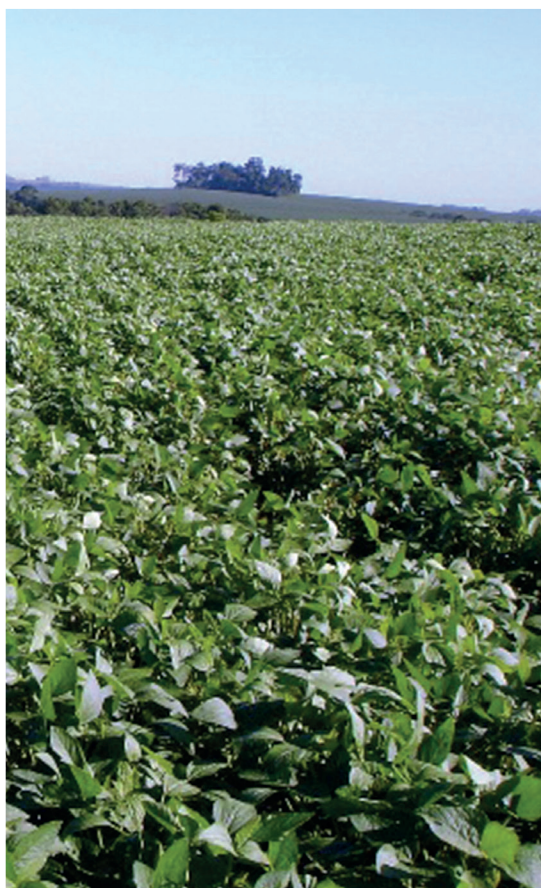


Análise de Componentes Principais (ACP) entre as variáveis respostas óleo, proteína e ácidos graxos em germoplasma de soja



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Soja
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
29**

Análise de Componentes Principais (ACP)
entre as variáveis respostas óleo, proteína e
ácidos graxos em germoplasma de soja

*Maria Cristina Neves de Oliveira
Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja
Rod. Carlos João Strass, s/n,
acesso Orlando Amaral
Caixa Postal 231,
CEP 86001-970
Distrito de Warta
Londrina, PR
(43) 3371 6000
www.embrapa.br/loja
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
Embrapa Soja

Presidente
Alvadi Antonio Balbinot Junior

Secretária-Executiva
Regina Maria Villas Bóas de Campos Leite

Membros
Claudine Dinali Santos Seixas, Edson Hirose, Ivani de Oliveira Negrão Lopes, José de Barros França Neto, Liliane Márcia Mertz-Henning, Marco Antonio Nogueira, Mônica Juliani Zavaglia Pereira, Norman Neumaier

Coordenadora de Editoração
Vanessa Fuzinato Dall'Agnol

Normalização bibliográfica
Valéria de Fátima Cardoso

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Marisa Yuri Horikawa

Foto da capa
Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi / Claudio Nonaca (Arquivo Embrapa Soja)

1ª edição
PDF Digitalizado (2022)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Soja

Oliveira, Maria Cristina Neves de

Análise de Componentes Principais (ACP) entre as variáveis respostas óleo, proteína e ácidos graxos em germoplasma de soja / Maria Cristina Neves de Oliveira, Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi – Londrina : Embrapa Soja, 2022.

29 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Soja, ISSN : 2178-1680 ; n. 29).

1. Soja. 2. *Glycine max*. 3. Variedade. I. Carrão-Panizzi, Mercedes Concórdia. II. Título. III. Série.

Conteúdo

Resumo	5
Abstract	6
Introdução.....	7
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	10
Conclusões.....	27
Agradecimentos.....	27
Referências	28

Análise de Componentes Principais (ACP) entre as variáveis respostas óleo, proteína e ácidos graxos em germoplasma de soja

Maria Cristina Neves de Oliveira¹

Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi²

Resumo - A soja pode ter diferentes utilizações de acordo com as concentrações dos compostos químicos relacionados com qualidade dos produtos. Uma coleção de cultivares comerciais, representada por 235 genótipos do Banco de Germoplasma da Embrapa Soja foi avaliada para os teores de proteína, óleo e ácidos graxos (oleico, linoleico, linolênico, palmítico e esteárico). Devido ao grande número de dados, aplicou-se a Análise de Componentes Principais (ACP), para melhor visualização das diferenças entre as variáveis. Entre os genótipos avaliados o teor de proteína apresentou uma amplitude de 47,72 % a 37,21 %, representado pela IAC 100 e Santa Maria, respectivamente. A cultivar IAC 100, genótipo tolerante a insetos, também apresentou menor percentagem de óleo (14,25%), evidenciando a correlação negativa com o teor de proteína. A composição média de ácidos graxos em soja é cerca de 23% para oleico (C18:1), 53% para linoleico (C18:2), e 9% para linolênico (C18:3). Considerando essa média, observou-se nesse trabalho amplitudes de 43,0% a 15,1 % para oleico (MS/BRS 169 - BRS 156); 60,7% a 37,0% para linoleico (Industrial - MS/BRS 169); e 12,4% a 5,9% para linolênico (BRS 156 - BRS 158 (Milena)). Com variabilidade significativa entre as variáveis respostas é possível se identificar fontes genéticas para o melhoramento genético da qualidade da soja.

Termos para indexação: *Glycine max*, cultivares de soja, oleico, linoleico, linolênico.

¹ Matemática, doutora em Estatística, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR.

² Engenharia-agrônoma, doutora em Ciência de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

Principal Component Analyses (PCA) of response variables oil, protein and fatty acids in soybean germoplasm

Abstract - Soybeans can have different uses depending on the concentrations of the chemical compounds that affect the quality of their products. A collection of Brazilian commercial cultivars, represented by 235 genotypes of the Embrapa Soja germoplasm bank were evaluated for protein, oil and fatty acid (oleic, linoleic, linolenic, palmitic and stearic) contents. To better visualize the differences between the variables, with a large number of data, the Principal Component Analysis (PCA) was applied. The protein content range was 47.72 % to 37.21 %, represented by IAC 100 and Santa Maria, respectively. Cultivar IAC 100, an insect resistant genotype, also presented the lowest percentage of oil (14.25), and the negative correlation with protein content. The average fatty acid composition in soybean is 23% for oleic (C18:1), 53% for linoleic (C18:2) and 9% for linolenic (C18:3). The observed range on fatty acids variability was 43.0% to 15.1% for oleic (MS/BRS 169 - BRS 156); 60.7% to 37.0% for linoleic (Industrial - MS/BRS 169); and 12.4% to 5.9% for linolenic (BRS 156 - BRS 158 (Milena)). Due to the variability presented for the response variables, it was possible to identify genetic sources for soy quality improvement.

Index terms: *Glycine max*, soybean cultivars, oleic, linoleic, linolenic.

Introdução

Óleo e proteína são os principais compostos químicos da soja, os quais são determinantes da importância econômica da cultura. Em 2021, a soja foi responsável por 59% da produção de sementes oleaginosas do mundo, o que representou 70% do consumo mundial de farelo proteico e 28% do consumo mundial de óleo vegetal (Soystats, 2022). Os grãos de soja têm em média cerca de 40% de proteína, sendo que a mesma é negativamente correlacionada com rendimento de grãos (Burton, 1984). Para produzir rações de soja “high-pro” (alto teor proteico), indústrias de processamento demandam cultivares com alto teor de proteína, o que de certa forma, predispõe a um antagonismo com os interesses dos produtores que buscam rendimentos altos e que conseqüentemente, reduz o teor proteico da soja. Deste modo, programas de melhoramento genético para obtenção de quantidades adequadas de proteína devem considerar um equilíbrio entre a manutenção do rendimento e teor de proteína. O consumo de soja para a alimentação humana, considera à sua proteína de boa qualidade, a qual é utilizada para produção de farinhas integrais e desengorduradas, concentrados proteicos e isolados, sendo estes utilizados como ingredientes de produtos industrializados. Produtos de consumo direto de soja populares e disponíveis no mercado, são leite de soja, barras de cereais, salgadinhos e análogos de carne.

O teor de óleo na soja, que é negativamente correlacionado com teor de proteína (Burton, 1984), compreende cerca de 20% da composição do grão de soja e é composto principalmente por ácidos graxos saturados, palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0); e ácidos graxos insaturados, oleico (C18:1), linoleico (C18:2) e linolênico (C18:3). Os últimos três ácidos graxos, apresentam cadeia de carbono de 18 átomos, com uma, duas e três ligações duplas, respectivamente, as quais conferem instabilidade ao óleo. Em média, os teores desses ácidos graxos na soja são 10,7% de palmítico, 3,9% de esteárico, 22,8% de oleico, 50,8% de linoleico e 6,8% de linolênico (Perkins, 1995).

Liu (1997) explicou muito bem os conflitos para se obter simultaneamente qualidade nutricional, estabilidade oxidativa e funcionalidade no óleo de soja comestível. Por exemplo, altas quantidades de ácidos graxos saturados (C16:0, C18:0), são interessantes para processamento de margarinas e gorduras hidrogenadas, uma vez que requerem alto ponto de fusão, entretanto nutricionalmente não são desejáveis. O ácido palmítico pode causar problemas de saúde ao aumentar a lipoproteína de baixa densidade (LDL-colesterol) (Kris-Etherton; Yu, 1997). Por outro lado, um óleo com alto teor de ácidos graxos insaturados desejável para a saúde, pode apresentar problemas quanto a estabilidade oxidativa. O ácido oleico, por sua vez, pode diminuir o colesterol LDL (Bonanome; Grundy, 1988), enquanto os ácidos linoleico (ω -6) e linolênico (ω -3) têm efeitos benéficos para a função cardiovascular. A ingestão de ácido linoleico na dieta está inversamente associada ao risco de doença coronariana no modo dose-resposta (Farvid et al., 2014).

Pela modificação genética da soja, é possível obter óleo para diferentes aplicações e mercados, conforme indicado por Liu (1997). O óleo com menor teor de ácidos graxos saturados e maior teor de oleico seria adequado para a saúde humana. Óleo com teor reduzido de ácido linolênico apresenta melhor estabilidade à oxidação e sabor. Óleo com maior teor de ácidos saturados (palmítico e esteárico), os quais tem alto ponto de fusão, têm sido usados para substituir ou reduzir a hidrogenação no processamento de margarinas. Desde que a FDA (Food and Drug Administration) anunciou, em 2006, a proibição de ácidos graxos trans em alimentos (List et al., 2007), os quais se formam pelo processo de hidrogenação, alternativas que reduzam esse processamento têm sido estudadas. Ácidos graxos trans têm efeito negativo na saúde humana, por aumentar os níveis colesterol LDL, o que contribui para o aumento dos riscos de doenças coronárias (Ascherio et al., 1999). O melhoramento de soja para reduzidos teores de ácido linolênico é objetivo dos melhoristas que visam obter melhor qualidade do óleo. Variedades de soja com 1% de ácido linolênico

foram lançadas comercialmente nos Estados Unidos, as quais permitem no processamento, redução ou nenhuma hidrogenação, produzindo óleo de soja com menor deterioração oxidativa, rancidez e reduzido teor de ácidos graxos trans (Fehr, 2007). O óleo de soja com composição específica de ácidos graxos também é importante para diferentes utilizações industriais não alimentares, como por exemplo para tintas, teores altos de ácidos linoleicos são desejáveis por permitir polimerização e secagem mais rápida, ao mesmo tempo que para lubrificantes o baixo teor de oleico reduz a oxidação. Além de combustíveis, um número grande de outros produtos não alimentares podem ser obtidos a partir da soja (Missouri Soybeans, 2022).

O método multivariado de Análise de Componentes Principais (ACP) permite a agregação de genótipos semelhantes com base em diversas variáveis respostas com mínima perda de informação (Silva; Padovani, 2006; Mingoti, 2007). O método ACP associado a métodos gráficos permite, simultaneamente, uma melhor interpretação das variáveis respostas dos genótipos em estudo. O uso do gráfico biplot auxilia na interpretação de múltiplas variáveis em função de diferentes tratamentos (Gabriel, 1971; Yan; Rajcan, 2002; Yan; Kang, 2003; Yan; Tinker, 2006).

A ACP é uma técnica multivariada que modela a estrutura de covariância. Esse método deve ser considerado como uma técnica intermediária auxiliando em investigações científicas que envolvem um grande número de dados. A ACP é realizada pela diagonalização de matrizes simétricas positivas semidefinidas dos valores desses teores em soja (Ferreira, 2008).

Sugere-se o seu uso quando o volume de dados e ou variáveis é grande, possibilitando reduzir a dimensão da matriz de dados que compõem o conjunto de variáveis resposta com apenas poucos componentes. Esse método permite interpretar os resultados do conjunto de dados e associado ao biplot visualizando simultaneamente as variáveis resposta e os tratamentos, sem perda de informação (Gabriel, 1971; Reis, 2001; Mingoti, 2007; Ferreira, 2008). Os componentes principais são definidos como combinações lineares de p variáveis correlacionadas e, cada combinação linear é não-correlacionada com as demais variáveis.

Essa metodologia, além de agrupar indivíduos quanto a composição química da soja, associa conforme os valores das variâncias das variáveis, ou seja, de acordo com seu comportamento dentro da população. Sendo assim, é conveniente padronizar cada variável permitindo que as variáveis tenham o mesmo peso (Hongyu et al., 2015). A ACP é eficiente se existem fortes intercorrelações nos dados originais e que estes sejam padronizados para uma mesma escala relativa, de forma que, os eixos da ACP não sejam dominados por uma ou mais variáveis que apresentam as maiores variâncias. Caso contrário, não se apresentam bons resultados com a análise de componentes principais, porque não se consegue capturar uma série de novas variáveis, reduzindo a dimensão da matriz, sem perda de informação.

Após padronizar as variáveis e anterior a qualquer procedimento multivariado deve-se avaliar a existência de correlação entre as variáveis. Alguns autores afirmam, que no estudo multivariado, a matriz de correlação deve apresentar um número expressivo de coeficientes de correlação de Pearson com valor igual ou acima de 0,30 pois, é dessa matriz que são extraídos os autovalores e os autovetores, sendo que, sem esses resultados não tem sentido o estudo multidimensional (Figueiredo Filho; Silva Junior, 2009, 2010; Paranhos et al., 2014). Com as novas variáveis não correlacionadas, obtidas de combinações lineares das variáveis originais, são apresentadas em ordem decrescente relativas ao seu poder de explicação. Dessa forma, pela ACP, é possível avaliar as diferenças nos teores de proteína, de óleo e da composição de ácidos graxos dos genótipos de soja.

