

**Qualidade de farelo e óleo de soja e sua relação com o processamento
industrial: uma revisão de literatura**

***Quality of soybean meal and oil and its relationship with industrial
processing: a literature review***

***Calidad del salvado y el aceite de soja y su relación con el procesamiento
industrial: una revisión bibliográfica***

Luiz Gustavo Farias Vilalva¹

Juliana Rodrigues Donadon²

¹ Luiz Gustavo Farias Vilalva – Graduando em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Atuou como estagiário no laboratório físico-químico da empresa Archer Daniels Midland (ADM), realizando análises de controle de qualidade em óleo e farelo de soja. Email: luiz.farias@ufms.br, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5710-5652>

² Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Mestrado e graduação em Agronomia pela UNESP. Durante o mestrado foi bolsista Capes, e durante o doutorado, bolsista Fapesp, desenvolvendo pesquisas na área de fisiologia e pós- -colheita de frutas. Professora efetiva da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande. E-mail: juliana.donadon@ufms.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3657-2206>

Resumo: O processamento da soja ocupa posição estratégica no agronegócio brasileiro, resultando na produção de óleo e farelo amplamente utilizados pelos setores alimentício, energético e pecuário. A qualidade físico-química desses subprodutos é fundamental para garantir valor nutricional, estabilidade e conformidade com as normas de segurança e comércio. Este estudo teve como objetivo avaliar parâmetros de qualidade do óleo e do farelo de soja e relacioná-los às etapas do processamento industrial e às regulamentações nacionais e internacionais aplicáveis. Foram discutidos os principais pontos críticos do refino do óleo, como acidez, índice de peróxidos, umidade e perdas de compostos bioativos, bem como os parâmetros de avaliação do farelo, incluindo teor de proteína, atividade ureática, fibra e solubilidade proteica, conforme as normas brasileiras de alimentos e produtos destinados à alimentação animal. Também são consideradas exigências internacionais de rastreabilidade e certificação adotadas por mercados importadores. Os resultados evidenciam que o controle de qualidade físico-química é um elemento estratégico para garantir segurança alimentar, desempenho zootécnico e competitividade industrial.

Palavras-chave: Armazenamento; Controle de qualidade; Refino; Contaminantes; Legislação.

Abstract: Soybean processing occupies a strategic position in Brazilian agribusiness, resulting in the production of oil and meal widely used by the food, energy, and livestock sectors. The physical and chemical quality of these by-products is essential to ensure nutritional value, stability, and compliance with safety and trade standards. This study aimed to evaluate the quality parameters of soybean oil and meal and relate them to the stages of industrial processing and applicable national and international regulations. The main critical points of oil refining were discussed, such as acidity, peroxide index, moisture, and losses of bioactive compounds, as well as meal evaluation parameters, including protein content, urease activity, fiber, and protein solubility, in accordance with Brazilian standards for food and animal feed products. International traceability and certification requirements adopted by importing markets are also considered. The results show that physical-chemical quality control is a strategic element in ensuring food safety, zootechnical performance, and industrial competitiveness.

Keywords: Storage; Quality control; Refining; Contaminants; Legislation.

Resumen: El procesamiento de la soja ocupa una posición estratégica en la agroindustria brasileña, dando lugar a la producción de aceite y harina ampliamente utilizados por los sectores alimentario, energético y ganadero. La calidad físico-química de estos subproductos es fundamental para garantizar el valor nutricional, la estabilidad y el cumplimiento de las normas de seguridad y comercio. El objetivo de este estudio fue evaluar los parámetros de calidad del aceite y la harina de soja y relacionarlos con las etapas de la industria de procesamiento y las regulaciones nacionales e internacionales aplicables. Se discutieron los principales puntos críticos del refinado del aceite, como la acidez, el índice de peróxidos, la humedad y las pérdidas de compuestos bioactivos, así como los parámetros de evaluación de la harina, incluyendo el contenido de proteínas, la actividad ureática, la fibra y la solubilidad proteica, de acuerdo con las normas brasileñas para alimentos y productos destinados a la alimentación animal. También se tienen en cuenta los requisitos internacionales de trazabilidad y certificación adoptados por los mercados importadores. Los resultados ponen de manifiesto que el control de la calidad físico-química es un elemento estratégico para garantizar la seguridad alimentaria, el rendimiento zootécnico y la competitividad industrial.

Palabras clave: Almacenamiento; Control de calidad; Refinado; Contaminantes; Legislación.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merr) é uma das culturas agrícolas mais relevantes no cenário global e figura como um dos principais pilares do agronegócio brasileiro. O país ocupa posição de destaque na produção e exportação mundial, contribuindo significativamente para a segurança alimentar e energética em escala internacional. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2024), a safra de 2023/2024 foi estimada em 147,4 milhões de toneladas. Para a safra seguinte, 2024/2025, a produção está projetada em 171,47 milhões de toneladas, e as perspectivas indicam novo aumento para 177,67 milhões de toneladas na safra 2025/2026, representando crescimento de 3,6% (CONAB, 2025). No âmbito regional, o estado de Mato Grosso do Sul desempenha papel estratégico, com produção superior a 11 milhões de toneladas na safra 2023/2024, reforçando a importância da cultura para a economia local (CONAB, 2024).

