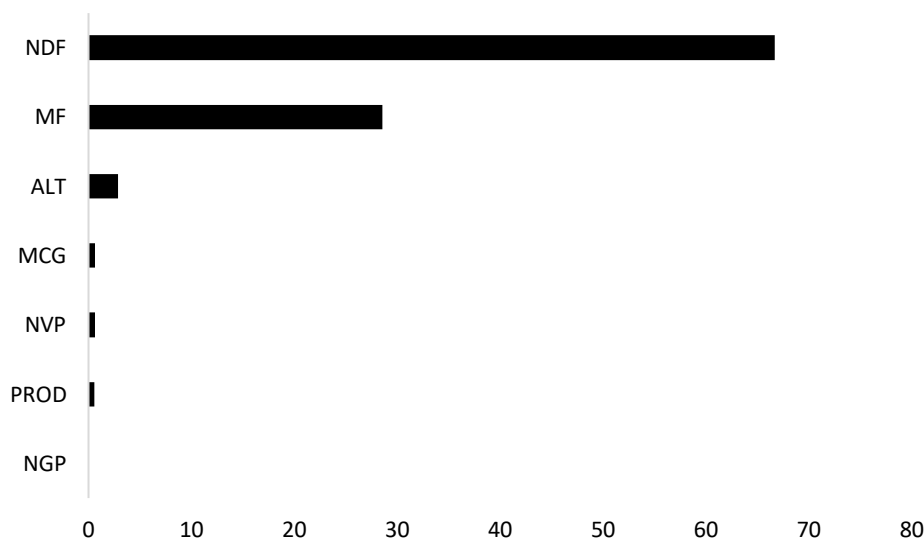


Figura 2. Contribuição relativa dos caracteres em ordem decrescente para a dissimilaridade genética de 66 cultivares de soja, pelo método proposto por SINGH (1981). PROD= produtividade de grãos; MCG= massa de cem grãos; NVP= número de vagens por planta; NGP= número de grãos por planta; NDF= número de dias para o florescimento; MF=maturação fisiológica; ALT= altura de plantas.

Almeida (2008) em seu estudo verificou que o número de dias para maturação (39,49%),

o peso de 100 sementes (26,56%) e o número de dias para florescimento (13,59%) foram as mais eficientes em explicar a dissimilaridade entre as cultivares, devendo ser priorizadas na escolha de progenitores em programas de melhoramento.

Villela (2013), ao estudar diversidade fenotípica e molecular de cultivares brasileiras de soja portadoras de gene RR, observou resultado semelhante, onde NDF apresentou uma contribuição de 36% para a diversidade genética, seguido da componente produção de grãos, que nesse trabalho, no entretanto, apresentou valor pouco significativo. Resultados semelhantes foram encontrados por Peluzio et al. (2009) e Rigon et al. (2012).

Ao avaliar as 66 cultivares através da distância generalizada de Mahalanobis (Figura 3), estas foram divididas em 4 grupos, sendo o Grupo 1 (G1) composto por: CD2728, M7110, G57, G51, G60, G13, G36, G33, G32 e G53; Grupo 2 (G2): G26, G41, G9, G38, DESAFIO, G10, G8, G43, M7739, G55, G37, G39, AS3797, G34, G7 e G56; Grupo 3 (G3): G12, G28, G29, G15, G4, G21, G24, G3, G25, G40, G22, G54, G46, G30, G6, G20, G5, G23 e G50; Grupo 4 (G4): G2, G11, G16, G17, G49, G19, G58, G59, G14, G35, G42, G31, M8210, G48, G52, G24, G27, G47, G1 e G45. Como apresentado a seguir (figura 3).