O objetivo do presente trabalho foi identificar diferenças nos teores de proteína, de óleo e dos principais ácidos graxos (palmítico, esteárico, oleico, linoleico e linolênico) de 235 genótipos de soja do Banco de Germoplasma da Embrapa Soja, aplicando-se a Análise de Componentes Principais, para melhor visualização das diferenças entre as variáveis. A identificação de variabilidade genética nesses compostos químicos permite a seleção de parentais para programas de melhoramento, cujo objetivo é a obtenção de cultivares especiais para uso na alimentação humana e animal, bem como para usos industriais não alimentares.

Material e Métodos

Análises dos teores de proteína, óleo e ácidos graxos

Os teores de proteína, óleo e ácidos graxos: palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2) e linolênico (C18:3), foram determinados em 235 cultivares de soja brasileira semeadas em 01/11/2001 em Ponta Grossa, Paraná (latitude 25°05' S). O solo foi corrigido com a adição de 2,5 tons de calcário/ha e 350 kg/ha de fertilizante NPK (0-20-20). Resultados da análise de solo (0 - 20 cm) foram: pH 5,0; Al (0,0); K (0,43); Ca (2,97); Mg (1,29); P (11,96mg/dm³); C (22,75g/dm³) e H+Al (10,45cmolc/dm³).

Para examinar as diferenças nos teores percentuais de proteína e óleo, os grãos inteiros dos genótipos foram analisados pelo método não destrutivo *near infrared spectroscopy (NIR)* (AACC, 1995). Teores (%) dos ácidos graxos foram analisados por cromatografia gasosa de metil ésteres (AOCS método) (Bannon et al., 1982; Christie, 1989; Rayford et al., 1994). Todas as análises foram realizadas no USDA-ARS - National Center for Agricultural Research (NCAUR), em Peoria, Illinois, Estados Unidos, em 2002. O desenho experimental foi completamente randomizado e as análises realizadas em duplicata.

Método estatístico

Devido ao grande número de genótipos e para melhor apresentação e interpretação dos resultados da ACP, os 235 genótipos foram classificados em ordem decrescente pelo teor de proteína (%), divididos em quatro grupos: A, B e C com 60 genótipos e Grupo D com 55 genótipos. Para cada grupo, os genótipos foram codificados, conforme as listas nas Tabelas 1 a 4. Os dados originais das variáveis respostas foram padronizados com variância unitária e média zero, assegurando que fossem adimensionais (StatSoft, 1995). Os Componentes principais (CP) e os gráficos biplots foram aplicados na matriz de dados de todos os genótipos de soja (grupos A, B, C, D) e a Decomposição do Valor Singular (DVS) dos dois primeiros componentes, indicando que a matriz dos dados é dividida em três partes: valores singulares, autovetores de colunas e autovetores de linhas, formando uma matriz diagonal. Essas análises foram realizadas sobre as variáveis resposta já apresentadas e analisadas pelos softwares Statistica e GGEBiplot (Yan; Rajcan, 2002; Yan; Kang, 2003).

Devido à dificuldade em representar gráficos 3D com rotação de eixos, nesse estudo foram considerados somente os dois primeiros componentes (CP1 e CP2). O biplot foi formado com os escores do primeiro componente principal (CP1) na abscissa e os escores do segundo componente principal (CP2), na ordenada para cada tratamento (genótipos) e cada variável, sendo que o modelo utilizado para os quatro grupos de genótipos foi expresso como:

$$\frac{T_{ij} - \bar{T}_j}{s_j} = \lambda_1 \phi_{i1} \tau_{j1} + \lambda_2 \phi_{i2} \tau_{j2} + \varepsilon_{ij}$$

em que,

T_{ij} é o valor médio dos genótipos i para as variáveis j ,

\bar{T}_j é o valor médio das variáveis j na média geral dos genótipos,

s_j é o desvio padrão das variáveis j entre as médias dos genótipos,

λ_1 é o valor singular do CP1,

λ_2 é o valor singular do CP2,

ϕ_{i1} e ϕ_{i2} são os escores dos componentes principais CP1 e CP2 respectivamente, para os genótipos i ,

τ_{j1} e τ_{j2} são os escores dos CP1 e CP2, associados às variáveis j ,

ε_{ij} é o resíduo do modelo associado aos genótipos i nas variáveis j .

Resultados e Discussão

Antes de aplicar a análise de componentes principais, investigou-se a correlação entre variáveis em função dos genótipos. Valores de coeficientes de correlação são pré-requisitos para iniciar a análise de componentes principais. A interpretação do biplot poligonal também é muito conveniente para analisar um grande número de dados, como coleção de germoplasma ou de linhagens de melhoramento genético de plantas. Particularmente neste estudo, foi possível visualizar simultaneamente interações dos genótipos e composição de sementes (óleo, proteína e ácidos graxos) (Figuras 1 a 4).

Grupo A

Os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis respostas dos genótipos do grupo A (Tabela 1) foram significativos (teste $t \leq 0,05$). Os valores positivos foram para óleo / oleico ($r = 0,33$), palmítico / linolênico ($r = 0,35$) e linoleico / linolênico ($r = 0,36$) (Tabela 1). Coeficientes de correlação negativos e significativos foram observados para proteína / óleo ($r = -0,58$), palmítico / óleo ($r = -0,35$), oleico / palmítico ($r = -0,47$) e óleo / linolênico ($r = -0,39$). Sendo que, as correlações mais fortes foram para oleico / linoleico ($r = -0,61$) e oleico / linolênico ($r = -0,93$). Os menores valores desses coeficientes não significativos variaram de $-0,02$ (esteárico / óleo) a $0,23$ (linoleico/Palmítico). Essas fortes correlações negativas foram confirmadas pelo biplot poligonal com círculos concêntricos, onde no gráfico, o ácido graxo oleico (C18: 1) está situado em posição oposta aos ácidos graxos linoleico (C18: 2) e linolênico (C18: 3) (Figura 1). Interpretações semelhantes podem ser observadas para correlação de proteína e óleo ($r = -0,58$) (Figura 1).

O autovalor de um componente principal indica sua quantidade de variação em relação ao total das variâncias calculadas. Os autovalores obtidos foram 2,81, 1,55 e 1,02, totalizando para os três componentes 77,07% da variância acumulada, sendo que os dois primeiros componentes consideraram explicaram 62,38% da variação total. Em geral, o primeiro componente (CP1) é o mais importante com a maior contribuição para a variação dos dados (Silva; Padovani, 2006). O CP1 explicou 40,20% da variância total para um maior número de variáveis (Figura 1). As variáveis respostas que mais contribuíram para o CP1 foram oleico (0,32%), linoleico (0,22%) e linolênico (0,18%), enquanto que, para o CP2, foram óleo (0,37%) e proteína (0,53%).

Pelo biplot poligonal utilizando o CP1 e CP2, (Figura 1), as variáveis resposta óleo, proteína, ácido graxo oleico (C18: 1), linoleico (C18: 2) e linolênico (C18: 3), as quais estão mais distantes da origem (quarto círculo concêntrico), são as que mais contribuíram para identificar diferenças entre os genótipos do grupo A (Figura 1). Yan; Tinker (2006), analisando estabilidade ao ambiente de genótipos, relataram que é possível selecionar os genótipos mais e menos estáveis, apenas pela visualização da sua distância da origem nos vértices do biplot poligonal e pelo lado em que as respostas e genótipos estão localizados no gráfico. Portanto, mesmo com vetores longe da origem, as respostas no lado esquerdo do gráfico, em geral são resultados ruins. No entanto, os pesquisadores, por sua experiência, podem justificar e garantir se as respostas são boas ou ruins, o que depende da característica da variável em análise (Yan; Tinker, 2006).

A cultivar IAC 100 (código 1) localizada no lado direito e no vértice poligonal (setor 5-1, direção anti-horário) está fortemente relacionada com a proteína, o que foi confirmado pelo maior teor (47,72%) (Figura 1, Tabela 1). De acordo com a relação negativa entre proteína e óleo (Burton, 1984; Liu et al., 1995), a cultivar IAC 100 também apresentou o menor teor de óleo (14,25%) (Tabela 1), e isso pode ser visualizado no biplot poligonal, onde o vetor de óleo está no lado oposto da proteína. Além da questão proteína, a cultivar IAC 100 também é conhecida por ser um genótipo tolerante a insetos, usado como fonte genética em melhoramento para essa característica (Lourenção et al., 1997). Dentro desse setor, embora no segundo círculo, também estão genótipos Campos Gerais (código 2), 46,38% e IAC 1 (código 3), 45,91% com alto teor de proteína (Tabela 1).

Para a variável óleo, o genótipo MG / BRS 54 (código 58) apresentou o maior teor de óleo (19,66%), embora localizado no lado esquerdo no vértice do polígono no setor 3-4. Segundo Yan e Tinker (2006), cuidados devem ser tomados, com tratamentos localizados no lado esquerdo do biplot, o que significa alguma fraqueza, a qual pode ser boa ou ruim. Considerando que proteína e óleo são correlacionados negativamente (-0,58), dependendo do interesse, alguns valores do lado esquerdo podem ser muito bons porque distinguem diferenças entre os genótipos. No vértice do setor 4-5, no quarto círculo concêntrico, está a variável ácido graxo oleico (C18: 1), e a cultivar MS / BRS 169 (código 9) apresentou o maior teor do óleo oleico (42,97%) (Tabela 1). Os genótipos Ocepar 6 (código 32) e FT Cometa (código 17), embora no segundo círculo concêntrico, apresentaram 33% a 34% de ácido oleico, os quais são valores elevados, quando se considera o conteúdo médio desse composto (23%) (Figura 1).

No setor 1-2 percebe-se que a contribuição do ácido esteárico (C18: 0) é baixa uma vez que, a maioria dos genótipos está muito próxima da origem (Figura 1). As linhas perpendiculares equalitárias dividem o biplot poligonal em setores, e o genótipo vencedor para cada setor é aquele localizado no respectivo vértice (Yan; Tinker, 2006; Farshadfar et al., 2011).

Pelo biplot, pode-se observar uma forte relação entre os ácidos linoleico (C18: 2) e linolênico (C18: 3), os quais estão localizados no lado direito do setor 5-1 e 1-2, respectivamente. O genótipo BRS 156 (código 56) localizado próximo a essas duas variáveis apresentou o maior teor de ácido linoleico (56,95%) e ácido linolênico (C18: 2) (12,36%) (Figura 1, Tabela 1). Os dados desse trabalho indicaram correlação negativa significativa (-0,93 *), (teste t, $p \leq 0,05$), entre oleico (C18: 1) / linoleico (C18: 2), e oleico / linolênico (C18: 3) (-0,61 *). Confirmando essas correlações negativas, BRS 156 apresentou o menor teor de ácido oleico (15,12%) (Figura 1, Tabela 1). A mesma tendência é observada para o genótipo MS / BRS 169 (código 9), que ficou situado no lado esquerdo do polígono, oposto à variável linoleico (C18: 2), apresentando maior teor de oleico (42,97%), e menor teor dos ácidos linoleico (37,01%) e linolênico (6,72%) (Tabela 1).

Tabela 1. Grupo A: Genótipos em ordem decrescente pelo teor de proteína (%), teor de óleo (%) e ácidos graxos: palmítico - 16: 0 (%); esteárico - C18: 0 (%); oleico - C18: 1 (%); linoleico - C18: 2 (%); linolênico - C18: 3 (%). N=60.