A expressividade da soja no Brasil não se limita ao grão *in natura*, mas se expande para seus subprodutos, que apresentam ampla gama de aplicações. O óleo de soja, além de ser amplamente consumido como óleo comestível, representa matéria-prima essencial para a indústria alimentícia e para a produção de biodiesel, setor em crescente expansão devido à busca por fontes renováveis de energia. O farelo de soja, caracterizado por seu elevado teor proteico, constitui insumo fundamental para a formulação de rações destinadas à produção animal, contribuindo diretamente para cadeias produtivas como a de carnes, ovos e leite (ABIOVE, 2024). Dessa forma, o processamento da soja sustenta não apenas o setor agrícola, mas também diversas cadeias agroindustriais, gerando impacto direto na balança comercial e na competitividade no mercado internacional (SOUZA et al., 2019).

Nesse contexto, a qualidade físico-química do óleo e do farelo de soja assume papel central. Diferentemente de um atributo estático, essa qualidade é fortemente influenciada pelas condições de processamento industrial, que inclui etapas como recebimento, secagem, armazenamento, extração, refino, dessolventização e tostagem. Cada uma dessas etapas envolve variáveis críticas – como temperatura, tempo de processamento e eficiência na remoção de impurezas – que podem alterar significativamente parâmetros como índice de acidez, índice de peróxidos, teor de proteínas, umidade e atividade ureática (SOUZA et al.,

2019; SEIXAS et al., 2020; FONTES, 2019). Assim, desvios no processo podem comprometer a estabilidade, a segurança e o valor nutricional dos produtos, reduzindo sua aceitabilidade no mercado e impactando negativamente a competitividade da indústria.

No Brasil, o controle de qualidade do óleo e do farelo de soja é regulamentado por legislações específicas. A Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005, estabelece os requisitos de identidade e qualidade para óleos vegetais, fixando limites para índices de acidez e peróxidos (BRASIL, 2005). No entanto, a Instrução Normativa nº 11, de 29 de maio de 2007, define os parâmetros de identidade e qualidade do farelo de soja, com ênfase em aspectos como teor de proteínas, teor de umidade e limites para contaminantes (BRASIL, 2007). O cumprimento dessas normas é indispensável para assegurar que os produtos atendam aos padrões de consumo humano e animal, além de garantir a conformidade para exportação.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão de literatura acerca dos principais parâmetros físico-químicos utilizados na avaliação da qualidade do óleo e do farelo de soja, relacionando-os com as etapas do processamento industrial e com os limites estabelecidos pela legislação brasileira. Ao reunir e analisar criticamente os estudos existentes, pretende-se destacar a importância do controle para o fortalecimento das práticas de monitoramento de qualidade na indústria de processamento de soja, além de identificar lacunas acerca desse importante tema.

2 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma revisão de literatura conduzida com o propósito de reunir, avaliar criticamente e sintetizar evidências científicas e documentos normativos que abordam a relação entre as etapas do processamento industrial da soja e os parâmetros físico-químicos determinantes da qualidade do óleo e do farelo. A revisão integrativa foi escolhida por permitir a combinação de diferentes tipos de estudos e documentos, ampliando a compreensão do fenômeno investigado e possibilitando a identificação de convergências, divergências e lacunas na literatura.

A condução da revisão seguiu as seis etapas propostas por Whitemore e Knafl (2005), iniciando-se com a formulação da pergunta norteadora, avançando para definição das

estratégias de busca, seleção dos estudos, extração e categorização das informações, avaliação crítica do conteúdo e, por fim, a síntese integrativa dos achados.

2.1 Pergunta norteadora

A revisão foi orientada pela seguinte questão: “Como as etapas do processamento industrial da soja influenciam os parâmetros físico-químicos do óleo e do farelo e sua conformidade com as legislações aplicáveis?”

Essa pergunta guiou toda a construção metodológica e serviu como referência para as decisões relativas à seleção e interpretação das evidências.

2.2 Estratégia de busca

A busca bibliográfica foi realizada entre abril e setembro de 2025 nas bases SciELO, Google Scholar, ScienceDirect e Scopus. Paralelamente, foram consultados documentos técnicos e bases institucionais como Anvisa, MAPA, CONAB, além de organizações internacionais relacionadas ao setor oleaginoso. Para a recuperação dos estudos, utilizaram-se descritores em português e inglês combinados com operadores booleanos, permitindo abranger termos referentes ao processamento, à qualidade físico-química, aos derivados da soja e às etapas industriais. Entre os descritores empregados estão: “farelo de soja”, “óleo de soja”, “qualidade físico-química”, “processamento industrial”, “soybean meal”, “soybean oil quality”, “physicochemical analysis”, “degumming”, “desolventizing” e “oil refining”.

2.3 Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos estudos publicados entre 2014 e 2025, escritos em português ou inglês, além de documentos técnicos e legislações oficiais que tratassem direta ou indiretamente dos parâmetros físico-químicos do óleo e do farelo, das etapas do processamento industrial ou dos requisitos normativos aplicáveis. Também foram incluídos trabalhos que apresentassem análises experimentais, revisões sistematizadas ou relatórios institucionais com dados relevantes ao tema. Foram excluídas publicações estritamente

relacionadas ao cultivo agrícola da soja, estudos voltados ao melhoramento genético sem interface com o processamento industrial, trabalhos duplicados e documentos cujo texto completo não estava disponível. Revisões puramente narrativas, sem dados objetivos aplicáveis à análise físico-química, também foram desconsideradas.

