

PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS EM ÓLEOS OBTIDOS DE SOJA CULTIVADA SOB DIFERENTES CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

P. Brugnerotto¹, L. A. Rodrigues², S. N. Jappe³, B. D. Kaster⁴, I. R. Carvalho⁵, M. Oliveira⁶

1-Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96160-000 – Capão do Leão – RS – Brasil/ Programa de Pós-Graduação em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – CEP: 98700-000 – Ijuí – RS – Brasil, Telefone: (48) 99138-9494 - e-mail: patriciabrugnerotto@gmail.com

2- Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96160-000 – Capão do Leão – RS – Brasil. Telefone: (91) 99239-0688 - e-mail: larissaalvesrodrigues23@gmail.com

3- Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96160-000 – Capão do Leão – RS – Brasil. Telefone: (51) 99923-4160 - e-mail: jappesilvia@gmail.com

4 - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96160-000 – Capão do Leão – RS – Brasil. Telefone: (53) 98161-8969 - e-mail: brendadannenbergekaster@gmail.com

5- Programa de Pós-Graduação em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – CEP: 98700-000 – Ijuí – RS – Brasil. Telefone: (55) 99640-8757 - e-mail: ivan.carvalho@unijui.edu.br

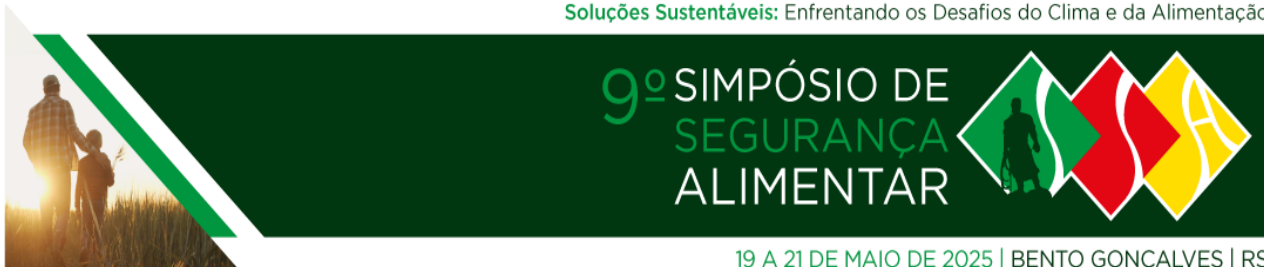
6- Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96160-000 – Capão do Leão – RS – Brasil. Telefone: (53) 98144-2370 - e-mail: mauricio@labgraos.com.br

RESUMO – Este trabalho avaliou o perfil de AGs em óleos brutos extraídos de grãos de soja cultivados em três estações experimentais no Estado do Rio Grande do Sul, sob diferentes condições climáticas. O óleo foi extraído por Soxhlet, os AGs foram transformados em ésteres metílicos e a análise realizada por CG-MS. Foram detectados 10 AGs nas 15 amostras avaliadas, sendo os AGs linoleico, oleico e palmítico com maiores contribuições, independente da condição climática em que a soja foi colhida. A influência das condições climáticas foi observada na variação dos teores de ácido oleico e linoleico entre os genótipos. Esses resultados destacam o impacto das alterações climáticas no estado do Rio Grande do Sul sobre a composição lipídica do óleo de soja, fornecendo subsídios para a seleção de genótipos adaptados e aplicações na indústria de óleos vegetais.

ABSTRACT – This study evaluated the FA profile in crude oils extracted from soybean grains cultivated in three experimental stations in the State of Rio Grande do Sul, under different climatic conditions. The oil was extracted using Soxhlet, the FAs were converted into methyl esters, and the analysis was performed by GC-MS. Ten FAs were detected in the 15 samples analyzed, with linoleic, oleic, and palmitic acids contributing the most, regardless of the climatic conditions under which the soybeans were harvested. The influence of climatic conditions was observed in the variation of oleic and linoleic acid levels among the genotypes. These results highlight the impact of climate changes in the State of Rio Grande do Sul on the lipid composition of soybean oil, providing insights for the selection of adapted genotypes and applications in the vegetable oil industry.

PALAVRAS-CHAVE: ácido linoleico; ácido oleico; GC-MS; qualidade lipídica.

KEYWORDS: Linoleic acid; oleic acid; GC-MS; lipid quality.