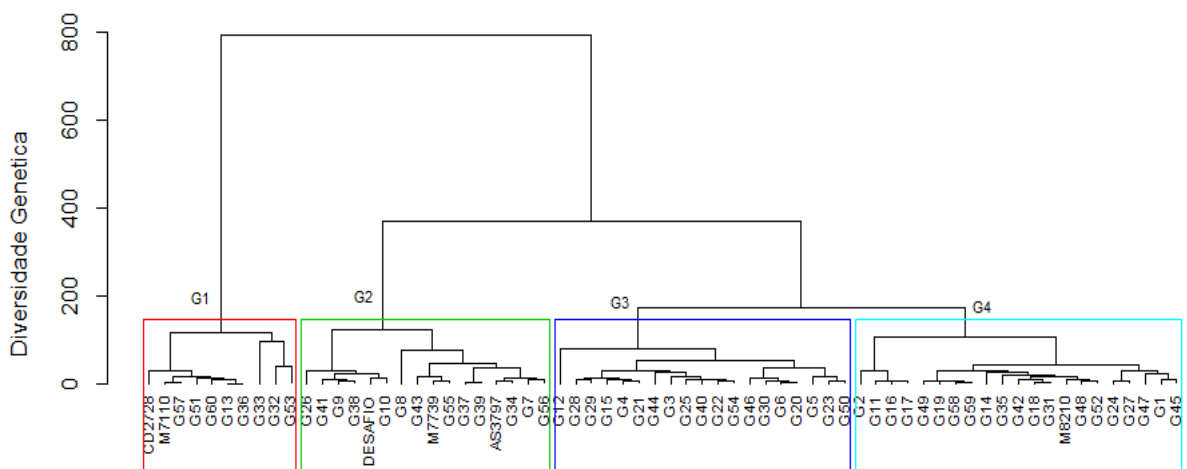


Figura 3. Dendrograma da diversidade genética de 66 cultivares de soja em relação a sete caracteres agronômicos com base na distância generalizada de Mahalanobis

A distância máxima encontrada foi de 1776.26 entre os genótipos M7110 e G23, já a mínima distância foi de 1,50 entre os genótipos G13 e G36, sendo que a distância média encontrada é de 364.40. A ampla distância encontrada indica uma alta variabilidade genética. E quanto maior essa dissimilaridade, é provável maior chance de resultados positivos ao realizar melhoramento genético entre os cultivares.

Almeida (2008) ao estudar divergência genética entre cultivares de soja e correlações

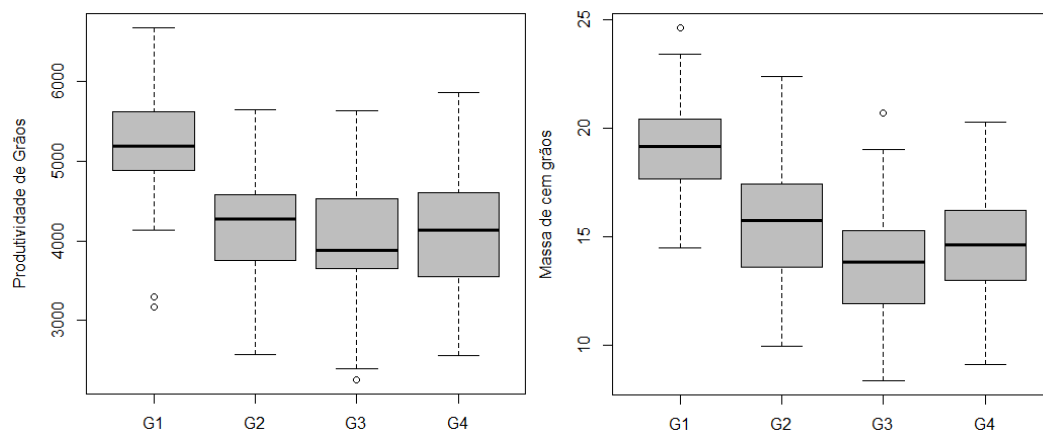
entre suas características, sob condições de várzea irrigada, no sul de Tocantins, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis, encontrou também uma ampla variação entre as cultivares, variando de 2,65 a 374,06.

Nesse trabalho observou-se um CCC de 0,8802 o que é considerado bom. Quanto maior o CCC menor será a distorção do agrupamento (CRUZ; CARNEIRO, 2006).