2.4 Processo de seleção dos estudos

A seleção dos estudos ocorreu de forma sequencial. Inicialmente, os títulos foram examinados para verificar sua aderência ao tema central. Em seguida, os resumos dos trabalhos potencialmente relevantes foram avaliados para confirmar sua pertinência à pergunta norteadora. Os estudos elegíveis passaram então por leitura integral, ocasião em que foram considerados aspectos relacionados ao delineamento metodológico, ao conteúdo técnico e à aplicabilidade dos dados apresentados. Ao final dessas etapas, 29 estudos foram incluídos na revisão integrativa, correspondentes ao conjunto de referências citadas.

2.5 Extração, categorização e análise dos dados

A extração dos dados dos estudos selecionados foi realizada de forma sistemática, considerando informações relativas ao autor, ano, tipo de estudo, etapas do processamento avaliadas, parâmetros físico-químicos investigados, principais resultados e relação com legislações vigentes. As evidências foram organizadas em categorias temáticas contemplando o processamento do óleo, o processamento do farelo, os parâmetros de qualidade físico-química e os marcos normativos aplicáveis. Posteriormente, os dados foram analisados de modo comparativo e integrativo, permitindo identificar tendências, divergências metodológicas, impactos das diferentes tecnologias de processamento na qualidade final dos produtos e possíveis lacunas na literatura. Essa abordagem favoreceu a construção de uma síntese crítica alinhada aos objetivos da revisão.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 O Processamento Industrial da Soja: da matéria-prima aos subprodutos

A soja (*Glycine max*) é reconhecida como uma das principais commodities agrícolas do mundo, desempenhando papel central no agronegócio global e, especialmente, no brasileiro. O país consolidou-se como o maior produtor e exportador mundial da oleaginosa, sendo responsável por atender parte significativa da demanda de grãos e derivados em mercados como China e União Europeia (ABIOVE, 2024). Em 2023, o Brasil processou aproximadamente 52 milhões de toneladas de soja, resultando em cerca de 41 milhões de toneladas de farelo e 9,9 milhões de toneladas de óleo, destinados tanto ao consumo interno quanto à exportação (ABIOVE, 2024). Esses números evidenciam a relevância estratégica da cadeia da soja, que movimenta setores de alimentos, energia e nutrição animal, além de representar um dos pilares da balança comercial brasileira (MAPA, 2024).

O processamento da soja envolve uma cadeia tecnológica complexa, que abrange desde a recepção do grão até a obtenção de subprodutos com alto valor agregado. Essa sequência de operações não apenas influencia o rendimento industrial, mas também determina a qualidade físico-química final do óleo e do farelo. A eficiência e variáveis envolvidas no processamento impactam diretamente a competitividade dos subprodutos da soja brasileira no mercado internacional, uma vez que parâmetros como teor de proteína, estabilidade oxidativa do óleo e ausência de contaminantes são exigidos por legislações rigorosas e certificações internacionais (SANTOS et al., 2019; SEIXAS et al., 2020).

3.1.1 Etapas Preliminares: Recebimento, Secagem e Armazenamento

A qualidade final dos subprodutos da soja é fortemente dependente das condições de recepção, secagem e armazenamento dos grãos. O teor de umidade é um fator crítico no armazenamento: níveis acima de 13% favorecem o crescimento de fungos, como *Aspergillus* e *Fusarium*, responsáveis pela produção de micotoxinas (aflatoxinas e fumonisinas), que podem comprometer tanto a segurança do farelo destinado à nutrição animal quanto a qualidade do óleo (SOUZA et al., 2019; PEREIRA et al., 2022). Por essa razão, a secagem pós-colheita é conduzida até níveis de 12 a 13%, garantindo maior estabilidade durante o armazenamento (FONTES, 2019).

Além da umidade, o teor de impurezas e a presença de grãos quebrados ou danificados afetam a eficiência do processamento. Grãos com elevado percentual de matérias estranhas demandam maior esforço nas etapas de limpeza, enquanto danos mecânicos aumentam a suscetibilidade à oxidação lipídica, a contaminação microbiológica e à infestação por insetos (SEIXAS et al., 2020). O armazenamento deve ser realizado em unidades que permitam ventilação, controle térmico e proteção contra insetos, assegurando a preservação da matéria-prima até o processamento (SOUZA et al., 2020).

Adicionalmente aos parâmetros físicos, o recebimento constitui a principal barreira sanitária contra contaminantes químicos, uma vez que as etapas subsequentes do processamento não são eficazes na remoção de moléculas termoestáveis presentes no grão. Como demonstrado por Oliveira et al. (2020), a detecção de resíduos de pesticidas em níveis de traços (ppb) exige o emprego de técnicas analíticas de alta sensibilidade, sendo a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência acoplada à Espectrometria de Massas (LC-MS/MS) e a Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (GC-MS) os métodos de referência utilizados na quantificação de glifosato e outros defensivos agrícolas. Estudos como o de Ghadiri et al. (2021) reforçam que essas técnicas são imprescindíveis para avaliar a conformidade da matéria-prima com os Limites Máximos de Resíduos (LMR) estabelecidos tanto pela legislação brasileira quanto por mercados importadores mais restritivos, como a União Europeia. Assim, a análise cromatográfica na recepção, associada a planos de amostragem e à qualificação de fornecedores, permite a segregação e o bloqueio de lotes não conformes antes da entrada no processo industrial, evitando contaminação cruzada nos sistemas de armazenagem.

A etapa de armazenagem ainda apresenta impacto ambiental e econômico. Perdas pós-colheitas devido a má conservação podem chegar a 10% da produção em algumas regiões, representando significativo prejuízo econômico e redução na eficiência da cadeia agroindustrial (FERREIRA et al., 2020).