Código	Genótipos	Proteína	Genótipos	Óleo	Genótipos	Palmítico	Genótipos	Estearico	Genótipos	Oleico	Genótipos	Linoleico	Genótipos	Linolênico
1	IAC 100	47,72	MG/BR 54	19,67	FT Manaca	15,43	IAS 3	4,16	MS/BRS 169	42,97	Industrial	60,72	BRS 156	12,36
2	Campos Gerais	46,38	BRS 155	19,09	IAC 100	13,00	Dourados	4,10	OCEPAR 6	34,19	EMGOPA 310	58,15	IAC Holanda	10,69
3	IAC 1	45,91	OCEPAR 6	19,09	EMGOPA 310	12,77	IAC Holanda	3,87	FT Cometa	32,99	IAC 2	57,88	RS 6	10,66
4	Vila Rica	45,62	FT Cometa	19,08	FEPAGRO RS10	12,74	Paranagoiana	3,84	MG/BR 54	31,11	BR 12	57,52	KI-S 702	10,63
5	OCEPAR19	45,44	DM Soberana	19,00	UFV 15	12,52	Numbaira	3,79	Embrapa 25	30,37	BRS 156	56,95	OCEPAR 8	10,54
6	IAC Holanda	45,43	OCEPAR 14	18,76	BRS 156	12,24	EMGOPA 310	3,76	OCEPAR 14	29,53	BR 36	56,72	Vila Rica	10,24
7	DM Soberana	45,43	Embrapa 25	18,71	BR 15	12,18	IAC 100	3,71	Davis	28,69	Mineira	56,54	IAC 100	10,01
8	UFV 15	45,43	Ivorá	18,65	DM Rainha	12,17	FT Cometa	3,70	KI-S 601	28,50	Vila Rica	56,31	OCEPAR 19	9,96
9	MS/BRS 169	45,36	BR 36	18,61	Ivaí	12,16	Embrapa 32	3,61	C Campos Gerais	28,01	Embrapa 32	56,05	FT Manacá	9,84
10	Vicoja	45,22	IAC 2	18,61	OCEPAR 14	12,13	DM Soberana	3,54	DM Soberana	27,37	FEPAR-RS 10	55,93	FT 20	9,56
11	IAC/PL1	45,14	Davis	18,60	KI-S 702	12,11	BR 15	3,52	IAC 1	26,931	Dourados	55,86	Mineira	9,54
12	Santa Rosa	44,93	FT 20	18,60	BRS 155	12,05	J 200	3,50	FT 9	26,58	DM Rainha	55,82	BRS 155	9,48
13	J 200	44,93	Bossier	18,54	OCEPAR 8	12,05	UFV 15	3,50	Bossier	26,54	IAC 16	55,81	Dourados	9,21
14	EMGOPA 311	44,89	IAC Holanda	18,53	Paranagoiana	12,00	Embrapa 25	3,49	IAC/PL 1	26,42	Paranagoiana	55,57	FT Iramaia	9,19
15	DM Rainha	44,85	Pampeira	18,51	Embrapa 19	11,93	DM Rainha	3,44	Embrapa 19	26,39	IAC 100	55,55	Pampeira	9,06
16	IPB-T	44,80	FT Estrela	18,49	EMGOPA 311	11,92	BR 14	3,39	FT 20	25,73	Missões	55,36	BR 14	8,97
17	FT Cometa	44,79	BR 15	18,45	Vicoja	11,88	MG/BR 22	3,39	SPS 1	25,62	Vicoja	55,33	Ivaí	8,96
18	SPS 1	44,78	IAC/PL 1	18,43	Dourados	11,87	IAC/PL 1	3,35	Ivorá	25,50	BRS 135	55,12	FEPAGRO RS10	8,90
19	Ivaí	44,77	BRS 135	18,43	FT 9	11,85	BRS 156	3,33	J 200	25,45	Santa Rosa	55,10	BR 36	8,68
20	IAC 16	44,77	FT 4	18,43	IAS 3	11,81	FT Estrela	3,31	FT 10	25,32	IAC 20	54,96	Industrial	8,68
21	BRS 135	44,74	FEPAGRO RS 10	18,42	OCEPAR 19	11,77	IAC 2	3,30	MG/BR 22	25,27	OCEPAR 19	54,89	Paranagoiana	8,63
22	IAC 2	44,74	DM Rainha	18,41	Numbaira	11,75	MG/BR 54	3,29	FT 4	24,36	IPB-T	54,87	Embrapa 19	8,59
23	Mineira	44,72	IPB-T	18,38	BR 36	11,75	KI-S 702	3,28	IPB-T	24,17	FT Manacá	54,27	KI-S 601	8,54
24	KI-S702	44,69	FT 9	18,37	FT Estrela	11,73	EMGOPA 311	3,28	FT Estrela	23,97	BR 15	54,20	IAS 3	8,46
25	F T9	44,67	RS 6	18,27	Santa Rosa	11,71	OCEPAR 8	3,27	Pampeira	23,91	OCEPAR 8	54,17	EMGOPA 310	8,39
26	KI-S601	44,64	Paranagoiana	18,24	FT 20	11,70	IAC 20	3,27	BR 15	23,26	BR 14	54,09	EMGOPA 311	8,36
27	FT Iramaia	44,57	Industrial	18,24	MG/BR 22	11,66	OCEPAR 14	3,22	IAC Holanda	23,27	KI-S 702	54,08	UFV 15	8,30
28	Davis	44,52	BR 12	18,22	BRS 135	11,63	FT Manacá	3,22	IAC 20	23,07	Numbaira	54,04	FT 4	8,21
29	BR 15	44,52	IAC 20	18,22	IAC 16	11,63	Pampeira	3,22	EMGOPA 311	23,02	RS 6	54,03	OCEPAR 14	8,20
30	Embrapa 25	44,46	Missões	18,18	IAC 1	11,59	OCEPAR 19	3,20	Ivaí	22,95	IAS 3	53,98	Vicoja	8,19

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Código	Genótipos	Proteína	Genótipos	Óleo	Genótipos	Palmítico	Genótipos	Estearico	Genótipos	Óleo	Genótipos	Linoleico	Genótipos	Linolênico
31	BR 14	44,42	J 200	18,12	Ivorá	11,58	KI-S 601	3,20	UFV 15	22,80	FT Iramaia	53,89	Santa Rosa	8,06
32	OCEPAR 6	44,37	IAC 16	18,10	FT Iramaia	11,54	FT 20	3,18	Missões	22,80	FT 4	53,82	BR 12	8,04
33	OCEPAR 14	44,36	EMGOPA 311	18,08	Mineira	11,53	Ivaí	3,16	FT Iramaia	22,77	BRS 155	53,70	Bossier	7,97
34	Dourados	44,32	OCEPAR 8	18,08	FT 10	11,52	BR 12	3,13	BR 14	22,75	FT Estrela	53,45	BRS 135	7,85
35	Embrapa 19	44,32	IAS 3	18,01	Missões	11,46	FT 10	3,13	Numbaira	22,66	EMGOPA 311	53,42	Embrapa 32	7,81
36	FT 4	44,32	Embrapa19	17,97	J 200	11,42	BRS 135	3,12	Santa Rosa	22,31	UFV 15	52,88	Numbaira	7,76
37	IAS 3	44,27	Numbaira	17,95	RS 6	11,39	IPB-T	3,11	IAC 16	22,30	Pampeira	52,88	IAC 20	7,75
38	OCEPAR 8	44,26	MG/BR 22	17,86	MG/BR 22	11,31	FEPAGRO RS10	3,08	BRS 135	22,28	Ivorá	52,87	MG/BR 22	7,71
39	Ivorá	44,25	Dourados	17,86	KI-S 601	11,24	Embrapa 19	3,07	BRS 155	21,74	Ivaí	52,76	SPS 1	7,66
40	Numbaira	44,23	Embrapa 32	17,81	Embrapa 25	11,22	FT 4	3,06	Vicoja	21,65	SPS 1	52,66	Campos Gerais	7,58
41	MG/BR 22	44,20	FT 10	17,80	FT Cometa	11,21	OCEPAR 6	3,05	IAS 3	21,60	FT 10	52,60	FT Estrela	7,55
42	EMGOPA 310	44,15	Mineira	17,79	Embrapa 32	11,19	BRS 155	3,03	Embrapa 32	21,34	IAC/PL 1	52,57	DM Rainha	7,54
43	Missões	44,13	EMGOPA 310	17,77	IAC 2	11,13	Davis	3,03	RS 6	21,07	J 200	52,42	IPB-T	7,50
44	IAC 20	44,12	Santa Rosa	17,75	BR 12	11,10	SPS 1	3,01	DM Rainha	21,02	Bossier	52,23	Missões	7,48
45	BR 12	44,11	Vila Rica	17,74	SPS 1	11,05	Ivorá	3,01	IAC 2	20,83	DM Soberana	52,01	FT 10	7,42
46	FEPAGRO RS10	44,08	KI-S601	17,73	IAC 20	10,95	IAC 1	3,01	BR 12	20,21	MG/BR 22	51,97	IAC 16	7,36
47	BRS 155	44,00	Ivaí	17,72	Industrial	10,95	Vicoja	2,95	OCEPAR 19	20,19	Campos Gerais	51,89	Davis	7,24
48	FT 20	43,98	OCEPAR 19	17,69	Pampeira	10,93	BR 36	2,92	Vila Rica	20,08	IAC 1	51,66	J 200	7,20
49	Embrapa 32	43,96	SPS 1	17,66	BR 14	10,80	Missões	2,90	OCEPAR 8	19,97	FT 9	51,59	FT 9	7,11
50	BR 36	43,93	FT Iramaia	17,49	MS/BRS 169	10,76	IAC 16	2,89	Paranagoiana	19,96	IAC Holanda	51,50	Embrapa 25	7,11
51	Industrial	43,91	Vicoja	17,49	IAC/PL 1	10,75	RS 6	2,85	BR 36	19,92	Embrapa 19	50,02	OCEPAR 6	7,06
52	Pampeira	43,89	UFV 15	17,47	OCEPAR 6	10,74	FT 9	2,85	KI-S 702	19,89	FT 20	49,84	MG/BR 54	7,06
53	Paranagoiana	43,88	FT Manacá	17,41	IAC Holanda	10,73	Industrial	2,83	Mineira	19,57	Davis	49,73	Ivorá	7,04
54	RS 6	43,88	BR 14	17,40	MG/BR 54	10,73	Mineira	2,83	FEPAGRO RS 10	19,36	KI-S 601	48,55	IAC/PL 1	6,91
55	FT Estrela	43,87	Campos Gerais	17,36	Vila Rica	10,67	Santa Rosa	2,81	Dourados	19,01	Embrapa 25	47,83	IAC 2	6,86
56	BRS 156	43,82	MS/BRS 169	17,35	FT 4	10,55	Bossier	2,77	IAC 100	17,72	MG/BR 54	47,81	BR 15	6,84
57	FT Manacá	43,82	BRS 156	17,20	DM Soberana	10,53	Vila Rica	2,72	FT Manacá	17,24	OCEPAR 14	46,92	IAC 1	6,81
58	MG/BR 54	43,80	IAC 1	17,15	Bossier	10,49	FT Iramaia	2,61	EMGOPA 310	16,93	FT Cometa	45,73	MS/BRS 169	6,72
59	Bossier	43,80	KI-S 702	16,95	IPB-T	10,35	MS/BRS 169	2,53	Industrial	16,82	OCEPAR 6	44,96	DM Soberana	6,54
60	FT 10	43,77	IAC 100	14,25	Campos Gerais	10,09	Campos Gerais	2,43	BRS 156	15,12	MS/BRS 169	37,01	FT Cometa	6,38

Em geral, quando os genótipos estão em posição oposta à da variável estudada, ou próximo à origem do biplot, eles não contribuem para a pesquisa (Yan, 2014). Entretanto, dependendo das características das variáveis desse trabalho, vale considerar os valores altos e baixos devido a sua importância para diferentes usos da soja. Portanto, o genótipo Industrial (código 51) apresentou a maior quantidade (60,72%) de ácido linoleico (C18: 2), IAS 3 (código 37) apresentou o maior teor (4,16%) de ácido esteárico (C18: 0), e o genótipo FT Manacá (código 57) o maior teor (15,42%) de ácido palmítico (C16: 0) (Tabela 1). Os genótipos do grupo A apresentaram os maiores valores absolutos do teor de proteína (Tabela 1) entre todos os genótipos estudados.

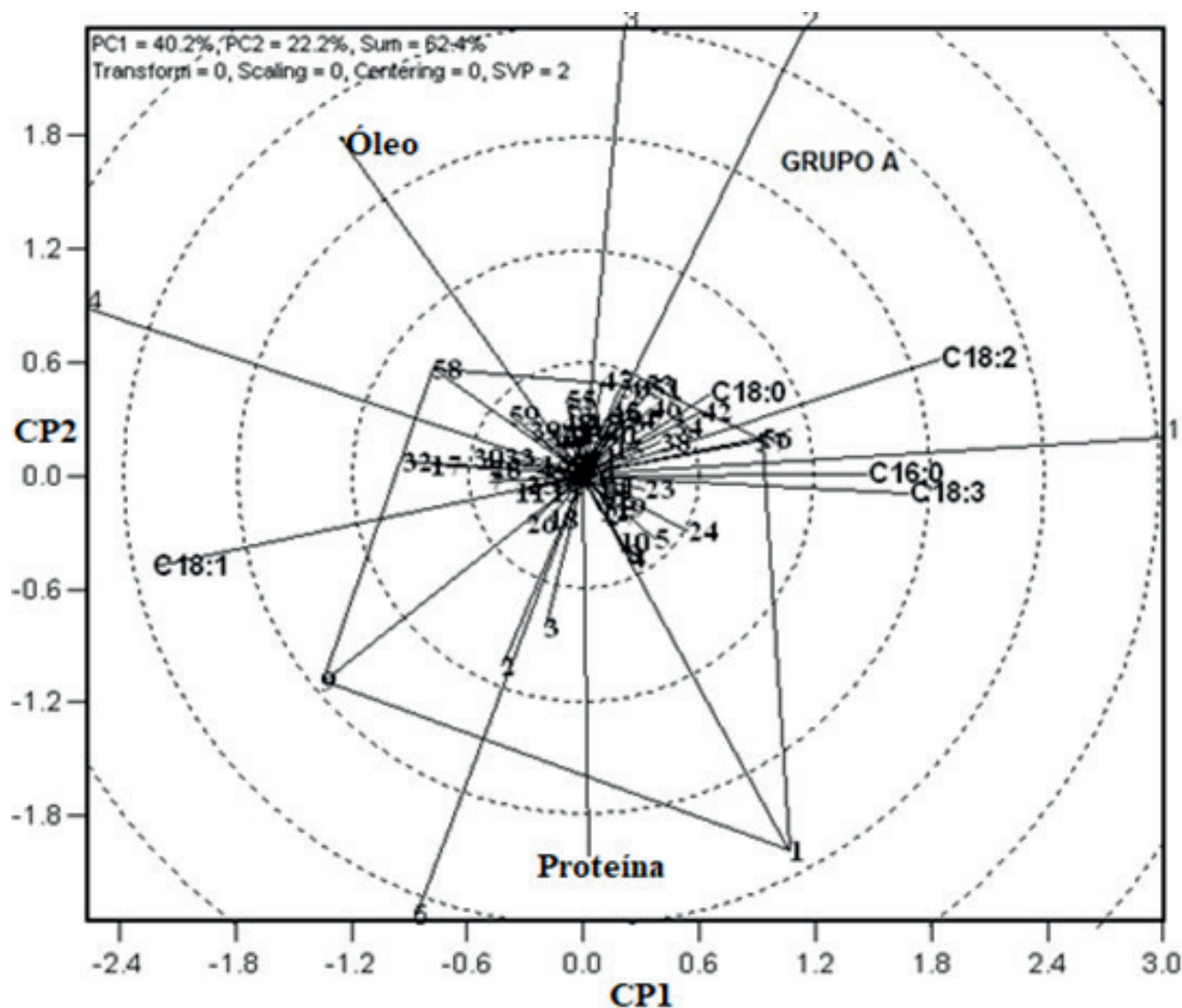


Figura 1. Visualização do polígono e vetores do biplot com dois componentes principais CP1=40,2% e CP2=22,2% com variância total=62,4%, baseados em 60 observações dos genótipos do grupo A (códigos e dados listados na Tabela 1), avaliados quanto as variáveis teor de óleo, teor de proteína, ácido palmítico (C16: 0), ácido esteárico (C18: 0), ácido oleico (C18: 1), ácido linoleico (C18: 2) e ácido linolênico (C18: 3).