Cabral et. Al. (2011) ao estudar diversidade genética de acessos de feijão comum por caracteres agronômicos obteve uma correlação cofenética de 0,91.

Após o agrupamento é apresentado o Boxplot com os sete caracteres agronômicos para cada um dos quatro grupos formados, demonstrando o que mais diferenciou na divergência genética (Figura 4).

Entre os 4 grupos a produtividade (PROD) variou entre 2.254 (G3) e 6.680 (G1) kg por hectares. Para a massa de cem grãos (MCG) a mínima e a máxima variou entre 8,388 (G3) e 24,64 (G1), respectivamente. A variação máxima para o número de vargens por planta (NVP) foi mínima de 20,5 (G1) e máxima de 122,5 (G3). O número de grãos por planta (NGP) variou entre 41,2 (G1) e 237,7 (G3). A maturação fisiológica (MF) variou entre 107 (G1) e 145 (G2 e G4). O número de dias para o florescimento (NDF) apresentou mínima de 32 (G1) e máxima de 62 (G3). Para a altura de planta (ALT) a mínima foi de 50 (G1) e máxima de 150 (G2). Sendo assim maior variação observada, ocorreu entre os grupos G1 e G3, salientando ainda que quanto maior a distância observada nas características entre os grupos, maior será a variabilidade genética existente.