3.1.2 Preparação e Extração do óleo

Após a recepção e padronização, os grãos passam pela etapa de preparação, que envolve operações de limpeza, quebra, laminação e condicionamento térmico. Essas etapas visam aumentar a área de contato do grão, facilitando a penetração do solvente e otimizando o rendimento do processo extrativo (SILVA; MOURA, 2021). O condicionamento térmico promove a desnaturação parcial das proteínas, favorecendo a difusão do óleo e inativando enzimas como a lipoxigenase, que poderiam comprometer a estabilidade oxidativa do produto (SOUZA et al., 2020).

A extração do óleo é realizada predominantemente por solvente, com o uso de hexano, devido à sua elevada seletividade lipídica, baixo custo e alta eficiência. Esse processo gera duas frações principais: o óleo bruto, destinado às etapas subsequentes de refino, e o farelo desengordurado, que posteriormente passa por dessolventização e tostagem antes de ser utilizado na formulação de rações animais (SEIXAS et al., 2020).

O processo com hexano, entretanto, apresenta desvantagens ambientais e de segurança ocupacional, devido à natureza inflamável e tóxica do solvente. Por isso, avanços tecnológicos vêm sendo estudados, como a extração por dióxido de carbono supercrítico, que dispensa o uso de solventes derivados do petróleo, gerando óleo com menor teor de contaminantes e melhores características sensoriais (PEREIRA et al., 2022). Apesar das vantagens, essa técnica ainda enfrenta desafios econômicos e energéticos para aplicação em larga escala.

Além disso, estudos recentes também destacam o uso de tecnologias emergentes, como a extração assistida por ultrassom e micro-ondas, que podem reduzir o consumo de energia e solventes, contribuindo para a sustentabilidade do setor (COSTA et al., 2020). Para melhor visualização das vantagens e limitações de cada método de extração, apresenta-se o

Quadro 1. Comparação entre métodos de extração de óleo de soja

Método de Extração	Vantagens	Limitações
Extração por Solvente (Hexano)	Alta eficiência de extração; baixo custo; amplamente dominado industrialmente.	Uso de solvente tóxico e inflamável; riscos ocupacionais; impacto ambiental.

CO₂ Supercrítico	Não utiliza solventes derivados do petróleo; óleo de maior pureza; preserva compostos bioativos.	Elevado custo de implantação; alto consumo energético; limitações para escala industrial.
Ultrassom	Reduz tempo de extração; menor consumo de solvente; aumento de rendimento.	Necessidade de equipamentos especializados; ainda em escala experimental.
Micro-ondas	Acelera difusão do óleo; eficiência energética; preservação de nutrientes.	Risco de degradação térmica localizada; ainda pouco viável em grande escala.

Fonte: Adaptado de Pereira et al. (2022); Costa et al. (2020); Seixas et al. (2020).

Apesar das inovações destacadas no *Quadro 1*, a extração por hexano ainda se mantém como o padrão industrial consolidado, em razão de sua elevada eficiência e baixo custo operacional. Entretanto, a busca por alternativas mais seguras e ambientalmente sustentáveis como o uso de CO₂ supercrítico e técnicas assistidas por ultrassom e micro-ondas evidencia uma tendência irreversível de modernização na indústria de óleos vegetais. A adoção em larga escala dessas tecnologias, embora limitada por barreiras econômicas e técnicas, possui potencial para redefinir futuramente os padrões de qualidade, segurança e sustentabilidade no processamento da soja (PEREIRA et al., 2022; COSTA et al., 2020).

3.2 Importância Econômica e Nutricional dos Subprodutos

O processamento da soja é de extrema relevância para o agronegócio brasileiro e mundial, não apenas pelo volume de grãos produzidos, mas principalmente pela geração de subprodutos de alto valor agregado, como o óleo e o farelo. Juntos, esses derivados representam papéis estratégicos nos setores alimentício, energético e pecuário. De acordo com a ABIOVE (2024), aproximadamente 80% da soja processada no Brasil destina-se à produção de farelo, enquanto o óleo responde por cerca de 19%. Em 2023, as exportações brasileiras alcançaram mais de 93 milhões de toneladas de soja em grãos, 20 milhões de toneladas de farelo e 2,1 milhões de toneladas de óleo, consolidando o complexo soja como o principal gerador de divisas do agronegócio nacional (MAPA, 2024).

O farelo de soja destaca-se como um dos ingredientes mais importantes na formulação de rações animais devido ao seu elevado teor proteico, variando entre 46% e 48% de proteína bruta, além de apresentar um perfil de aminoácidos considerado adequado para a nutrição de aves, suínos e bovinos (SEIXAS et al., 2020; FERREIRA et al., 2020). Estudos apontam que a digestibilidade da proteína do farelo de soja é superior à de outros ingredientes proteicos vegetais, o que o torna insumo de alta eficiência na conversão alimentar (SANTOS et al., 2019). Além das proteínas, o farelo contém minerais e fibras que contribuem para o equilíbrio nutricional das dietas animais (SOUZA et al., 2020). Dessa forma, sua utilização não apenas garante ganhos produtivos, mas também reduz custos na cadeia pecuária, reforçando a posição estratégica do Brasil no fornecimento de proteína animal para o mercado global.