1. INTRODUÇÃO

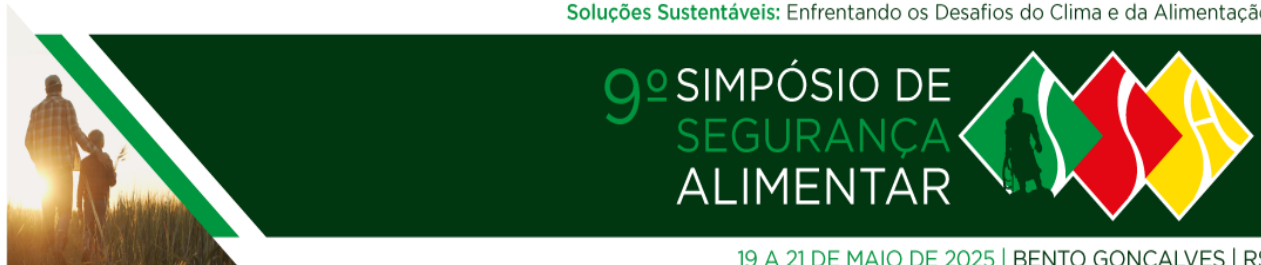
A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), da família Fabaceae, é uma cultura de grande importância para a economia brasileira, sendo considerada uma das principais fontes de proteína vegetal e matéria-prima para diversos produtos, como óleo vegetal, farelo para ração animal, lecitina e biodiesel (DE SOUZA; BACCHI; ALVES, 2019). O Rio Grande do Sul se destaca como Estado pioneiro em cultivar a soja no Brasil, tornando-se uma das principais atividades agrícolas no país (COLUSSI et al., 2016). A composição química do grão de soja pode variar conforme o genótipo e as condições ambientais durante o cultivo (BORDINGNON, et al., 1994). Um dos componentes relevantes é o óleo, que representa cerca de 20% do grão e é amplamente utilizado na preparação de alimentos (BORDINGNON, et al., 1994). O óleo de soja é rico em ácidos graxos (AGs) insaturados, tornando-se mais suscetível à oxidação e à digestão enzimática em comparação aos AGs saturados (VICENTINI-POLETTE et al., 2021).

A composição de AGs em culturas oleaginosas é um fator relevante tanto do ponto de vista tecnológico quanto nutricional, sendo influenciada tanto pelas condições ambientais (temperatura, índice de chuva) quanto pela variedade/genótipo cultivada (AHMADI; DANESHIAN, 2024; HOU et al., 2006). Portanto, a análise do perfil de AGs é fundamental para a caracterização da qualidade do óleo, pois permite identificar e quantificar os AGs presentes, essenciais para determinar a adequação do óleo para diversas aplicações.

Neste sentido, este estudo tem como objetivo caracterizar o perfil de AGs por GC-MS em óleos de soja cultivados sob diferentes condições climáticas no estado do Rio Grande do Sul.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os genótipos de soja utilizados neste estudo pertencem à safra de 2024 e foram cultivados em estações experimentais no Estado do Rio Grande do Sul, sendo colhidos sob diferentes condições climáticas em maio de 2024, período da colheita. Em Santa Vitória do Palmar (33°12'12.00" S, 53°14'58.00" W), os genótipos BMX VENUS, 95R40, FPS 2063 e 28 HO PIRAPÓ foram colhidos sob excesso de chuva para o período do ano. Já em Pelotas (31°38'28.84" S, 52°14'01.34" W), os genótipos NS 6446 I2X, VÊNUS LE, FÚRIA CE e NEO 581 enfrentaram condições de inundação. Em contrapartida, em Cachoeirinha (29°57'00.60" S, 51°07'16.82" W), os genótipos BMX VENUS, 95R40, FÚRIA CE, M5801 I2X, NS 6601 IPRO, 59Y59 IPRO e BMX 64i61 RSF IPRO foram cultivados sem anormalidades climáticas para o período. Após a colheita, os genótipos foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

de Grãos (LabGrãos) do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), onde foram executados os experimentos.

O óleo foi extraído utilizando o extrator de Soxhlet. A soja foi moída em um moinho de laboratório e aproximadamente 150 g do material moído foi colocado em cartuchos de filtro. O sistema foi aquecido por 8 horas com hexano para extração contínua. Após a extração, o solvente foi removido por rota evaporação sob vácuo a 35°C, e o óleo bruto foi armazenado em frascos âmbar, protegido da luz e a -18°C até as análises.