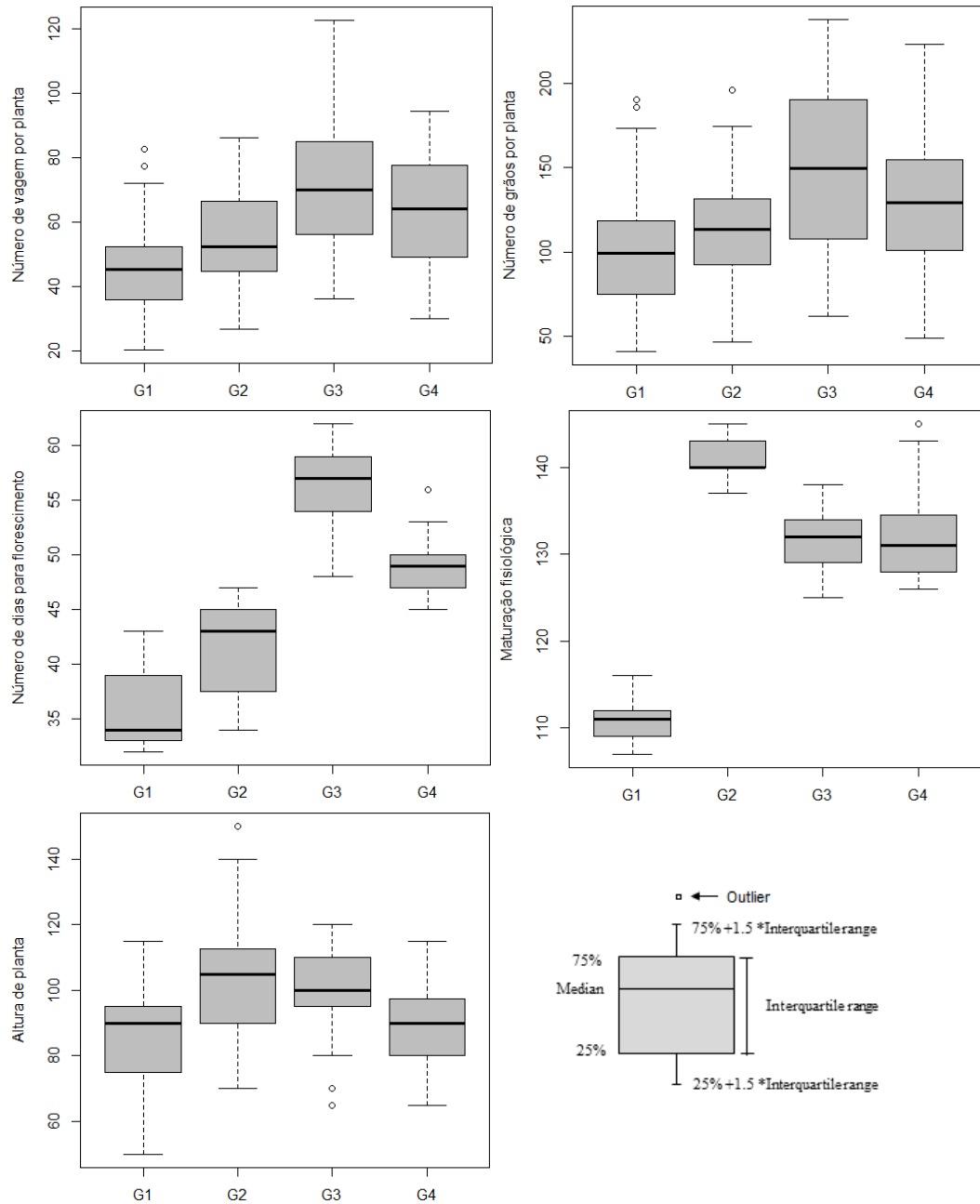


Figura 4. Boxplot dos sete caracteres agrônômicos dos quatro grupos formados (G1, G2, G3 e G4).

Observando o gráfico da figura 2 e comparando com o boxplot podemos perceber que nos é mostrado separadamente os resultados de cada grupo dentro de cada característica. O de NDF e MF se mostram bem discrepante entre os grupos, provando que são os que mais influenciaram na diferenciação. Segundo Almeida (2008) a formação destes grupos é de fundamental importância para a escolha dos progenitores, pois as novas combinações híbridas a serem estabelecidas devem ser baseadas na magnitude de suas dissimilaridades e no potencial per se dos genitores, entretanto, além de dissimilares, é necessário que os genitores associem média elevada e variabilidade para os caracteres que estejam sendo melhorados. Além disso, recomenda-se o não envolvimento de indivíduos de mesmo padrão de dissimilaridade nos

cruzamentos, de modo a não restringir a variabilidade genética e, assim, evitar reflexos negativos nos ganhos a serem obtidos pela seleção (CRUZ & REGAZZI, 2004).

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos conclui-se que:

- i- Mesmo sendo uma espécie com baixa variabilidade genética natural foi possível marcar caracteres quantitativos que permitem realizar uma diferenciação entre as cultivares.
- ii- As características que mais contribuíram para a diferenciação foi o número de dias para o florescimento e maturação fisiológica.
- iii- O caractere que mais influenciou na produtividade foi a massa de 100 grãos.
- iv- O cruzamento entre M7110 e G23 se mostra promissor para a obtenção de população segregante superior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., De Moraes Gonçalves, J.L., Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorol. Zeitschrift** 22, 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ALMEIDA RD DE, PELUZIO JM & AFFERRI FS. Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições de várzea irrigada, Sul de Tocantins. **Bioscience Journal**, 26:95-99, 2010.
- BONATO, A. L. V.; CALVO, E. S.; GERALDI, I. O.; ARIAS, C. A. A. Genetic similarity among soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars released in Brazil using AFLP markers. **Genetics and Molecular Biology**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 692-704, 2006.
- BONETTI, L.P. Cultivares e seu melhoramento genético. In: VERNETTI, F.J. (Ed.) Soja: genética e melhoramento. **Fundação Cargill**, Campinas, p. 741-800, 1983.
- CABRAL, P. D. S. et al. Genetic diversity in local and commercial dry bean (*Phaseolus vulgaris*) accessions based on microsatellite markers. **Genetics and Molecular Research**, v. 10, n. 01, p. 140-149, 2011.
- CONAB- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Levantamento setembro**, 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-soja>. Acesso em novembro/2020
- CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. A. Diversidade genética- Importância. In: CRUZ, Cosme Damião; FERREIRA, Fabio Medeiros; PESSONI, Luiz Alberto. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética. Viçosa: Suprema**. p. 2-28, 2011.
- DIAS MAR, MELO AV, SANTOS VM, NUNES HV. Divergência genética entre progênies de milho na região centro-sul do estado do Tocantins. **Revista Engenharia na Agricultura**; (2018).
- EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **A cultura da soja**, 2011.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro. 412p, 2006.
- HIROMOTO, D. M.; VELLO, N. A. The genetic base of Brazilian soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 9, n. 2, p. 295-306, 1986.
- HYTEN, D. L. et al. Impacts of genetic bottlenecks on soybean genome diversity. **Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**, v. 103, p. 16666-16671, 2006.
- KASTER, M.; FARIAS, J.R.B. Regionalização dos testes de Valor de Cultivo e Uso e da indicação de cultivares de soja – Terceira Aproximação. **Londrina: Embrapa Soja**, 2011.
- Malik MFA, Ashraf M, Qureshi AS & Khan MR (2011) Investigation and comparison of some