A importância do farelo brasileiro ultrapassa o mercado interno, já que grandes importadores, como a União Europeia e a China, são altamente dependentes desse insumo para sustentar seus sistemas intensivos de produção animal. Estima-se que mais de 60% do farelo consumido pela União Europeia seja importado do Brasil e da Argentina, enquanto a China, maior produtora e consumidora de suínos do mundo, importa volumes crescentes para suprir a demanda interna (ABIOVE, 2024; FAO, 2023). Essa interdependência reforça o papel do Brasil como fornecedor global de proteína indireta, uma vez que a qualidade do farelo de soja impacta diretamente a produção de carne, leite e ovos em escala internacional.

O óleo de soja, por sua vez, desempenha papel multifuncional. No setor alimentício, é consumido diretamente como óleo de cozinha ou utilizado como ingrediente em margarinas, maioneses e produtos processados. Do ponto de vista nutricional, é fonte de ácidos graxos poli-insaturados, como o ácido linoleico (ômega-6) e o ácido α -linolênico (ômega-3), além de conter tocoferóis (vitamina E), que exercem ação antioxidante e contribuem para a saúde cardiovascular e para a redução de processos inflamatórios (CARRERA et al., 2016; COSTA et al., 2020). Pesquisas recentes destacam ainda o potencial do óleo de soja na melhora do perfil lipídico sanguíneo e na modulação de marcadores inflamatórios, reforçando seu papel como alternativa saudável a outras fontes lipídicas saturadas (ZHANG et al., 2021; LIU et al., 2022).

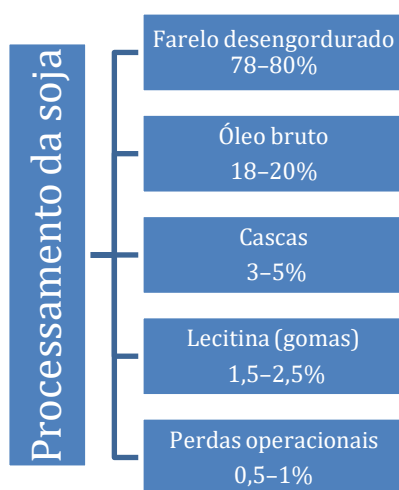
Além do setor alimentício, o óleo de soja tem grande relevância para a matriz energética brasileira, sendo a principal matéria-prima para a produção de biodiesel. Dados da

ANP (2024) indicam que o óleo de soja respondeu por aproximadamente 70% da produção nacional de biodiesel em 2023, evidenciando sua contribuição para a diversificação da matriz energética e para a redução da dependência de combustíveis fósseis. Esse cenário mostra que a soja, além de gerar alimentos, também é peça-chave no desenvolvimento sustentável e na mitigação das mudanças climáticas.

Portanto, os subprodutos da soja exercem dupla função: garantem segurança alimentar, ao fornecer nutrientes essenciais para humanos e animais, e segurança energética, ao sustentar a cadeia de biocombustíveis. Essa relevância econômica e nutricional coloca o Brasil em posição estratégica no mercado global, reforçando a necessidade de assegurar elevados padrões de qualidade físico-química no processamento da soja.

Além da sua importância econômica, o processamento industrial da soja apresenta rendimentos característicos que ilustram a proporção de cada fração obtida a partir do grão. Em média, de 100kg de soja processada, obtêm-se cerca de 78-80% de farelo, 18-20% de óleo bruto, 3-5% de cascas, 1,5-2,5% de gomas (lecitina) (Figura 1) provenientes da degomagem e aproximadamente 0,5-1% de perdas operacionais associadas à umidade e impurezas removidas (FONTES, 2019; CARRAZZA et al., 2012; ABIOVE, 2024). Esses valores podem variar segundo a cultivar e as condições operacionais da unidade industrial, mas apresentam o padrão técnico predominante nas plantas de esmagamento, conforme mostra em valores a figura 1:

Figura 1 – Diagrama do rendimento das frações obtidas no processamento da soja



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Fontes (2019) e ABIOVE (2024).

3.3 O Controle de Qualidade Físico-Químico na Indústria de Óleos e Farelos Vegetais

O controle de qualidade físico-químico na indústria de óleos e farelos vegetais constitui etapa essencial para assegurar a conformidade dos produtos com a legislação vigente e atender às exigências de consumidores e mercados internacionais. O processamento da soja, ao envolver múltiplas etapas de extração, refino, dessolventização e tostagem, pode alterar significativamente a composição e as propriedades dos subprodutos. Assim, análises laboratoriais periódicas tornam-se indispensáveis para garantir a estabilidade, a segurança e o valor nutricional final dos produtos (SOUZA et al., 2020).

No caso do óleo de soja, os parâmetros físico-químicos de maior relevância incluem o índice de acidez, o índice de peróxidos, a cor, a umidade e a matéria volátil. Tais variáveis permitem avaliar desde a presença de ácidos graxos livres, resultantes da hidrólise lipídica, até a ocorrência de processos oxidativos que comprometem a estabilidade do produto (CARRERA et al., 2016). Já para o farelo de soja, os parâmetros mais utilizados são o teor de proteína, de fibras e de umidade, bem como a atividade ureática e a solubilidade proteica. Esses indicadores refletem a eficiência do processamento, em especial da tostagem, e permitem avaliar se os fatores antinutricionais foram inativados de forma adequada sem comprometer a qualidade da proteína (FERREIRA et al., 2020).

Com o intuito de sistematizar as exigências normativas e seus reflexos práticos, o Quadro 2 apresenta os principais parâmetros físico-químicos aplicáveis ao óleo e ao farelo de soja, destacando seus limites legais, impactos tecnológicos e métodos analíticos de referência.