Grupo B

As correlações dos coeficientes de Pearson entre as variáveis dos genótipos do grupo B (Tabela 2) foram positivas para óleo e oleico (C18: 1) ($r = 0,34$) e significativas (teste t, $p \leq 0,05$), para óleo / linolênico (C18: 3) ($r = -0,37$), palmítico (C16: 0) / oleico (C18: 1) ($r = -0,27$), oleico (C18: 1) / linoleico (C18: 2) ($r = -0,90$) e oleico (C18: 1) / linolênico (C18: 3) ($r = -0,47$), sendo que os menores valores desses coeficientes não significativos variaram de $-0,01$ (Óleo / Proteína) a $-0,24$ (Palmítico / Proteína). Também se percebe que o biplot poligonal com círculos concêntricos, usado para analisar os dados, confirma essas correlações, uma vez que os ácidos graxos oleico e linoleico estão em lados opostos do gráfico (Figura 2).

Os autovalores para os genótipos do grupo B, para os dois primeiros componentes explicaram 52,8% da variação total, sendo que, o componente principal CP1, explicou 33,3% da variação. As variáveis que mais contribuíram para as diferenças entre os genótipos do grupo B para o CP1, foram: óleo (0,36%), oleico (0,63%), linoleico (-0,53%) e linolênico (-0,39%); enquanto que para CP2 foram: proteína (0,60%), palmítico (-0,54%) e esteárico (-0,52%) (Tabela 2, Figura 2).

Pelo biplot da Figura 2, as variáveis estão distribuídas em todos os setores, sendo que as que se distinguem estão no terceiro e no quarto círculos concêntricos. As variáveis respostas oleico (C18: 1) e linoleico (C18: 2), localizadas no quarto círculo concêntrico, estão mais distantes da origem o que indica sua maior contribuição para a pesquisa. As outras variáveis, as quais também são importantes, estão no terceiro círculo concêntrico, exceto óleo (segundo círculo). Os genótipos do grupo B não se concentram na origem como no grupo A, sendo que, as melhores respostas estão localizadas em seis vértices dos sete setores do polígono biplot (Figura 2).

No setor 1-2, a variável principal é o ácido palmítico (C16: 0) e os genótipos com alto teor desse ácido são BRS 136 (código 45) no vértice e o FT 7 (código 56). No setor 2-3, o ácido esteárico (C18: 0) e a variável principal é o genótipo FT 102 (código 60), no vértice, apresentou o maior teor (4,32%) seguido de Nova IAC 7 (código 47) com 4,29% (Tabela 2). No setor 4-5, no quarto círculo está a variável ácido oleico (C18: 1), e o genótipo IAC 5 (código 16) se encontra no vértice, apresentando maior teor (29,19%). Os genótipos IAS 5 (código 50) e MGBR 48 (código 40) também apresentaram valores elevados (28,72% e 28,64%) para o ácido oleico, respectivamente.

A variável óleo localizada no terceiro círculo concêntrico não está contribuindo para grandes diferenças entre os genótipos. Os genótipos com os vetores mais longos podem ter a melhor ou a pior resposta (mais instável), o que significa que o genótipo localizado no vértice do polígono nem sempre é a melhor resposta se o mesmo está localizado do lado esquerdo do polígono, ou seja, ele pode ser o pior valor e deve-se tomar cuidado para não fazer uma interpretação errônea das respostas (Yan; Tinker, 2006). Esta situação pode ser observada no setor 5-6, onde o genótipo IAC 10 (código 23) está no vértice, embora apresente o quinto maior valor para o óleo (19,52%), após o FT 440 (código 32) (19,8%) e OCEPAR 10 (código 35) (20,13%), ambos localizados no setor 4 -5 (Figura 2, Tabela 2).

No setor 6-7, a variável resposta proteína, que como nos setores anteriores, está no vértice, encontra-se o genótipo Ipagro 20 (código 5), e não apresentou o maior valor para proteína (43,71%) (Figura 2, Tabela 2). No setor 7-1 estão as variáveis resposta dos ácidos graxos linoleico (C18: 2) e linolênico (C18: 3). O genótipo IAC 12 (código 21) está no vértice poligonal com o maior valor para o ácido linoleico (58,94%), seguido por BRS 60 (código 48) (58,45%) e IAC 13 (código 22) (57,93%). O genótipo IAC 18 (código 58) apresentou o maior teor (10,86%) de ácido linolênico, seguido por OCEPAR 18 (código 25) (Figura 2, Tabela 2).

Tabela 2. Grupo B: Genótipos em ordem decrescente pelo teor de proteína (%), teor de óleo (%) e ácidos graxos: palmítico - 16: 0 (%); esteárico - C18: 0 (%); oleico - C18: 1 (%); linoleico - C18: 2 (%); linolênico - C18: 3 (%). N=60.

Códigos	Código Genótipos	Proteína	Genótipos	Óleo	Genótipos	Palmítico	Genótipos	Estearico	Genótipos	Oleico	Genótipos	Linoleico	Genótipos	Linolênico
1	1 CS 110	43,77	Ocepar 10	20,13	BRS 136	13,10	FT 102	4,32	IAC 5	29,19	IAC 12	58,94	IAC 18	10,86
2	2 MS/BR PEQUI	43,77	FT 440	19,81	OCEPAR 18	12,84	Nova IAC 7	4,29	IAS 5	28,72	IAC 4	58,92	UFV/ITM 1	10,55
3	3 OCEPAR 7	43,76	Pérola	19,66	FT 7	12,65	MS/BR PEQUI	4,02	MG/BR 48	28,64	UFV 2	58,75	IAC 17	10,11
4	4 EMGOPA 315	43,72	Parana	19,63	BA/BR 31	12,59	EMGOPA 309	3,85	EMGOPA 309	28,03	BRS 60	58,45	FT 17	9,96
5	5 IPAGRO 20	43,72	IAC 10	19,52	FT 102	12,57	Embrapa 66	3,81	IAC 10	27,05	IAC 13	57,93	ANDREWS	9,61
6	6 Paranaíba	43,69	UFV 4	19,49	RS 9	12,42	IAC 17	3,76	CS 110	25,77	IPAGRO 20	57,44	IAC 12	9,57
7	7 UFV 1	43,68	Planalto	19,45	Embrapa 66	12,34	IAC 5	3,75	CD 203	25,45	BR 3	57,24	BRS 60	9,54
8	8 FT 17	43,65	UFV 2	19,37	MT/BR 50	12,25	CD 203	3,67	FT 440	25,32	OCEPAR 18	57,09	BR 1	9,30
9	9 UFV 2	43,65	FT 102	19,21	Embrapa 01	12,25	IAC 18	3,63	Embrapa 01	25,16	São Carlos	56,86	KI-S 801	9,25
10	10 Sertaneja	43,65	Nova IAC 7	19,17	IAC 13	12,23	BA/BR 31	3,62	MT/BR 50	24,65	MS/BR PEQUI	56,51	OCEPAR 4	9,24
11	11 São Carlos	43,64	IAC 5	19,02	Paranaíba	12,17	UFV 1	3,61	OCEPAR 10	24,54	FT 7	56,39	OCEPAR 18	9,24
12	12 EMGOPA 302	43,64	BA/BR 31	18,95	Planalto	12,14	OCEPAR 17	3,56	Paranaíba	24,51	UFV 14	56,34	Parana	9,23
13	13 Paraná	43,60	Embrapa 66	18,91	BR 1	12,14	OCEPAR 10	3,54	Nova IAC 7	24,24	Sertaneja	56,07	BR 3	9,11
14	14 FT 16	43,55	IAS 5	18,85	FT 13	12,11	OCEPAR 3	3,54	UFV 4	24,23	OCEPAR 4	55,99	EMGOPA 309	9,03
15	15 UFV 4	43,55	ANDREWS	18,85	EMGOPA 309	12,10	FT 7	3,53	FT 13	24,22	BR 8	55,66	OCEPAR 10	9,02
16	16 IAC 5	43,53	OCEPAR 4	18,84	IAC 12	12,04	BRS 136	3,53	Paraná	24,20	UFV/ITM 1	55,60	Embrapa 66	9,01
17	17 Pérola	43,52	FT 15	18,82	CS 201	11,98	KI-S 801	3,52	FT 15	23,96	IAC 18	55,36	Pérola	9,00
18	18 IAS 4	43,52	UFV 14	18,80	Sertaneja	11,87	CS 110	3,45	FT 102	23,70	BRS 136	55,35	OCEPAR 7	8,98
19	19 BA/BR 31	43,44	OCEPAR 5	18,79	Pérola	11,87	BR 1	3,43	CD 201	23,68	BR 40	55,28	IAC 13	8,97
20	20 FT 15	43,43	IAC 4	18,79	OCEPAR 10	11,86	BR 13	3,42	EMGOPA 315	23,62	Pérola	55,13	FT Eureka	8,93
21	21 IAC 12	43,42	CD 203	18,78	UFV 1	11,82	Sertaneja	3,42	EMGOPA 302	23,60	Planalto	55,07	CS 201	8,87
22	22 IAC 13	43,41	KI-S 801	18,71	FT 16	11,81	Paranaíba	3,40	FT 17	23,59	OCEPAR 3	55,02	MS/BR PEQUI	8,72
23	23 IAC 10	43,41	FT 16	18,70	OCEPAR 4	11,80	BRS 60	3,40	FT 16	23,58	CD 201	55,01	OCEPAR 3	8,68
24	24 MT/BR 50	43,39	Sertaneja	18,68	FT 440	11,73	IAS 4	3,39	OCEPAR 17	23,43	IAS 4	54,99	BRS 136	8,65
25	25 Ocepar 18	43,39	UFV/ITM 1	18,55	CD 201	11,70	EMGOPA 302	3,39	BR 40	23,36	FT 15	54,75	UFV 14	8,62
26	26 ANDREWS	43,35	CS 110	18,55	FT Eureka	11,70	UFV 2	3,34	FT Eureka	23,32	ANDREWS	54,72	IAS 4	8,53
27	27 BR 8	43,34	MT/BR 50	18,51	IAC 17	11,64	IAC 13	3,33	UFV 1	23,11	RS 9	54,62	Sertaneja	8,51
28	28 IAC 17	43,34	BR 40	18,50	IPAGRO 20	11,62	UFV 14	3,33	BA/BR 31	23,04	BR 1	54,61	CS 110	8,50
29	29 Embrapa 66	43,32	BR 13	18,49	Nova IAC 7	11,60	São Carlos	3,27	BR 13	23,02	OCEPAR 5	54,57	Paranaíba	8,47
30	30 BR 3	43,32	Embrapa 01	18,49	FT 15	11,60	Planalto	3,26	OCEPAR 5	22,54	IAC 17	54,54	IAS 5	8,44

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Códigos	Código	Genótipos	Proteína	Genótipos	Óleo	Genótipos	Palmitico	Genótipos	Estearico	Genótipos	Oleico	Genótipos	Linoleico	Genótipos	Linolênico
31	IAC 4	São Carlos	43,32	Parana	18,48	BR 40	11,59	BR 40	3,24	KI-S 801	22,35	OCEPAR 7	54,48	EMGOPA 302	8,43
32	FT 440	FT 7	43,31	CD 203	18,46	CS 201	11,55	CS 201	3,23	IAS 4	22,16	BR 13	54,48	MG/BR48	8,34
33	BR 1	MG/BR 48	43,30	BR40	18,46	OCEPAR 18	11,53	OCEPAR 18	3,22	BR 8	22,05	CS 201	54,33	São Carlos	8,31
34	UFV/ITM 1	OCEPAR 3	43,29	MS/BRPEQUI	18,45	MT/BR 50	11,50	MT/BR 50	3,22	ANDREWS	21,97	Embrapa 66	54,20	RS 9	8,28
35	OCEPAR 10	Emgopa 302	43,27	OCEPAR5	18,44	OCEPAR 7	11,50	OCEPAR 7	3,18	OCEPAR 7	21,96	UFV 4	54,19	OCEPAR 17	8,28
36	CD 201	Ocepar 17	43,27	IAS5	18,43	BR 8	11,49	BR 8	3,17	OCEPAR 3	21,64	EMGOPA 315	54,16	Planalto	8,25
37	Emgopa 309	FT 17	43,25	UFV2	18,38	UFV/ITM 1	11,45	UFV/ITM 1	3,17	CS 201	21,59	BA/BR 31	53,67	OCEPAR 5	8,25
38	BR 40	CD 201	43,24	EMGOPA302	18,37	OCEPAR 5	11,42	OCEPAR 5	3,15	RS 9	21,58	KI-S 801	53,64	FT 16	8,20
39	OCEPAR 3	UFV 1	43,23	OCEPAR7	18,37	FT Eureka	11,40	FT Eureka	3,15	Planalto	21,28	UFV 1	53,44	BR 8	8,17
40	MG/BR 48	RS 9	43,23	São Carlos	18,37	IAC 12	11,39	IAC 12	3,14	Pérola	21,23	CD 203	53,37	IAC 4	8,03
41	CS 201	FT Eureka	43,22	EMGOPA315	18,36	FT 16	11,37	FT 16	3,12	Embrapa 66	20,64	OCEPAR 17	53,36	UFV 1	8,02
42	Planalto	Paranaíba	43,22	OCEPAR17	18,30	UFV 4	11,40	UFV 4	3,11	BR 1	20,53	FT 16	53,28	EMGOPA 315	8,01
43	Embrapa 01	IAS 4	43,22	BR3	18,30	MG/BR 48	11,34	MG/BR 48	3,10	IPAGRO 20	20,51	EMGOPA 302	53,15	Embrapa 01	8,00
44	CD 203	EMGOPA 315	43,22	UFV14	18,29	FT 17	11,31	FT 17	3,10	UFV 14	20,41	IAC 10	53,13	FT 13	7,93
45	BRS 136	BRS 60	43,20	UFV/ITM1	18,28	OCEPAR 4	11,27	OCEPAR 4	3,10	São Carlos	20,18	FT 440	53,02	MT/BR 50	7,91
46	BR 13	IPAGRO 20	43,20	KI-S801	18,26	RS 9	11,24	RS 9	3,09	Sertaneja	20,13	FT 13	52,92	BR 13	7,89
47	Nova IAC 7	CS 201	43,20	MG/BR48	18,21	IAC 4	11,22	IAC 4	3,05	IAC 17	19,95	FT Eureka	52,90	FT 7	7,71
48	BRS 60	FT 13	43,19	BR13	18,20	IAC 10	11,18	IAC 10	3,03	OCEPAR 4	19,87	Nova IAC 7	52,62	IPAGRO 20	7,69
49	UFV 14	Ocepar 18	43,18	OCEPAR3	18,18	BR 3	11,12	BR 3	3,01	FT 7	19,72	FT 17	52,33	UFV 4	7,58
50	IAS 5	BRS 136	43,16	IAC4	18,11	FT 440	11,11	FT 440	2,94	UFV/ITM 1	19,41	Paraná	52,10	UFV 2	7,50
51	OCEPAR 4	IAC 13	43,15	IAC18	18,08	IAS 5	11,03	IAS 5	2,88	BRS 136	19,37	FT 102	52,09	FT 102	7,31
52	KI-S 801	OCEPAR 7	43,14	FT17	17,97	Paraná	11,01	Paraná	2,88	BR 3	19,31	MT/BR 50	51,97	Nova IAC 7	7,24
53	FT 13	BR 3	43,14	BR8	17,96	CD 201	10,94	CD 201	2,86	MS/BR PEQUI	19,20	CS 110	51,81	BA/BR 31	7,07
54	OCEPAR 5	IAC 12	43,11	IAS4	17,96	ANDREWS	10,92	ANDREWS	2,86	IAC 18	19,12	Embrapa 01	51,79	FT 440	6,98
55	OCEPAR 17	MS/BR PEQUI	43,11	BRS60	17,94	EMGOPA 315	10,89	EMGOPA 315	2,84	UFV 2	18,96	Paranaíba	51,45	IAC 5	6,98
56	FT 7	EMGOPA 309	43,09	UFV4	17,93	FT13	10,88	IAC 4	2,82	IAC 4	18,90	OCEPAR 10	51,03	FT 15	6,90
57	FT Eureka	IAC 18	43,08	ANDREWS	17,85	Embrapa 01	10,84	Embrapa 01	2,80	BRS 60	17,71	IAC 5	49,96	CD 201	6,75
58	IAC 18	BR 8	43,05	CS110	17,84	FT 15	10,47	FT 15	2,79	OCEPAR 18	17,60	MG/BR 48	48,70	IAC 10	6,60
59	RS 9	BR 1	43,05	IAC10	17,80	Pérola	10,18	IAC 13	2,77	IAC 13	17,52	IAS 5	48,47	BR 40	6,59
60	FT 102	IAC 17	43,04	IAC 5	17,65	IPAGRO 20	10,12	IAC 12	2,75	IAC 12	16,30	EMGOPA 309	47,00	CD 203	5,96