Os AGs foram transformados em ésteres metílicos de acordo com metodologia descrita por FRANK, PAT, and PHILIP (2002). A separação foi realizada em uma coluna capilar Rtx-1MS (30 m×0,25 mm×0,25 µm; Restek, Bellefonte, EUA) e a determinação foi realizada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS, QP2010 Ultra, Shimadzu, Kyoto, Japão) com auto injetor AOC-20i, conforme descrito por CRIZEL et al. (2020). Os ésteres metílicos foram identificados por meio da comparação com os espectros de massas da biblioteca NIST e confirmados com índice de similaridade $\geq 90\%$. Os AGs foram determinados em três extrações independentes, expressos em porcentagem de área. Diferenças significativas entre os grupos foram avaliadas por ANOVA unidirecional, seguida pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o software Statistica® 13.5 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, EUA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2. Foram detectados 10 AGs em todas as amostras ($n=15$) avaliadas. Independente das condições climáticas os ácidos linoleico (44,74 a 55,76 %), oleico (19,50 a 31,85%) e palmítico (10,69 a 13,30%) apresentaram maiores abundâncias relativas. De maneira geral, a composição de AGs deste estudo está de acordo com outros estudos publicados para óleos de soja brutos (HOU et al., 2006; SHIN et al., 2012).

Tabela 2 - Composição de ácidos graxos em óleos de soja brutos de diferentes genótipos e sob diferentes condições climáticas do Estado do Rio Grande do Sul.

	Genótipos do óleo de soja	Ácidos graxos (%) *									
		C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C20:1	C22:0	C:24:0
Excesso chuva ($n=4$)	BMX VENUS	0,04 ± 0,01 ^a	11,21 ± 0,45 ^a	5,84 ± 0,06 ^a	24,69 ± 0,72 ^a	50,53 ± 0,31 ^b	6,06 ± 0,06 ^a	0,53 ± 0,01 ^a	0,38 ± 0,01 ^a	0,59 ± 0,02 ^a	0,15 ± 0,02 ^a
	95R40	0,06 ± 0,01 ^a	10,69 ± 0,64 ^a	5,64 ± 0,41 ^a	25,05 ± 0,95 ^a	51,48 ± 1,83 ^b	5,65 ± 0,35 ^a	0,44 ± 0,04 ^b	0,40 ± 0,06 ^a	0,48 ± 0,05 ^b	0,15 ± 0,02 ^a
	FPS 2063	0,06 ± 0,01 ^a	11,56 ± 0,21 ^a	5,71 ± 0,01 ^a	23,42 ± 0,01 ^a	52,29 ± 0,25 ^{a,b}	5,52 ± 0,43 ^a	0,51 ± 0,01 ^{a,b}	0,23 ± 0,01 ^b	0,56 ± 0,02 ^a	0,17 ± 0,01 ^a
	28 HO	0,07 ± 0,01 ^a	12,12 ± 0,01 ^a	5,28 ± 0,10 ^a	19,50 ± 0,06 ^b	55,76 ± 0,69 ^a	5,98 ± 1,10 ^a	0,47 ± 0,02 ^{a,b}	0,22 ± 0,01 ^b	0,52 ± 0,04 ^{a,b}	0,15 ± 0,01 ^a
	PIRAPÓ	0,01 ^a	0,01 ^a	0,10 ^a	0,06 ^b	0,69 ^a	1,10 ^a	0,02 ^{a,b}	0,01 ^b	0,04 ^{a,b}	0,01 ^a