Quadro 2 – Principais parâmetros físico-químicos do óleo e do farelo de soja: valores legais, impactos tecnológicos/nutricionais e métodos analíticos

Produto	Parâmetro	Valor Legal (Brasil)	Impacto Tecnológico/Nutricional	Método Analítico Padrão
---------	-----------	----------------------	---------------------------------	-------------------------

Óleo de soja	Índice de acidez	máx. 0,6 mg KOH/g (RDC nº 270/2005 – ANVISA)	Estabilidade do óleo; sabor; segurança alimentar	Titulação ácido-base
	Índice de peróxidos	máx. 10 meq O ₂ /kg (RDC nº 270/2005 – ANVISA)	Indica oxidação inicial; rancificação	Iodometria (AOAC)
	Umidade e voláteis	máx. 0,1% (RDC nº 270/2005 – ANVISA)	Crescimento microbiano; estabilidade	Estufa a 105 °C
	Impurezas insolúveis	máx. 0,05%	Pureza do óleo; segurança industrial	Filtração e pesagem
	Cor	Não definido (relevância comercial)	Aceitação do consumidor	Escala Lovibond/Hunter
Farelo de soja	Proteína bruta	mín. 46% (IN nº 11/2007 – MAPA)	Valor proteico; desempenho animal	Kjeldahl/Dumas
	Umidade	máx. 12% (IN nº 11/2007 – MAPA)	Risco de fungos e micotoxinas	Estufa a 105 °C
	Fibra bruta	máx. 6% (IN nº 11/2007 – MAPA)	Digestibilidade da dieta	Método Weende
	Atividade ureática	0,05 – 0,30 ΔpH (IN nº 11/2007 - MAPA)	Indica eficiência da tostagem; segurança nutricional	Teste de urease (AOCS)
	Solubilidade proteica (KOH)	70–85% (mercado internacional)	Digestibilidade proteica; avaliação de dano térmico	Solubilidade em KOH

Fonte: ANVISA (2005); MAPA (2007); Souza et al. (2020); Ferreira et al. (2020); Carrera et al. (2016).

Como pode ser observado no Quadro 2, esses parâmetros representam não apenas exigências normativas, mas também critérios técnicos que impactam diretamente a qualidade

final do óleo e do farelo de soja. Além da função regulatória, o controle físico-químico desempenha papel estratégico na competitividade internacional do Brasil. Países importadores, como a União Europeia e a China, exigem certificações de qualidade e rastreabilidade dos subprodutos da soja. Dessa forma, a padronização das análises físico-químicas possibilita maior inserção do Brasil no comércio global, ao mesmo tempo em que reduz perdas industriais decorrentes de lotes fora de especificação (SANTOS et al., 2019; ABIOVE, 2024).

Outro aspecto fundamental refere-se à rastreabilidade e certificações internacionais, que se consolidaram como barreiras não tarifárias de acesso a mercados. Padrões como a ISO 22000 (gestão de segurança de alimentos), o esquema de certificação GMP+ FSA (Feed Safety Assurance) – gerenciado pela GMP+ International e amplamente exigido na Europa -, FSSC 22000 (certificação global em segurança de alimentos) e a RTRS – Round Table on Responsible Soy (certificação específica para soja sustentável) são exemplos de requisitos crescentes em mercados importadores. Essas certificações garantem não apenas conformidade com requisitos de qualidade e segurança, mas também aspectos socioambientais, cada vez mais valorizados por consumidores e reguladores internacionais.

Portanto, o controle de qualidade físico-químico não deve ser visto apenas como requisito normativo, mas como elemento fundamental para garantir segurança alimentar, eficiência industrial e competitividade mercadológica. Sua integração com os processos de produção assegura que o óleo e o farelo de soja mantenham suas características nutricionais e tecnológicas, atendendo às exigências da legislação brasileira e dos padrões internacionais de comércio.

3.3.1 O Processo de Refino e seu Impacto nos Parâmetros de Qualidade do Óleo de Soja

O refino do óleo de soja é uma etapa fundamental do processamento industrial, responsável por remover impurezas e componentes indesejáveis que afetam a qualidade físico-química, sensorial e nutricional do produto final. O óleo bruto obtido após a extração por solvente apresenta elevada acidez e conteúdos significativos de fosfolipídeos, pigmentos, ceras e compostos voláteis, tornando-o impróprio para consumo direto. Assim, o refino é estruturado em quatro etapas principais: degomagem, neutralização, branqueamento e desodorização, cada uma com funções específicas (SOUZA et al., 2020; CARRERA et al., 2016).

Na degomagem, são removidos os fosfolipídeos e parte dos metais traços por meio da adição de água ou soluções ácidas. A presença dessas substâncias está associada à formação de gomas, instabilidade oxidativa e escurecimento do óleo, além de prejudicar etapas subsequentes (SILVA et al., 2019). Estudos clássicos, como o de Soares (2004), demonstram que a eficiência dessa etapa depende tanto do tipo de agente degomante quanto das condições operacionais, influenciando diretamente a pureza da lecitina e o rendimento global do refino.

A neutralização consiste na adição de solução alcalina, geralmente hidróxido de sódio, com o objetivo de neutralizar os ácidos graxos livres (AGL), reduzindo o índice de acidez, um dos principais indicadores da qualidade do óleo. A diminuição da acidez é essencial para garantir estabilidade durante o armazenamento e segurança no consumo (BRASIL, 2005).