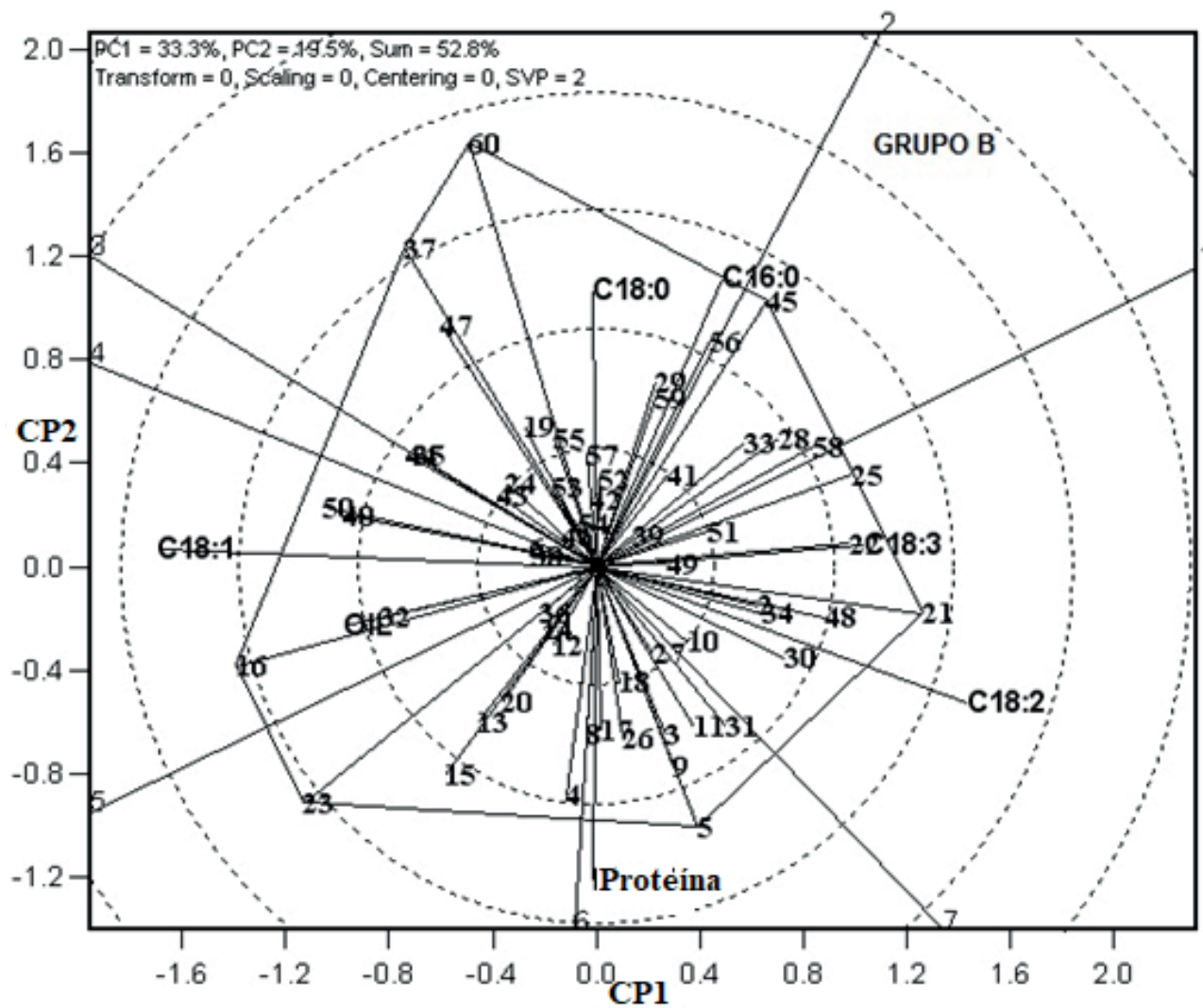


Figura 2. Visualização do polígono e vetores do biplot com dois componentes principais CP1=33,3% e CP2=19,5% com variância total=52,8%, baseados em 60 observações dos genótipos do grupo B (códigos e dados listados na Tabela 2), avaliados quanto as variáveis teor de óleo, teor de proteína, ácido palmítico (C16: 0), ácido esteárico (C18: 0), ácido oleico (C18: 1), ácido linoleico (C18: 2) e ácido linolênico (C18: 3).

Grupo C

Para o grupo C (Tabela 3 e Figura 3), a correlação de Pearson entre as variáveis foi significativo (teste t, $p \leq 0,05$) e positivo para esteárico / linolênico ($r = 0,31$) e linoleico / linolênico ($r = 0,32$); e negativo para óleo / esteárico ($r = -0,31$), óleo / linolênico ($r = -0,45$), oleico / linoleico ($r = -0,93$) e oleico / linolênico ($r = -0,60$). Os valores mais baixos destes coeficientes e não significativos variaram de $-0,18$ (linoleico / proteína) a $-0,24$ (linolênico / palmítico). Novamente, a forte correlação negativa entre oleico e linoleico está em evidência, mostrando ambos ácidos graxos (C18: 1 e C18: 2) em lados opostos ao teor de óleo no biplot poligonal. Esses limites dos valores dos coeficientes de correlação de Pearson (concordam com a proposta de alguns autores para realizar análise multivariada (Figueiredo Filho; Silva Junior, 2009, 2010; Paranhos et al., 2014).

Os autovalores para os dois primeiros componentes foram 2,56 e 1,47 e totalizaram 57,7% da variância explicada. O CP1 (principal componente), por si só explicou 36,7% da variação total, sendo que as maiores contribuições no primeiro componente foram as variáveis resposta óleo (0,34%), oleico (0,58%), linoleico (-0,46%) e linolênico (0,48%). No CP2 se distinguiram as variáveis proteína (-0,33%), óleo (0,46%), palmítico (-0,38%), esteárico (-0,43%) e linoleico (0,49%).

No biplot poligonal os resultados com os dados do grupo C estão distribuídos em todos os setores (Figura 3) e aqueles distantes da origem, indicaram maior contribuição, no quarto círculo concêntrico, quais sejam, os ácidos oleico (C18: 1), linoleico (C18: 2), bem como o ácido linolênico (C18: 3). Observa-se na Figura 3 a presença de genótipos em seis vértices indicando os melhores materiais genéticos (Yan; Tinker, 2006).

No setor 1-2 estão localizados o vetor do ácido linolênico (C18: 3), no quarto círculo concêntrico, associado ao genótipo Embrapa 62 (código 15), com o valor 9,15. A grande maioria dos genótipos estão próximos da origem.

No setor 2-3 está o ácido linoleico (C18: 2) e fortemente associado ao genótipo SPBR 41 (código 53) com o valor 50,69. Ainda nesse setor encontram-se o ácido linoleico com o código 32 (Embrapa 65) com valor 54,13, código 37 (MGBR56) com valor 53,70, código 56 (Embrapa 64) com valor do ácido linoleico 49,74 e código 19 (Embrapa 60) com valor 55,60.

Nos setores 3-4, no vértice, está o código 55 (FT3) associado ao óleo com valor 18,05, o código 46 (Bragg) com valor 18,45, o código 27 (IAC FOS 31) com valor 18,91, código 52 (KI-S 602) com valor 18,37 e próximos das linhas perpendiculares ao polígono.

No setor 4 a 6 a variável óleo encontra-se no quarto círculo concêntrico, inversamente proporcional aos ácidos (C16: 0 e C18: 0) no terceiro círculo concêntrico. Nessa variável, vários genótipos estão próximos da origem código 49 (BR 37) com valor 18,40, código 28 (IAC 15) com valor 18,90, código 12 (Embrapa 47) com valor 19,81 e código 33 (MSBRS 171) com valor 18,74.

No setor 6-7 estão contidos os códigos 17 (FT Guaíra) e 33 (FT Sarayba) associados ao ácido (C18: 1), e estão nos vértices. Os valores dos teores desses ácidos foram respectivamente 39,18 e 37,32% (Figura 3, Tabela 3). A contribuição da variável proteína é mediana e está localizado no segundo círculo concêntrico.

No setor 7-1 as cultivares com os códigos 24 e 38 estão nos vértices e associados com os ácidos C16: 0 (palmítico), o genótipo UFV 9, com valor 11,71, e C18: 0 (esteárico), o genótipo FT3, com valor 3,10.

Tabela 3. Grupo C: Genótipos em ordem decrescente pelo teor de proteína (%), teor de óleo (%), teor de ácido palmítico - 16: 0 (%); esteárico - C18: 0 (%); oleico - C18: 1 (%); linoleico - C18: 2 (%); linolênico - C18: 3 (%). N=60