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

Inundação (n=4)	NS 6446 I2X	0,07 ± 0,00 ^a	13,16 ± 0,04 ^a	5,77 ± 0,06 ^a	21,90 ± 0,08 ^c	50,97 ± 0,18 ^{a,b}	6,15 ± 0,05 ^a	0,63 ± 0,01 ^a	0,34 ± 0,01 ^a	0,79 ± 0,00 ^a	0,25 ± 0,00 ^a
	BMX VÊNUS	0,06 ± 0,00 ^a	12,09 ± 0,08 ^a	5,76 ± 0,02 ^a	27,21 ± 0,12 ^b	50,00 ± 0,28 ^b	3,08 ± 0,33 ^b	0,61 ± 0,01 ^a	0,33 ± 0,01 ^a	0,67 ± 0,01 ^b	0,21 ± 0,00 ^a
	FÚRIA CE	0,09 ± 0,01 ^a	13,30 ± 0,67 ^a	5,43 ± 0,10 ^{a,b}	22,31 ± 0,39 ^c	51,54 ± 0,52 ^a	5,60 ± 0,35 ^a	0,58 ± 0,02 ^a	0,32 ± 0,01 ^a	0,66 ± 0,04 ^b	0,21 ± 0,01 ^a
	NEO 581	0,07 ± 0,01 ^a	11,94 ± 0,19 ^a	5,59 ± 0,04 ^c	31,85 ± 0,08 ^a	44,74 ± 0,15 ^c	3,89 ± 0,18 ^b	0,65 ± 0,04 ^a	0,37 ± 0,01 ^a	0,70 ± 0,01 ^b	0,22 ± 0,00 ^a
Sem anormalidades (n=7)	M5801 I2X	0,06 ± 0,01 ^a	10,97 ± 0,22 ^c	5,40 ± 0,05 ^{c,d}	22,12 ± 0,27 ^c	53,59 ± 0,64 ^{a,b}	6,15 ± 0,72 ^a	0,58 ± 0,01 ^{c,d}	0,30 ± 0,01 ^c	0,67 ± 0,04 ^{b,c}	0,19 ± 0,02 ^c
	NS 6601 IPRO	0,07 ± 0,01 ^a	11,98 ± 0,27 ^{a,b}	5,84 ± 0,05 ^{b,c}	22,77 ± 0,06 ^c	51,87 ± 0,25 ^{a,b}	5,52 ± 0,11 ^a	0,69 ± 0,01 ^b	0,31 ± 0,01 ^{b,c}	0,74 ± 0,01 ^b	0,23 ± 0,01 ^b
	59Y59 IPRO	0,05 ± 0,00 ^a	11,15 ± 0,01 ^c	5,11 ± 0,06 ^d	28,90 ± 0,28 ^a	48,13 ± 1,02 ^d	4,79 ± 0,65 ^a	0,63 ± 0,01 ^c	0,34 ± 0,00 ^b	0,72 ± 0,01 ^{b,c}	0,20 ± 0,01 ^{b,c}
	BMX 64i61	0,07 ± 0,01 ^a	12,03 ± 0,08 ^{a,b}	5,71 ± 0,02 ^{c,d}	21,30 ± 0,03 ^{b,c}	52,62 ± 0,49 ^c	6,48 ± 0,59 ^a	0,61 ± 0,01 ^c	0,30 ± 0,01 ^{b,c}	0,72 ± 0,01 ^{b,c}	0,20 ± 0,01 ^{b,c}
	BMX VENUS	0,07 ± 0,01 ^a	11,74 ± 0,04 ^{a,b}	6,49 ± 0,00 ^a	28,01 ± 0,05 ^{a,b}	46,71 ± 0,62 ^d	4,63 ± 0,32 ^a	0,84 ± 0,02 ^a	0,39 ± 0,02 ^a	0,96 ± 0,01 ^a	0,32 ± 0,00 ^a
	95R40	0,06 ± 0,01 ^a	11,17 ± 0,06 ^c	6,07 ± 0,01 ^{a,b}	23,85 ± 0,09 ^{b,c}	51,42 ± 0,24 ^{a,b}	5,72 ± 0,20 ^a	0,55 ± 0,01 ^d	0,40 ± 0,00 ^a	0,57 ± 0,00 ^d	0,20 ± 0,00 ^{b,c}
	FÚRIA CE	0,07 ± 0,01 ^a	12,52 ± 0,30 ^a	5,79 ± 0,02 ^{b,c}	20,30 ± 0,06 ^c	54,29 ± 0,21 ^a	5,33 ± 0,18 ^a	0,59 ± 0,00 ^{c,d}	0,29 ± 0,00 ^c	0,66 ± 0,01 ^c	0,19 ± 0,00 ^{b,c}

Legenda: C14:0 – ácido mirístico; C16:0 Ácido palmítico; C18:0 - Ácido esteárico; C18:1 - Ácido oleico; C18:2 - Ácido linoleico; C18:3 - Ácido linolênico; C20:0 - Ácido araquídico; C20:1 - Ácido gadoleico; C22:0 - Ácido behênico; C24:0 - Ácido lignocérico. * Resultados expressos como média (abundância relativa do total de ácidos graxos) ± desvio padrão. ^{a-c} ou ^{a-d}: Médias na mesma coluna com sobrescritos diferentes, para o mesmo grupo de condição climática, apresentam diferença estatística ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