Na etapa de branqueamento, utilizam-se adsorventes, como terras clarificantes e carvão ativado, para remover pigmentos (clorofilas e carotenoides), produtos de oxidação e resíduos de sabões formados na neutralização. Essa etapa afeta diretamente a cor e a pureza do óleo, atributos determinantes para a aceitação comercial e atendimento a especificações técnicas (FERREIRA et al., 2020).

Por fim, a desodorização é realizada em condições de vácuo, com injeção de vapor e temperaturas elevadas, promovendo a remoção de compostos voláteis (aldeídos, cetonas e peróxidos) responsáveis por odores e sabores indesejáveis (COSTA et al., 2020). No entanto, o refino pode acarretar perdas de compostos bioativos, como tocoferóis e fitoesteróis, reconhecidos por sua ação antioxidante. Pesquisas recentes indicam que ajustes controlados de temperatura e tempo na desodorização, bem como o uso de tecnologias mais brandas, podem minimizar tais perdas, preservando o valor nutricional sem comprometer a estabilidade do produto (ZHANG et al., 2021; LIU et al., 2022).

Além dos parâmetros físico-químicos convencionais, estudos recentes têm destacado o papel das etapas de refino na mitigação parcial de contaminantes químicos. Ghadiri et al. (2021) demonstram que processos como o branqueamento e, especialmente, a desodorização podem reduzir resíduos de pesticidas lipofílicos presentes no óleo bruto devido à combinação de altas temperaturas e condições de vácuo. Entretanto, Li et al. (2019) enfatizam que essa remoção é incidental, uma vez que o refino não foi projetado para eliminar defensivos agrícolas, sobretudo aqueles termooestáveis ou de baixa volatilidade. Dessa forma, embora o óleo refinado apresente maior segurança toxicológica que o óleo bruto, o controle efetivo de resíduos depende majoritariamente da qualidade do grão recebido, garantindo conformidade com limites internacionais.

Assim, o refino configura um equilíbrio entre a eliminação de compostos indesejáveis e a preservação do valor nutricional e funcional do óleo, atendendo às exigências da RDC nº 270/2005 da ANVISA e consolidando o óleo de soja como uma das principais fontes lipídicas do mercado mundial.

3.3.2 Parâmetros de Controle e Legislação do Óleo de Soja

O controle de qualidade físico-químico do óleo de soja é regulamentado no Brasil pela Resolução RDC nº 270/2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que estabelece os padrões de identidade e qualidade para óleos e gorduras vegetais destinados ao consumo humano. Esses parâmetros são fundamentais para assegurar a segurança alimentar, a estabilidade oxidativa e a aceitação sensorial do produto, além de garantir a conformidade com padrões internacionais de comércio (ANVISA, 2005).

O índice de acidez é um dos principais parâmetros avaliados e está relacionado à presença de ácidos graxos livres (AGL) resultantes da hidrólise dos triglicerídeos. Valores elevados indicam degradação do óleo e comprometem sua estabilidade, podendo acelerar reações oxidativas. A RDC nº 270/2005 estabelece como limite máximo para óleos refinados 0,6 mg KOH/g. A determinação é realizada por titulação ácido-base com solução de hidróxido de potássio (KOH), metodologia oficializada por compêndios internacionais como AOCS e AOAC (COSTA et al., 2020).

Outro parâmetro de destaque é o índice de peróxidos, que avalia a concentração de peróxidos formados durante a oxidação lipídica. Valores elevados indicam rancidez inicial e perda de qualidade nutricional. O limite máximo permitido para óleos refinados é de 10 meq O₂/kg, segundo a RDC nº 270/2005. Esse parâmetro é geralmente determinado por titulação iodométrica, conforme métodos oficiais da AOCS (CARRERA et al., 2016).

A umidade e matéria volátil também são monitoradas, com limite máximo de 0,1%. Esse parâmetro é essencial para evitar o crescimento microbiano e acelerar reações indesejáveis de degradação. A determinação é realizada por secagem em estufa a 105 °C até peso constante, metodologia padronizada em laboratórios de controle de qualidade (SOUZA et al., 2020).

O parâmetro de cor, embora não esteja diretamente relacionado à segurança, influencia fortemente a aceitação do óleo pelo consumidor. Pigmentos como clorofila e carotenóides são removidos principalmente na etapa de branqueamento, resultando em um óleo de coloração clara, transparente e dentro dos padrões comerciais. A medição é realizada por colorimetria, utilizando escalas padronizadas, como a Lovibond ou HunterLab (FERREIRA et al., 2020).

Além desses indicadores, a legislação também prevê limites para impurezas insolúveis (máx. 0,05%), analisadas por filtração e pesagem, e determina que o óleo não deve apresentar sabor ou odor desagradável. Esses atributos são assegurados pelas etapas de degomagem e desodorização, respectivamente (ANVISA, 2005; SANTOS et al., 2019).

Em síntese, os parâmetros de controle estabelecidos pela legislação brasileira não apenas garantem a qualidade e segurança do óleo de soja, mas também orientam a indústria quanto à eficiência de seus processos de refino. O atendimento rigoroso a esses padrões é condição indispensável para a inserção do Brasil nos mercados internacionais, especialmente na exportação de derivados da soja para países com exigências normativas rigorosas.

3.4 Qualidade Físico-Química do Farelo de Soja

O farelo de soja é considerado o principal coproduto da indústria de esmagamento da oleaginosa, representando cerca de 80% da massa total obtida após a extração do óleo (ABIOVE, 2024). Sua importância econômica está diretamente associada ao fato de ser a principal fonte proteica vegetal utilizada em dietas animais em todo o mundo, devido à elevada concentração de proteína bruta, perfil equilibrado de aminoácidos e boa digestibilidade. Do ponto de vista físico-químico, a qualidade do farelo depende de forma crítica dos tratamentos aplicados no processamento industrial e do atendimento aos parâmetros definidos pela legislação brasileira e internacional.