Código	Genótipos	Proteína	Genótipos	Óleo	Genótipos	Palmítico	Genótipos	Estearico	Genótipos	Oleico	Genótipos	Linoleico	Genótipos	Linolênico
1	Embrapa 60	42,99	MT/BRS 63	19,78	Embrapa 46	15,09	BR 37	4,14	FT Sarayba	39,18	IAC 15	58,37	IAC 19	12,28
2	OCEPAR 13	42,95	Embrapa 5	19,58	BRS 157	12,85	Embrapa 60	3,96	FT Gualira	37,32	Hardee	58,13	Embrapa 61	10,54
3	FT 8	42,93	FT 100	19,52	CEP 16	12,57	BRS 134	3,77	OCEPAR 13	32,95	CS 301	58,10	Embrapa 46	10,27
4	CEP 16	42,91	FT Gualira	19,52	Embrapa 64	12,54	MG/BR 56	3,74	BR 2	28,50	FT 1	57,79	Embrapa 64	10,01
5	KI-S 602	42,89	FT 8	19,39	Embrapa 60	12,52	BRAGG	3,70	BR 4	27,29	CEP 16	56,92	OCEPAR 11	9,96
6	BR 2	42,87	Lancer	19,38	BR 30	12,41	MS/BRS 171	3,62	OCEPAR 12	26,95	BR 24	56,70	Decada	9,76
7	Lancer	42,81	BR 5	19,34	CEP 12	12,38	Embrapa 62	3,60	IAC Fos 31	26,80	MS/BR 21	56,67	FT 100	9,70
8	MS/BR 17	42,81	BRS 153	19,30	MG/BR 56	12,36	IAC 19	3,59	BR 7	26,46	FT 8	56,49	FT 1	9,62
9	Embrapa 62	42,81	Embrapa 61	19,28	Embrapa 47	12,31	BR 32	3,56	MS/BR GUAVI	26,39	BRS 153	56,46	MG/BR 56	9,57
10	Decada	42,74	Hardee	19,27	Embrapa 5	12,26	FT 1	3,50	BRS 154	26,27	FT 3	56,37	FT 3	9,52
11	Embrapa 2	42,72	Embrapa 65	19,27	Embrapa 62	12,26	IAC Fos 31	3,49	BRAGG	25,51	UFV 9	56,23	BRS 134	9,38
12	MS/BR GUAVI	42,71	Embrapa 47	19,18	MS/BRS 171	12,24	Embrapa 64	3,48	IAS 2	25,41	RS 7	56,14	KI-S 602	9,33
13	OCEPAR 12	42,70	MS/BR 17	19,13	BR 24	12,18	UFV 9	3,43	SP/BR 41	25,04	BR 5	56,06	BR 30	9,28
14	Sulina	42,69	SP/BR 41	19,11	OCEPAR 12	12,17	MT/BR 49	3,43	Embrapa 65	24,61	MS/BRS 171	56,01	BR 37	9,19
15	FT 1	42,68	MS/BR 21	19,09	KI-S 602	12,12	BRS 157	3,39	MS/BR 17	24,57	BR 32	55,99	Embrapa 62	9,15
16	BRAGG	42,67	MS/BR 59	19,06	BR 2	12,01	Embrapa 2	3,39	Embrapa 64	24,22	Embrapa 61	55,98	IAC 15	9,11
17	FT Gualira	42,66	MS/BR GUAVI	19,05	BRS 134	11,97	KI-S 602	3,39	Lancer	24,03	IAC 14	55,90	SP/BR 41	9,08
18	MT/BR 49	42,65	Tiaraju	19,04	IPAGRO 21	11,88	SP/BR 41	3,39	Decada	23,91	BRS 134	55,69	CEP 12	9,07
19	Hardee	42,64	BR 4	19,02	IAC 14	11,87	OCEPAR 13	3,39	Embrapa 47	23,83	Embrapa 60	55,60	SantAna	9,05
20	BR 30	42,63	OCEPAR 13	19,01	SP/BR 41	11,80	Sulina	3,39	CEP 12	23,77	Tiaraju	55,27	BR 32	9,03
21	BR 5	42,61	BRS 154	19,01	CS 301	11,80	Embrapa 61	3,38	FT 100	23,68	IAS 1	55,27	BRS 157	8,98
22	OCEPAR 11	42,60	BRS 134	18,97	OCEPAR 11	11,77	BRS 154	3,37	BR 29	23,44	SantAna	55,16	Embrapa 60	8,97
23	IAS 2	42,59	MG/BR 56	18,95	Embrapa 61	11,72	OCEPAR 12	3,35	Embrapa 2	23,40	BRS 157	55,15	Sulina	8,80
24	Embrapa 46	42,59	BR 2	18,95	UFV 9	11,71	Lancer	3,35	IAS 1	23,31	OCEPAR 11	54,89	BR 5	8,78
25	BRS 157	42,58	CS 301	18,94	FT Sarayba	11,70	Embrapa 5	3,33	BR 30	23,24	BR 29	54,76	Embrapa 2	8,77
26	MS/BR 21	42,57	BR 7	18,93	MT/BRS 63	11,70	SantAna	3,31	KI-S 602	23,06	IPAGRO 21	54,72	MS/BR 21	8,73
27	FT 100	42,55	IAC Fos 31	18,91	SantAna	11,69	IAC 14	3,31	MS/BR 59	23,06	MT/BRS 63	54,56	MT/BRS 63	8,57
28	BR 4	42,53	IAC 15	18,90	MS/BR 59	11,68	CS 301	3,30	Tiaraju	22,87	MS/BR 17	54,42	BRS 154	8,49
29	IPAGRO 21	42,53	FT Sarayba	18,87	Sulina	11,66	FT 8	3,24	IPAGRO 21	22,55	Embrapa 5	54,38	RS 7	8,49
30	Tiaraju	42,53	IPAGRO 21	18,87	FT 3	11,66	MS/BR 59	3,18	MT/BR 49	22,48	MT/BR 49	54,19	CS 301	8,47
31	IAS 1	42,52	CEP 16	18,83	RS 7	11,64	OCEPAR 11	3,18	Embrapa 62	22,36	Sulina	54,15	Hardee	8,46

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Codes	Código Genótipos	Proteína	Genótipos	Óleo	Genótipos	Palmitico	Genótipos	Estearico	Genótipos	Oleico	Genótipos	Linoleico	Genótipos	Linolênico
32	Embrapa 61	42,48	BRS 157	18,82	BR 4	11,60	FT Gualira	3,18	MT/BRS 63	22,12	Embrapa 65	54,13	MT/BR 49	8,35
33	FT Sarayba	42,43	MS/BRS 171	18,74	IAC Fos 31	11,60	CEP 12	3,17	Sulina	22,09	MS/BR 59	54,09	BR 24	8,31
34	FT 3	42,42	IAS 2	18,73	MS/BR GUAVI	11,56	Embrapa 47	3,16	Embrapa 5	21,87	BR 37	53,95	BRS 153	8,25
35	CEP 12	42,41	RS 7	18,72	MT/BR 49	11,55	Embrapa 46	3,15	BR 37	21,62	IAC 19	53,95	CEP 16	8,19
36	SP/BR 41	42,41	UFV 9	18,71	Hardee	11,45	BRS 153	3,12	BRS 153	21,47	Embrapa 47	53,80	Embrapa 5	8,15
37	CS 301	42,39	BR 30	18,64	Lancer	11,45	FT Sarayba	3,11	BR 32	21,45	MG/BR 56	53,70	Lancer	8,08
38	IAC 19	42,35	Embrapa 62	18,64	BR 29	11,41	FT 3	3,10	UFV 9	21,39	FT 100	53,57	IAS 1	8,07
39	BRS 154	42,35	BR 24	18,63	IAS 2	11,40	MT/BRS 63	3,06	BR 5	21,25	Embrapa 46	53,42	BRAGG	8,07
40	BRS 134	42,31	Embrapa 2	18,55	Embrapa 2	11,38	BR 7	3,04	FT 8	21,18	Lancer	53,09	IPAGRO 21	8,02
41	Embrapa 47	42,31	BR 29	18,53	OCEPAR 13	11,30	MS/BR GUAVI	3,04	IAC 14	20,91	Embrapa 2	53,07	IAC 14	8,00
42	BR 24	42,27	CEP 12	18,51	IAC 15	11,27	MS/BR 21	3,03	RS 7	20,79	BR 7	52,98	MS/BR 59	7,99
43	UFV 9	42,25	IAS 1	18,47	FT 8	11,25	Embrapa 65	3,01	SantAna	20,78	IAS 2	52,85	OCEPAR 13	7,95
44	MS/BRS 171	42,25	OCEPAR 11	18,47	Embrapa 65	11,17	BR 30	3,01	MG/BR 56	20,63	MS/BRGUAVI	52,74	Tiaraju	7,92
45	IAC 14	42,24	IAC 14	18,46	BR 5	11,11	CEP 16	2,98	MS/BR 21	20,59	Embrapa 62	52,64	IAC Fos 31	7,90
46	Embrapa 65	42,23	BRAGG	18,45	BR 37	11,10	RS 7	2,94	MS/BRS 171	20,28	Decada	52,62	MS/BRS 171	7,85
47	BR 29	42,23	Decada	18,42	BRS 154	11,08	MS/BR 17	2,94	OCEPAR 11	20,19	KLS 602	52,10	FT 8	7,84
48	SantAna	42,23	Embrapa 64	18,41	IAC 19	11,03	IAC 15	2,94	BR 24	19,96	BR 30	52,07	MS/BR 17	7,80
49	BR 7	42,23	BR 37	18,40	Tiaraju	11,01	Tiaraju	2,93	BRS 157	19,62	BRAGG	51,74	BR 2	7,69
50	MG/BR 56	42,21	MT/BR 49	18,39	MS/BR 21	10,98	FT 100	2,90	FT 3	19,36	CEP 12	51,60	IAS 2	7,56
51	Embrapa 64	42,20	BR 32	18,39	BRAGG	10,98	BR 24	2,84	CEP 16	19,34	BR 4	51,46	BR 29	7,55
52	MT/BRS 63	42,19	KLS 602	18,37	Decada	10,98	BR 29	2,83	BRS 134	19,18	BRS 154	50,79	UFV 9	7,23
53	IAC 15	42,17	SantAna	18,15	FT 1	10,95	IPAGRO 21	2,83	IAC 19	19,15	SP/BR 41	50,69	OCEPAR 12	7,11
54	MS/BR 59	42,11	Embrapa 60	18,09	BR 7	10,90	Hardee	2,82	Hardee	19,13	OCEPAR 12	50,41	Embrapa 65	7,08
55	BRS 153	42,10	FT 3	18,05	FT Gualira	10,82	BR 2	2,82	Embrapa 60	18,94	IAC Fos 31	50,21	BR 4	6,96
56	RS 7	42,08	OCEPAR 12	18,02	IAS 1	10,71	BR 5	2,79	Embrapa 61	18,38	Embrapa 64	49,74	Embrapa 47	6,90
57	BR 32	42,07	Sulina	17,99	BRS 153	10,69	IAS 2	2,78	CS 301	18,37	BR 2	48,99	BR 7	6,61
58	Embrapa 5	42,07	Embrapa 46	17,75	MS/BR 17	10,28	Decada	2,73	IAC 15	18,32	OCEPAR 13	44,42	FT Sarayba	6,57
59	BR 37	42,05	FT 1	17,49	FT 100	10,16	BR 4	2,68	F T1	18,14	FT Gualira	42,43	MS/BR GUAVI	6,27
60	IAC Fos 31	42,05	IAC 19	17,31	BR 32	9,98	IAS 1	2,63	Embrapa 46	18,07	FT Sarayba	39,44	FT Gualira	6,26

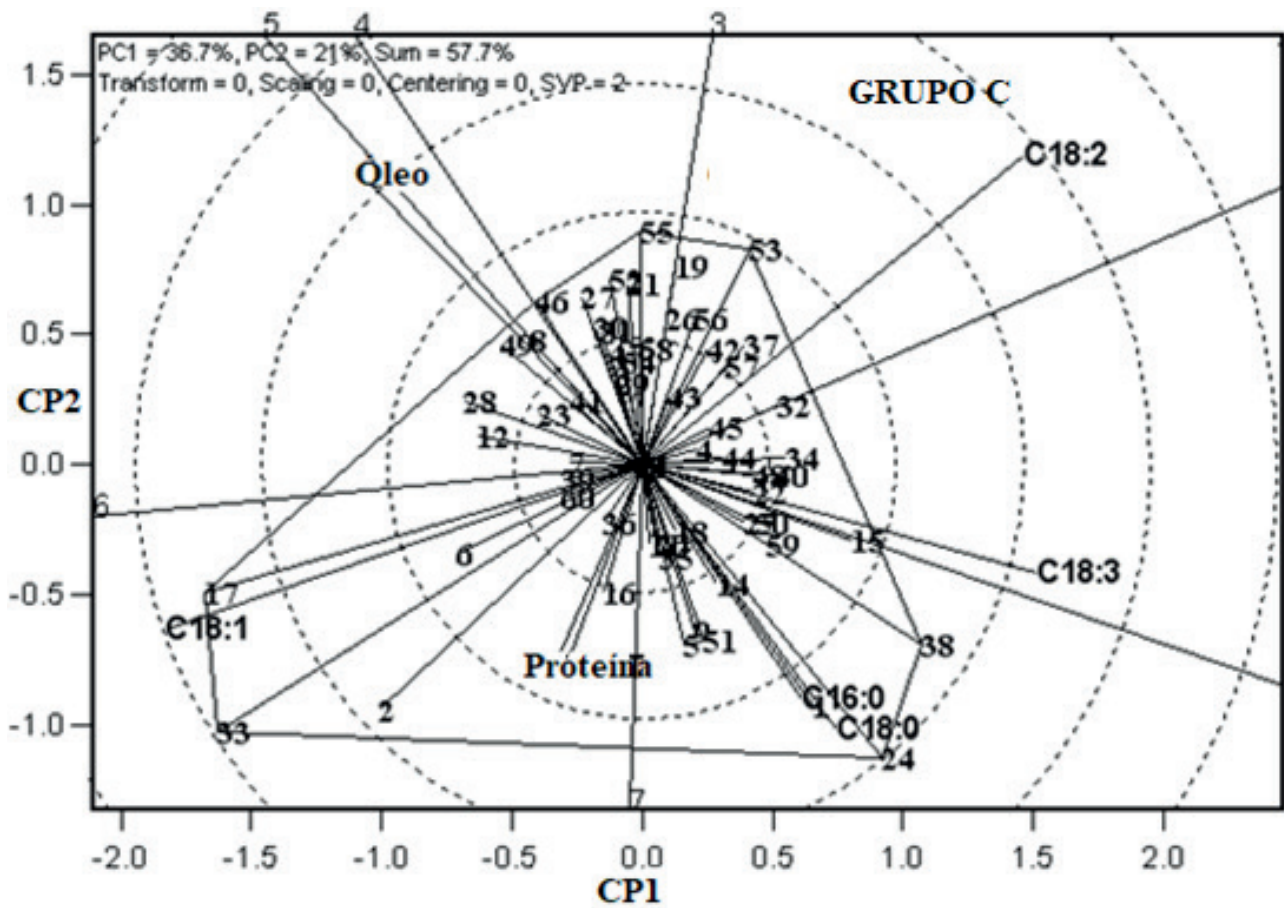


Figura 3. Visualização do polígono e vetores do biplot com dois componentes principais CP1=36,7% e CP2=21,0 com variância total=57,7%, baseados em 60 observações dos genótipos do grupo C (códigos e dados listados na Tabela 3), avaliados quanto as variáveis teor de óleo, teor de proteína, ácido palmítico (C16: 0), ácido esteárico (C18: 0), ácido oleico (C18: 1), ácido linoleico (C18: 2) e ácido linolênico (C18: 3).

Grupo D

Para os genótipos do grupo D (Tabela 4), os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis foram significativamente positivos (teste t, $p \leq 0,05$), para proteína / ácido palmítico ($r = 0,47$) e para ácido palmítico / esteárico $r = (0,37)$. As correlações foram negativamente significativas para o ácido oleico / linoleico ($r = -0,93$) e para o ácido oleico / linolênico ($r = -0,49$). Os menores coeficientes de correlação não significativos variaram de $-0,15$ (palmítico / óleo) a $0,17$ (linoleico / proteína). Como para aos demais grupos, o maior coeficiente de correlação foi para oleico e linoleico, que também apareceu em lados opostos do gráfico poligonal biplot (Figura 4).