A análise estatística apresentada na Tabela 2, bem como a discussão dos resultados são realizadas de forma independente para cada grupo de genótipos em cada condição climática, uma vez que não foi possível obter os mesmos genótipos de soja para os cultivos sob diferentes condições climáticas. Para óleos de soja sob o efeito de excesso de chuva no período de colheita, podemos observar (Tabela 2) que as variações na composição dos AGs entre os diferentes genótipos são significativas. Neste grupo trazemos um destaque para o genótipo HO PIRAPÓ que apresentou maior quantidade de ácido linoleico (C18:2, ω -6) e uma menor quantidade de ácido oleico (C18:1, ω -9) em comparação com outros genótipos, com uma diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). A mesma característica também foi observada para o genótipo FÚRIA, porém no grupo dos óleos que foram impactados pela inundação. A predominância de AGs poli-insaturados, como o linoleico, pode tornar o óleo mais suscetível à degradação lipídica, afetando sua estabilidade (MATEI et al., 2018). Ainda se tratando do grupo de óleos de sofrerem com inundações, destacamos o genótipo NEO 581, que neste grupo apresentou uma quantidade significativamente maior de ácido oleico e menor de ácido linoleico, ou seja, contrastando com os resultados observados para o genótipo HO PIRAPÓ, conforme discutido anteriormente (grupo excesso de chuvas). A maior proporção de ácido oleico e menor de ácido linoleico também foi observada para os genótipos 59Y59 IPRO e BMX VENUS para o grupo dos óleos em que não ocorreu



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

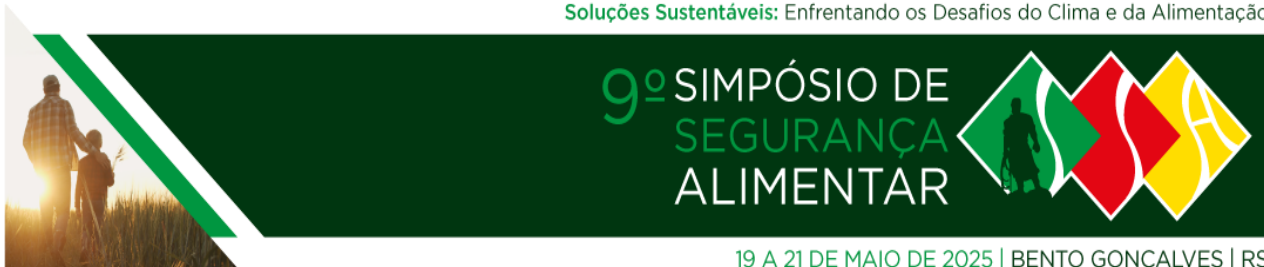
anormalidades nas condições climáticas no período de colheita. Genótipos com maior concentração de ácido oleico geralmente resultam em óleos mais estáveis, ou seja, menos propensos a oxidação lipídica. No entanto, esta característica não está diretamente relacionada à resistência física ou adaptação da planta a condições climáticas adversas (AHMADI; DANESHIAN, 2024). Além disso, os autores destacam que essas diferenças podem refletir a resposta dos genótipos às condições climáticas adversas, como o excesso de chuva, que pode afetar o processo de síntese e acúmulo de AGs nas sementes.

A razão entre ácido oleico e linoleico (O/L) é amplamente utilizada como um índice de qualidade dos óleos vegetais e reflete aspectos importantes relacionados à estabilidade oxidativa (SHIN et al., 2012). Neste estudo, esta razão variou de 0,35 (28 HO PIRAPÓ, sob excesso de chuva) a 0,71 (NEO 581, sob inundação). Desta forma, genótipos como o NEO 581, sugerem maior resistência à oxidação lipídica, conferindo uma vantagem para a preservação do óleo durante o armazenamento. Por outro lado, genótipos como o 28 HO PIRAPÓ podem estar mais suscetíveis à oxidação, o que pode comprometer a durabilidade e a qualidade do óleo durante o armazenamento.