morphological traits of the Soybean populations using cluster analysis. **Pakistan Journal of Botany**, 43:1249-1255.

MIRANDA, Z. F. S. et al. Genetic characterization of ninety elite soybean cultivars using coefficient of parentage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 363-369, 2007.

MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. A soja no Brasil. Campinas: **Instituto de Tecnologia de Alimentos**, 1981. 1062 p.

OLIVEIRA, T. C. Divergência genética e correlação entre caracteres de genótipos de sorgo sacarino na região de Cáceres – MT. **Cáceres Mato Grosso – Brasil – 2015**.

PELUZIO JM, VAZ-DE-MELO A, AFFÉRI FS, SILVA RR, BARROS HB, NASCIMENTO IR & FIDELIS RR. Variabilidade genética entre cultivares de soja, sob diferentes condições edafoclimáticas. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, 2:21-29,2009.

PRIOLLI, R. H. G.; MENDES-JÚNIOR, C. T.; SOUSA, S. M. B.; SOUSA, N. E. A.; CONTEL, E. P. B. Diversidade genética da soja entre períodos e entre programas de melhoramento no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 10, p. 967-975, 2004.

PRIOLLI, R. H. G.; MENDES-JÚNIOR, C. T.; ARANTES, N. E.; CONTEL, E. P. B. Characterization of brazilian soybean cultivars using microsatellite markers. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 25, n. 2, p. 185-193, 2002.

RIGON, J.P.G., CAPUANI, S., BRITO NETO, J.S., ROSA, G.M., WASTOWSKI, A.D., RIGON C.A.G. Dissimilaridade genética e análise de trilha de cultivares de soja avaliada por meio de descritores quantitativos. **Revista Ceres**, vol. 59, n. 2, p. 233-240,2012.

ROTILI, E.A. et al. Divergência genética em genótipos de milho, no Estado do Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.516-521, 2012.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; BARROS, H.B. Origem, evolução e importância econômica. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecnas, 2009, p. 1-5.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A. Melhoramento de espécies cultivadas. **Viçosa: UFV**, 2005. 969 p.

SIMON, G.A. et al. Divergência genética em milho de primeira e segunda safra. **Semina**, v.33, p.449-458, 2012.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetics & Plant Breeding**, New Delhi, v. 41, p.237-245, 1981.

Vieira C (2007) Cultura do feijão. 2ª ed. **Viçosa, UFV**. 146p.

VILLELA, O. T.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; DA SILVA, F. M.; JUNIOR, L. S. B. A.; DI MAURO, A. O. Genetic divergence of roundup ready (RR) soybean cultivars estimated by phenotypic characteristics and molecular markers. **African Journal of Biotechnology**, v. 13,

n. 26, 2014.

WYSMIERSKI, Philip Traldi; VELLO, Natal Antonio. The genetic base of Brazilian soybean cultivars: evolution over time and breeding implications. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, v. 36, n. 4, p. 547-555, 2013.

WYSMIERSKI, P. T. **Contribuição genética dos ancestrais da soja às cultivares brasileiras**. 2010. 99 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.