Os autovalores para os dois componentes foram de 2,30 e 1,64 totalizando 56,26% de variância. O autovalor de um componente principal indica o tamanho de sua variância dentro da variância total calculada (56,26%), as quais são 32,88% para CP1 e 23,38% para CP2. Entre os genótipos de soja do grupo D, foi observado que, para o primeiro componente principal (CP1), têm grandes associações positivas para as variáveis oleico (0,40%) e para linoleico (0,31%) portanto estes componentes são os melhores para a saúde, sendo assim, deve-se ter genótipos de soja com alto teor de ácido oleico (C18:1), e seu teor é alto no óleo de oliva. Os valores baixos devem ser para os teores de linolênico com três ligações (C18:3 com 0,085117%). As médias encontradas na soja para os ácidos insaturados linolênico, oleico e para o óleo estão em torno de 23%, 53% e 9%, respectivamente. Valores baixos para o ácido linolênico indicam menos oxidação e menos ácidos graxos trans e em caso contrário apresentam maior instabilidade, maior oxidação e ranço no óleo. As variáveis resposta C16:0 (ácido palmítico), os insaturados (C18:1 e C18:2) com uma e duas ligações e o teor de óleo, foram os que apresentaram maior distância da origem, indicando ótima contribuição para a pesquisa e estão no quarto círculo concêntrico. O ácido esteárico (C18:0) e o linolênico insaturado com três ligações (C18:3) e proteína encontram-se no terceiro círculo e o teor de óleo no primeiro círculo com baixa contribuição nesta pesquisa com os dados do grupo D. O segundo componente principal (CP2) também apresentou associação positiva para o ácido palmítico (0,30%) e o esteárico (0,28%).

Com os resultados dos autovetores dos dois componentes CP1 e CP2 e o biplot da Figura 4, as variáveis estudadas estão distribuídas em todos os setores e as que se distinguem estão no terceiro e quarto círculo concêntrico do polígono.

Diferente dos demais grupos, o biplot poligonal (Figura 4) do Grupo D apresentou 10 setores e nove vértices. Neste biplot o polígono é desenhado juntando as variáveis que estão localizadas mais distantes da origem, permitindo que todos os outros genótipos estejam dentro do polígono. Os genótipos que se encontram nos vértices têm os vetores mais longos, em suas respectivas direções, que é uma medida da capacidade de resposta aos ácidos graxos. Tais genótipos estão, portanto, entre os genótipos mais responsivos e os demais genótipos são menos responsivos em suas respectivas direções. As linhas perpendiculares às laterais do polígono dividem o biplot em setores. Cada setor tem um genótipo vértice. De maneira geral, o genótipo do vértice é aquele com mais alto teor de óleo, proteína e os demais ácidos. No setor 1-2, no quarto círculo está localizado o ácido graxo linoleico (C18: 2), e nenhum genótipo foi agrupado no vértice. No setor 2-3, localizam-se os genótipos associados ao ácido linolênico (C18: 3), sendo que no vértice está o genótipo Ocepar 15 (código 47) que apresentou menor teor desse ácido (10,27%) que Emgopa 314 (código 1) (11,24%). No setor 3-4, no vértice está o genótipo São Luiz (código 54), com baixo teor de proteína (39,01%).

A mesma tendência foi observada no setor 4-5, onde o genótipo Santa Maria (código 55) no vértice apresentou o menor teor de proteína (37,21%). Nenhum vértice foi formado nos setores 5-6 e 6-7 (Figura 4), onde se distingue o ácido oleico. Nos vértices do setor 7-8 estão os genótipos BR 38 (código 31) e CD 202 (código 29), ambos com alto teor de ácido

oleico, 31,22% e 30,70%, respectivamente. Ocepar 2 (código 44) também está neste setor, apresentando alto teor de ácido oleico (29,90) e baixo teor de ácido linolênico (6,49). O genótipo BRS 158 (código 23) com alto teor (3,98%) de ácido esteárico (C18: 0) se encontra no vértice do setor 7-8. Vértice e variável distinta não foram observados no setor 8-9. No setor 9-10, o genótipo Emgopa 313 (código 4) (no vértice), apresentou o segundo maior valor (3,99%) para o ácido esteárico (C18: 0), após o genótipo FT Abyara (código 20) (4,36%) (Tabela 4).

No setor 10-1, o ácido palmítico (C16: 0) e a proteína estão em evidência (Figura 4), o genótipo CS 305 (código 11) apresentou o maior teor de ácido palmítico (12,85%), enquanto no vértice está Embrapa 59 com 41,7% de proteína, embora Emgopa 316 (código 1) apresente o maior teor de proteína (42%) para este grupo.

Utilizando a metodologia ACP, foi possível visualizar diferenças para óleo, proteína e principais ácidos graxos, entre os 235 genótipos de soja, agrupando-os por alto e baixo teor desses compostos. A relação negativa entre óleo e proteína (Burton, 1984), e entre os teores dos ácidos graxos oleico, linoleico e linolênico (Lima; Peluzio, 2015), principalmente para os ácidos oleico e linoleico, esteve em evidência para todos os genótipos estudados (grupos A, B, C e D).

Diferentes composições e teores dos ácidos graxos devem destinar a soja para diferentes utilizações. A característica de alto teor de ácido oleico, além de propiciar o processamento de alimentos mais saudáveis, também é importante para usos industriais da soja. Por exemplo, lubrificantes, que podem ser obtidos por derivados de óleo de soja quimicamente modificados, podem ter seus custos de processamento reduzidos com a disponibilidade de cultivares que apresentem teores mais altos do ácido graxo oleico (Erhan et al., 2008).

A maior estabilidade para o óleo de soja pode ser obtida com o processamento de cultivares com baixo teor de ácido linolênico, o que pode evitar oxidação e conseqüentemente rancidez no sabor. Ainda considerando que os ácidos linolênico e linoleico são essenciais para a saúde e desenvolvimento humano, nesse caso, suas concentrações devem ser equilibradas.

Portanto, considerando as diferentes possibilidades de usos da soja, o melhoramento genético do perfil dos compostos químicos é importante para disponibilizar matéria prima para produção de alimentos e produtos industriais com melhor qualidade. A variabilidade genética encontrada na coleção de germoplasma analisada destaca fontes genéticas que podem ser utilizadas no melhoramento genético de soja para melhor qualidade.

Tabela 4. Grupo D: Genótipos em ordem decrescente pelo teor de proteína (%), teor de óleo (%) e ácidos graxos: palmítico - 16: 0 (%); esteárico - C18: 0 (%); oleico - C18: 1 (%); linoleico - C18: 2 (%); linolênico - C18: 3 (%) N=55.

Código	Genótipos	Proteína	Genótipos	Óleo	Genótipos	Palmítico	Genótipos	Estearico	Genótipos	Oleico	Genótipos	Linoleico	Genótipos	Linolênico
1	EMGOPA 316	42,04	MG/BR 58	20,30	CS 305	12,85	FT Abyara	4,36	BR 38	31,22	Blenville	59,60	EMGOPA 304	11,24
2	FT 12	42,02	OCEPAR 16	20,28	Embrapa 59	12,56	EMGOPA 313	3,99	CD 202	30,70	BRS 132	57,55	EMGOPA 316	11,15
3	Embrapa 3	42,02	Embrapa 3	20,24	Invicta	12,20	BRS 158	3,98	OCEPAR 2	29,90	FT 6	57,31	MG/BR 66	10,83
4	EMGOPA 313	42,01	Cobb	19,95	BRS 133	12,18	MS/BR 57	3,95	CEP 26	29,31	CEP 20	57,30	OCEPAR 9	10,65
5	FT 5	42,00	MS/BR 57	19,79	Embrapa 58	12,17	Embrapa 59	3,86	Embrapa BR 4	28,52	MS/BRS 168	57,25	Cobb	10,30
6	Invicta	42,00	Embrapa 26	19,75	FT 12	12,14	Embrapa 58	3,84	União	27,27	CS 305	57,20	OCEPAR 15	10,27
7	CEP 20	41,96	FT 19	19,58	Embrapa 48	12,10	OCEPAR 9	3,73	FT Líder	27,12	CEP 10	56,95	FT 2	9,77
8	CEP 10	41,91	BRS 158	19,55	Embrapa 63	12,03	OCEPAR 16	3,73	BRS 158	27,10	BRS 133	56,94	BR 16	9,73
9	Embrapa 58	41,91	FT 6	19,52	União	11,85	MG/BR	3,62	FT Jatobá	26,43	FT 12	56,85	MS/BRS 170	9,70
10	BRS 133	41,90	MS/BRS 170	19,40	MS/BRS 168	11,82	Embrapa 45	3,61	RS 5	25,68	BRS 62	56,83	Embrapa 45	9,59
11	CS 305	41,88	CD 202	19,39	BRS 132	11,78	BRS 133	3,61	FT 14	25,49	OCEPAR 15	56,82	São Luiz	9,59
12	MG/BR 66	41,84	FT 18	19,39	MS/BR 57	11,75	BR 23	3,55	FT 18	25,15	BRS 138	56,55	FT 6	9,57
13	Embrapa 48	41,84	OCEPAR 9	19,36	Embrapa 45	11,71	CEP 10	3,55	OCEPAR 16	24,16	FT 19	56,33	Embrapa 58	9,53
14	FT 18	41,83	FT 12	19,35	MG/BR	11,69	FT Líder	3,53	BR 23	23,97	Embrapa 59	56,14	BRS 133	9,52
15	EMGOPA 304	41,80	Embrapa 59	19,22	EMGOPA 313	11,68	BRS 138	3,52	Santa Maria	23,72	EMGOPA 313	56,04	Embrapa 48	9,47
16	MG/BR	41,79	BR 6	19,19	EMGOPA 316	11,68	CD 202	3,51	Embrapa 3	23,59	MG/BR	56,00	FT 19	9,46
17	Embrapa 59	41,70	FT 5	19,19	FT 5	11,62	Embrapa 63	3,50	Embrapa 63	23,50	Cobb	55,91	MG/BR 58	9,39
18	BR 6	41,69	São Luiz	19,18	OCEPAR 2	11,61	BRS 62	3,50	MS/BRS 170	23,14	MG/BR 58	55,79	BR 23	9,21
19	Blenville	41,63	Invicta	19,18	FT Líder	11,51	BRS 132	3,48	EMGOPA 304	22,91	FT 5	55,77	Embrapa 59	9,18
20	FT Abyara	41,62	Blenville	19,17	FT Abyara	11,46	Embrapa 3	3,45	MS/BR 20	22,69	OCEPAR 9	55,66	CEP 20	9,11
21	FT 6	41,62	OCEPAR 15	19,15	CEP 10	11,44	Santa Maria	3,43	São Luiz	22,63	Embrapa 26	55,57	MS/BR 57	9,11
22	BRS 132	41,61	BRS 137	19,14	BR 38	11,43	MG/BR 46	3,43	BRS 137	22,39	BR 6	55,49	CS 305	8,99
23	BRS 158	41,59	FT 14	19,10	FT 6	11,38	EMGOPA 316	3,41	FT 5	22,33	Embrapa 45	55,46	BRS 62	8,86
24	FT Jatobá	41,59	MG/BR	19,07	MG/BR 46	11,37	FT 12	3,40	MG/BR 46	22,28	BR 16	55,42	MG/BR	8,77
25	Embrapa 45	41,56	União	19,05	OCEPAR 9	11,33	FT 18	3,39	BR 6	22,24	FT Abyara	55,33	BRS 132	8,62
26	Embrapa 63	41,56	CEP 10	19,04	MS/BR 20	11,32	Embrapa 48	3,39	MG/BR 66	22,13	MS/BR 57	55,32	CEP 26	8,60
27	Embrapa 26	41,54	OCEPAR 2	19,02	BR 23	11,31	MS/BR 20	3,35	Embrapa 26	21,80	BRS 137	55,32	União	8,53
28	Cobb	41,54	BR 38	19,02	FT 2	11,28	União	3,28	Invicta	21,54	Embrapa 48	55,01	Embrapa 26	8,47
29	CD 202	41,46	BR 23	18,94	EMGOPA 304	11,28	MS/BRS 168	3,26	EMGOPA 313	21,36	FT 2	54,86	BRS 137	8,46
30	Embrapa BR 4	41,42	EMGOPA 316	18,89	CEP 20	11,27	FT 5	3,23	Embrapa 58	21,23	MG/BR 46	54,78	MS/BR 20	8,46
31	BR 38	41,40	EMGOPA 313	18,88	Embrapa BR 4	11,24	RS 5	3,21	FT 2	21,17	Invicta	54,75	OCEPAR 16	8,38