Os óleos de soja apresentaram variações na composição de AGs conforme as condições climáticas, mantendo os poli-insaturados como predominantes, especialmente no genótipo FÚRIA (condições normais). Os monoinsaturados se destacaram no NEO 581 (inundação) e os saturados tiveram menor proporção, com maior presença no NS 6446 I2X (inundação). Apesar dos benefícios dos AGs mono e poli-insaturados para a saúde, eles aumentam a suscetibilidade à degradação lipídica. No entanto, não foi possível identificar claramente a influência das variações climáticas sobre a composição de AGs em um mesmo genótipo.

4. CONCLUSÕES

Este estudo indica que, independentemente das condições climáticas, os óleos de soja brutos extraídos dos diferentes genótipos apresentaram um perfil de AGs caracterizado pelo predomínio dos ácidos linoleico, oleico e palmítico. A influência das condições climáticas foi observada na variação dos teores de ácido oleico e linoleico entre os genótipos, com maior proporção de ácido oleico em alguns genótipos sob inundação e sem anormalidades climáticas, e maior teor de ácido linoleico nos óleos provenientes de genótipos expostos ao excesso de chuva. No entanto, os autores destacam que este estudo possui resultados exploratórios e ressaltam a necessidade de avaliar outros parâmetros de qualidade do óleo de soja para uma compreensão mais abrangente dos efeitos das variações climáticas. Essa análise pode auxiliar na identificação de materiais genéticos mais adaptados a diferentes condições de cultivo.



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

5. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a Canoa Mirim de Santa Vitória do Palmar, Portera Adentro de Pelotas, Instituto Riograndense do Arroz de Cachoeirinha, CAPES (001), CNPq e FAPERGS.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMADI, S. A. K.; DANESHIAN, J. Enhancing Soybean (*Glycine max* L. Merr) Heat Stress Tolerance: Effects of Sowing Date on Seed Yield, Oil Content, and Fatty Acid Composition in Hot Climate Conditions. **Food Science and Nutrition**, p. 1–16, 1 jan. 2024.

BORDINGNON, J. R., MANDARINO, J. M. G. **Soja: Composição química, valor nutricional e sabor** (1 ed.). Londrina: Embrapa, 1994.

COLUSSI, J.; WEISS, C. J.; DE SOUZA, A. R. L.; DE OLIVEIRA, L. The soy agribusiness: an analysis of profitability of soybean cultivation in Brazil. **Espacios**, v. 16, p. 1–7, 2016.

CRIZEL, R. L.; HOFFMANN, J. F.; ZANDONÁ, G. P.; LOBO, P. M. S.; JORGE, R. O.; CHAVES, F. C. Characterization of Extra Virgin Olive Oil from Southern Brazil. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 122, n. 4, 2020.

DE SOUZA, M. O.; BACCHI, M. R. P.; ALVES, L. R. A. Análise de fatores que influenciam o processamento de soja no Brasil. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 17, n. 3, p. 1–22, 2019.

FRANK, D.; PAT, S.; PHILIP, W. Improving the Analysis of Fatty Acid Methyl Esters Using Retention Time Locked Methods and Retention Time Databases. **Agilent Technologies**, p. 1–13, 2002.

HOU, G.; ABLETT, G. R.; PAULS, K. P.; RAJCAN, I. Environmental effects on fatty acid levels in soybean seed oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 83, p. 759–763, 2006.

MATEI, G.; MENEGUZZI, C.; WOYANN, L. G.; TODESCHINI, M. H.; TREVIZAN, D. M.; JONTE, J.; BOZI, A. H.; BENIN, G. Oil, protein and fatty acid profiles of Brazilian soybean cultivars in multi-environmental trials. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 5, p. 686–698, 2018.

SHIN, E. C.; HWANG, C. E.; LEE, B. W.; KIM, H. T.; KO, J. M.; BAEK, I. Y.; LEE, W. B.; CHOI, J. S.; CHO, E. J.; SEO, W. T. CHO, K. M. Chemometric approach to fatty acid profiles in soybean cultivars by principal component analysis (PCA). **Preventive Nutrition and Food Science**, v. 17, n. 3, p. 184–191, 2012.

VICENTINI-POLETTE, C. M.; RAMOS, P. R.; GONÇALVES, C. B.; DE OLIVEIRA, A. L. Determination of free fatty acids in crude vegetable oil samples obtained by high-pressure processes. **Food Chemistry: X**, v. 12, 2021.