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Código	Genótipos	Proteína	Genótipos	Óleo	Genótipos	Palmitico	Genótipos	Estearico	Genótipos	Oleico	Genótipos	Linoico	Genótipos	Linolênico
32	BRS 62	41,39	MS/BRS 168	18,85	MG/BR 58	11,23	Invicta	3,21	Cobb	21,10	Santa Maria	54,72	Invicta	8,29
33	MS/BR 57	41,39	FT Abyara	18,83	BRS 137	11,22	BR 6	3,21	BR 16	20,98	São Luiz	54,41	BR 38	8,28
34	MG/BR 58	41,33	Embrapa 48	18,82	CD 202	11,22	MG/BR 58	3,17	FT Abyara	20,75	MS/BR 20	54,19	BR 6	8,17
35	MS/BRS 168	41,33	BRS 138	18,78	FT 18	11,19	BR 38	3,16	BRS 138	20,64	MG/BR 66	54,04	MG/BR 46	8,14
36	MS/BR 20	41,30	Embrapa 68	18,77	BRS 138	11,17	CEP 26	3,15	MG/BR 58	20,41	Embrapa 3	53,94	BRS 138	8,13
37	BRS 137	41,28	CS 305	18,77	Embrapa 26	11,13	FT Jatobá	3,14	EMGOPA 316	20,37	FT 18	53,63	CEP 10	8,10
38	MS/BRS 170	41,22	MG/BR 46	18,71	CEP 26	11,12	CEP 20	3,13	FT 19	20,16	Embrapa 63	53,47	FT Abyara	8,09
39	União	41,12	CEP 20	18,65	BRS 158	11,10	FT 14	3,08	Embrapa 48	20,03	MS/BRS 170	53,44	RS 5	8,08
40	BR 23	41,04	MS/BR 20	18,64	BRS 62	11,01	FT 6	3,08	CEP 10	19,96	EMGOPA 316	53,39	Embrapa 3	8,02
41	FT 19	41,02	Embrapa BR 4	18,60	FT Jatobá	11,01	BR 16	3,06	MG/BR	19,93	Embrapa 58	53,22	MS/BRS 168	7,91
42	OCEPAR 9	40,95	BRS 133	18,59	FT 19	11,00	FT 19	3,05	MS/BR 57	19,86	OCEPAR 16	53,11	FT 12	7,84
43	MG/BR 46	40,89	BRS 62	18,57	Embrapa 3	10,99	São Luiz	3,04	BRS 62	19,81	FT 14	52,92	FT 14	7,80
44	OCEPAR 2	40,86	Santa Maria	18,57	BR 6	10,89	EMGOPA 304	3,03	MS/BRS 168	19,76	RS 5	52,65	FT Líder	7,72
45	BRS 138	40,54	CEP 26	18,56	OCEPAR 15	10,87	Embrapa 26	3,03	FT 12	19,75	BR 23	51,95	Santa Maria	7,70
46	FT 14	40,53	BR 16	18,55	BR 16	10,81	OCEPAR 2	2,98	Bienville	19,64	BRS 158	51,90	FT Jatobá	7,63
47	OCEPAR 15	40,51	EMGOPA 304	18,54	MS/BRS 170	10,77	CS 305	2,95	Embrapa 45	19,62	FT Jatobá	51,78	Embrapa BR 4	7,59
48	RS 5	40,44	FT Líder	18,50	FT 14	10,71	MS/BRS 170	2,95	OCEPAR 15	19,35	EMGOPA 304	51,54	Embrapa 63	7,49
49	OCEPAR 16	40,36	RS 5	18,50	OCEPAR 16	10,62	FT 2	2,91	CEP 20	19,19	FT Líder	50,12	CD 202	7,34
50	BR 16	40,33	FT Jatobá	18,48	Bienville	10,60	Cobb	2,91	FT 6	18,67	Embrapa BR 4	49,78	Bienville	7,33
51	FT Líder	40,26	Embrapa 63	18,47	Santa Maria	10,42	Embrapa BR 4	2,86	OCEPAR 9	18,63	União	49,07	FT 5	7,06
52	CEP 26	40,22	FT 2	18,44	RS 5	10,37	Bienville	2,82	BRS 132	18,57	OCEPAR 2	49,02	EMGOPA 313	6,93
53	FT 2	40,07	BRS 132	18,34	São Luiz	10,33	MG/BR 66	2,75	Embrapa 59	18,26	CEP 26	47,82	FT 18	6,64
54	São Luiz	39,01	Embrapa 45	18,16	MG/BR 66	10,25	OCEPAR 15	2,69	CS 305	18,01	CD 202	47,23	OCEPAR 2	6,49
55	Santa Maria	37,21	MG/BR 66	17,91	Cobb	9,79	BRS 137	2,60	BRS 133	17,75	BR 38	45,91	BRS 158	5,91

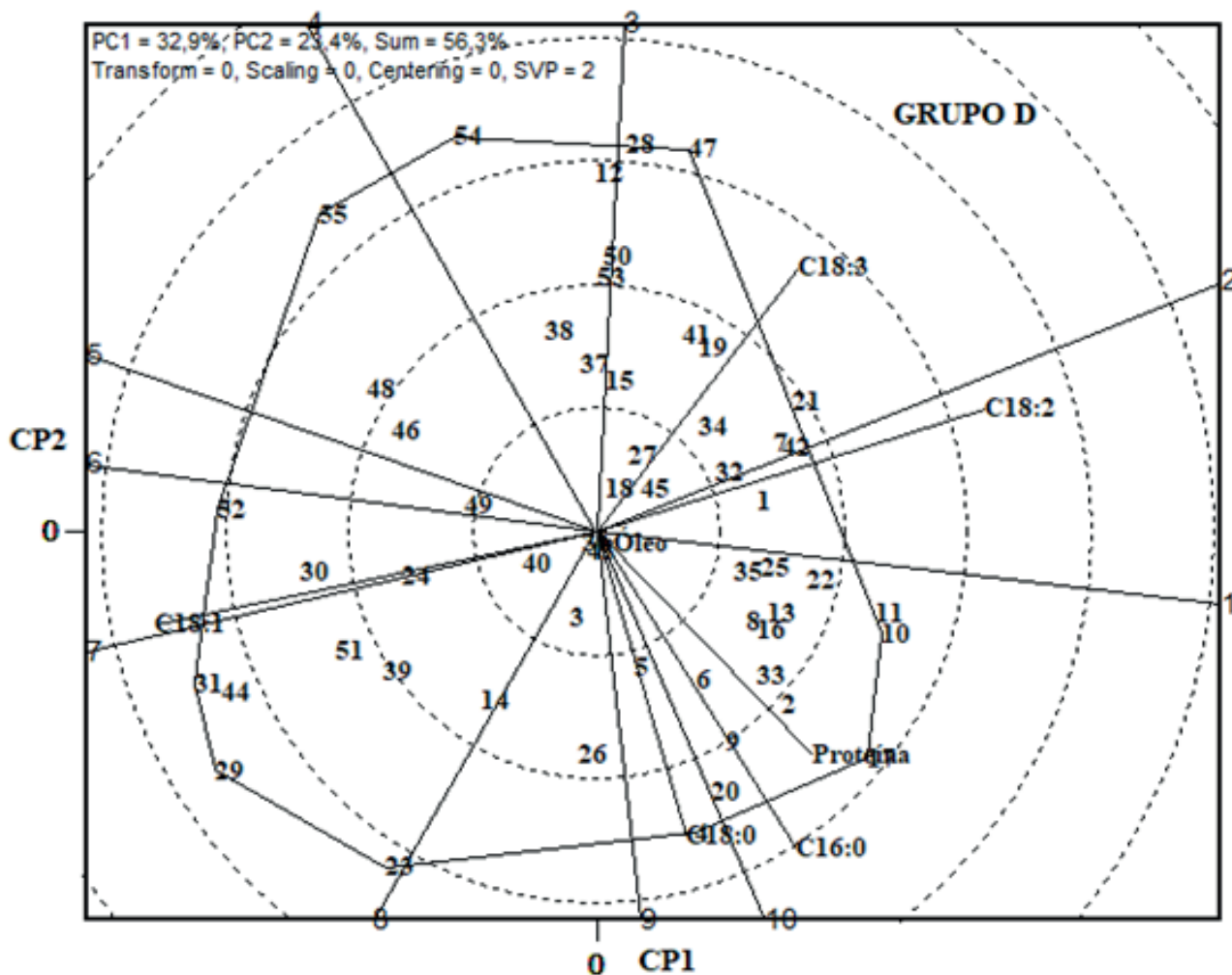


Figura 4. Visualização do polígono e vetores do biplot com dois componentes principais CP1=32,9% e CP2=23,4 com variância total=56,3%, baseados em 55 observações dos genótipos do grupo D (códigos e dados listados na Tabela 4), avaliados quanto as variáveis teor de óleo, teor de proteína, ácido palmítico (C16: 0), ácido esteárico (C18: 0), ácido oleico (C18: 1), ácido linoleico (C18: 2) e ácido linolênico (C18: 3).

Conclusões

Entre os genótipos de soja avaliados, foi observada variabilidade genética para proteína, óleo, ácidos graxos oleico, linoleico e linolênico, o que indica a possibilidade de melhoramento genético desses compostos em soja.

O genótipo IAC 100, que apresenta alto teor de proteína, pode ser utilizado como fonte genética para aumentar o teor desse composto; o genótipo MS/BRS 169 (Bacuri) para maior teor de ácido oleico; e a cultivar BRS 158 para redução de ácido linolênico.

A Análise de Componentes Principais usando o biplot poligonal permite a interpretação simultânea das variáveis resposta e dos tratamentos (cultivares), reduzindo o tamanho da matriz de dados a poucos componentes principais sem perda de informação.

Agradecimentos

Ao National Center for Agricultural Utilization Research (NCAUR, USDA/ARS), Embrapa Labex USA 2002-2004 e à Dra. Sevim Z. Erhan, contraparte do Labex para a área de novos usos alimentares e não alimentares. À Embrapa Soja pelo apoio no fornecimento das amostras.

Referências

- AACC - American Association of Cereal Chemists. AACC method 31-21.01: near-infrared reflectance method for whole-grain analysis in soybeans. In: AACC. **Approved methods of analysis**. 11th ed. St. Paul, MN: AACC, 1995.
- ASCHERIO, A.; KATAN, M. B.; ZOCK, P. L.; STAMPFER, M. J.; WILLETT, W. C. Trans fatty acids and coronary heart disease. **The New England Journal of Medicine**, v. 340, p. 1994-1998, 1999.
- BANNON, C. D.; BREEN, G. J.; CRASKE, J. D.; HAI, N. T.; HARPER, N. L.; CZONYIC, C. Analysis of fatty acid methyl esters with high accuracy and reliability: III. Literature review of and investigations into the development of rapid procedures for the methoxide-catalysed methanolysis of fats and oils. **Journal of Chromatography**, v. 247, p. 71-89, 1982.
- BONANOME, A.; GRUNDY, S. M. Effect of dietary stearic acid on plasma cholesterol and lipoprotein levels. **New England Journal of Medicine**, v. 318, p. 1244-1247, 1988.
- BURTON, J. W. Breeding soybeans for improved protein quantity and quality. In: PROCEEDINGS OF WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 3., 1984, Ames, IA. Boulder, CO: Westview Press, 1984. p. 361-367. Editado por: Richard Shibles.
- CHRISTIE, W. W. **Gas chromatography and lipids: a practical guide**. Ayr, Scotland: The Oily Press, 1989. 307 p.
- ERHAN, S. Z.; SHARMA, B. K.; LIU, Z.; ADHVARYU, A. Lubricant base stock potential of chemically modified vegetable oils. **Journal of Agriculture Food Chemistry**, v. 56, p. 8919-8925, 2008.
- FARSHADFAR, E.; ZALI, H.; MOHAMMADI, R. Evaluation of phenotypic stability in chickpea genotypes using GGE biplot. **Annals of Biological Research**, v. 2, p. 282-292, 2011.
- FARVID, M. S.; DING, M.; PAN, A.; SUN, Q.; CHIUVE, S. E.; STEFFEN, L. M.; WILLETT, W. C.; HU, F. B. Dietary linoleic acid and risk of coronary heart disease: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. **Circulation**, v. 130, p. 1568-1578, 2014.
- FEHR, W. R. Breeding for modified fatty acid composition in soybean. **Crop Science**, v. 47, S72-S87, 2007.
- FERREIRA, D. F. **Estatística multivariada**. 1. ed. Lavras: Editora UFLA, 2008. 662 p.
- FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. da. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.
- FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. da. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. **Opinião Pública**, v. 16, n. 1, p. 160-185, 2010.
- GABRIEL, K. R. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. **Biometrika**, v. 58, p. 453-467, 1971.
- HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. de. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **Engineering and Science**, v. 5, n. 1, p. 83-90, 2015. DOI: 10.18607/ES201653398.
- KRIS-ETHERTON, P.; YU, S. Individual fatty acid effects on plasma lipids and lipoproteins: human studies. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 65, p. 1628S-1644S, 1997.
- LIMA, M. D. de; PELUZIO, J. M. Dissimilaridade genética em cultivares de soja com enfoque no perfil de ácidos graxos visando produzir bicomustível. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 256-261, 2015. DOI:10.5039/agraria.v10i2a5333.
- LIST, G.; JACKSON, M.; ELLER, F.; ADLOF, R. O. Low trans spreads and shortening oils by hydrogenation of soybean oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 84, p. 609-612, 2007.
- LIU, K. Chemistry and nutritional value of soybean components. In: LIU, K. (ed.) **Soybeans chemistry technology and utilization**. New York: Chapman and Hall, 1997. p. 25-113.
- LIU, K. S.; ORTHOEFER, F.; BROWN, E. A. Association of seed size with genotypic variation in the chemical constituents of soybeans. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 72, p. 189-192, 1995.
- LOURENÇÃO, A. L.; MIRANDA, M. A. C.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; AMBROSANO, G. M. B. Resistência de soja a insetos: X. Comportamento de cultivares e linhagens em relação a percevejos e desfolhadores. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, p. 543-550, 1997.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007. 297 p.

MISSOURI SOYBEANS. **Soybeans are food, feed, fuel and fibers**. Missouri Soybeans, Inc., 2022. Disponível em: <https://mosoy.org/about-soybeans/soybean-uses/soybean-uses-overview/2022>. Acesso em: 10 abr. 2022.

PARANHOS, R.; FIGUEIREDO FILHO, D. B.; ROCHA, E. C. da; SILVA JÚNIOR, J. A. da; NEVES, J. A. B.; SANTOS, M. L. W. D. desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson: o retorno. **Leviathan**, n. 8, p. 66-95, 2014. DOI: 10.11606/issn.2237-4485.lev.2014.132346.

PERKINS, E. G. Composition of soybeans and soybean products In: ERICKSON, D. R. (ed.). **Practical handbook of soybean processing and utilization**. Champaign, IL: AOCS Press and USB, 1995. p. 9-28.

RAYFORD, W. E.; THOMAS, D. I.; ELAM, L. M.; WALKER, S. M. **Analytical chemical support soybean uniform test analysis**. Peoria: USDA, Agricultural Research Service, Midwest Area, NCAUR, 1994. p. 17-26.

REIS, E. **Estatística multivariada aplicada**. 2. ed. Lisboa: Sílabo, 2001. 343 p.

SILVA, N. R. D. A.; PADOVANI, C. R. Utilização de componentes principais em experimentação agrônômica. **Energia na Agricultura**, v. 21, p. 98-113, 2006.

SOYSTATS®. **A reference guide to important soybean facts & figures**. The American Soybean Association, 2022. Disponível em: <http://soystats.com/>. Acesso em: 10 jul. 2022.

STATSOFT. **STATISTICA for Windows**: computer program manual. Tulsa, OK: STATSOFT, Inc., 1995.

YAN, W. **Crop variety trials**: data management and analysis. West Sussex: John Wiley & Sons, Inc., 2014. 351 p.

YAN, W.; KANG, M. S. **GGE biplot analysis**: a graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. Boca Raton: CRC Press, 2003. 271 p.

YAN, W.; RAJCAN, I. Biplot analysis of sites and trait relations of soybean in Ontario. **Crop Science**, v. 42, p. 11-20, 2002.

YAN, W.; TINKER, N. A. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 86, p. 623-645, 2006. DOI: 10.4141/P05169.

Embrapa

Soja

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