3.4.1 Tratamentos Pós-Extração (Dessolventização e Tostagem)

Após a extração do óleo com solvente (geralmente hexano), o farelo apresenta resíduos dessa substância, tornando-o impróprio para uso imediato na nutrição animal. Para garantir a segurança do produto, o farelo é submetido à dessolventização em equipamentos do tipo dessolventizador-tostador (DT). O processo utiliza vapor superaquecido para volatilizar e remover o solvente, assegurando que o farelo atenda aos limites estabelecidos por legislações nacionais e internacionais (FERREIRA et al., 2020).

Além da remoção de solventes, o DT atua como trocador térmico, preparando o material para a etapa de tostagem. Essa etapa é responsável pela inativação de fatores antinutricionais naturalmente presentes na soja, como inibidores de tripsina, lectinas e urease, compostos que comprometem a digestibilidade e podem causar distúrbios gastrointestinais em monogástricos (SANTOS et al., 2019). O controle da tostagem é desafiador: temperaturas insuficientes resultam em elevada atividade ureática residual, enquanto temperaturas excessivas desencadeiam reações de Maillard, reduzindo a disponibilidade de aminoácidos essenciais como a lisina (SEIXAS et al., 2020).

Na prática zootécnica, essas variações são observadas diretamente no desempenho animal. Frangos alimentados com farelo insuficientemente tostado demonstram pior conversão alimentar e aumento da excreção de nitrogênio, enquanto farelos supertostados apresentam redução da digestibilidade proteica, comprometendo o ganho de peso (CARRERA et al., 2016; SOUZA et al., 2020).

Do ponto de vista analítico, a atividade ureática constitui o principal indicador da eficiência da tostagem. Valores acima de 0,30 Δ pH indicam subaquecimento e presença de urease ativa, enquanto valores abaixo de 0,05 Δ pH sugerem dano térmico. O intervalo considerado ideal varia entre 0,05 e 0,30 Δ pH, garantindo a inativação dos fatores antinutricionais e preservando a qualidade proteica (SOUZA et al., 2020). Complementarmente, a solubilidade proteica em KOH é utilizada para avaliar o efeito térmico sobre as proteínas, sendo desejáveis valores entre 70% e 85% (FERREIRA et al., 2020).

No que se refere à segurança química, o farelo de soja apresenta particular sensibilidade à retenção de defensivos agrícolas, especialmente o glifosato, amplamente

utilizado no cultivo brasileiro. Oliveira et al. (2020) demonstram que, devido ao seu caráter altamente hidrofílico, o glifosato permanece concentrado na fração proteica mesmo após a extração com hexano, não migrando para o óleo. Além disso, as temperaturas típicas da dessolventização e da tostagem (100–110 °C) são insuficientes para sua degradação. Estudos como os de Soliman et al. (2018) indicam que moléculas termoestáveis, como o glifosato, necessitariam temperaturas superiores a 200 °C para sofrerem degradação significativa, o que tornaria o farelo nutricionalmente inviável. Assim, o processamento industrial não atua como barreira eficaz, tornando essencial o controle preliminar realizado na recepção, por meio de análises cromatográficas de alta sensibilidade, conforme discutido na seção 3.1.1.

Diante desse cenário de persistência de resíduos, o monitoramento governamental torna-se uma ferramenta estratégica de controle. No Brasil, o MAPA executa o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC). A divulgação de resultados, como os apresentados na Portaria nº 267, de 11 de dezembro de 2019, evidencia a fiscalização ativa sobre a cadeia da soja e do farelo, identificando violações de Limites Máximos de Resíduos (LMR) e acionando investigações de campo para rastrear a origem das não conformidades. Esses dados oficiais corroboram a necessidade de integração entre o processamento industrial e a fiscalização sanitária para garantir a segurança do alimento ofertado (BRASIL, 2019).

Por fim, embora óleo e farelo constituam os principais produtos do processamento, outros derivados possuem importância tecnológica e comercial. A lecitina, obtida majoritariamente durante a degomagem, é amplamente utilizada como emulsificante nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética. A proteína texturizada de soja (PTS) e a proteína isolada de soja (PIS), obtidas a partir do farelo desengordurado, são empregadas na formulação de produtos cárneos e análogos vegetais. Já o leite de soja, produzido por extração aquosa, é um importante alimento alternativo. Embora não constituam o foco central desta revisão, tais derivados evidenciam a multiplicidade de aplicações da soja e reforçam a importância do controle de qualidade em toda a cadeia produtiva.

3.4.2 Parâmetros de Controle e Legislação (IN nº 11/2007)

No Brasil, a Instrução Normativa nº 11/2007 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabelece os padrões oficiais de identidade e qualidade do farelo de

soja destinado à alimentação animal. Os principais parâmetros físico-químicos exigidos incluem teor mínimo de proteína bruta de 46% na base seca, umidade máxima de 12%, fibra bruta máxima de 6% e atividade ureática entre 0,05 e 0,30 ΔpH. Esses limites asseguram a padronização da qualidade e evitam variações que possam comprometer o desempenho animal (MAPA, 2007).

Em nível internacional, no entanto, existem diferenças relevantes. A NOPA (National Oilseed Processors Association, EUA) estabelece padrões similares de proteína (mínimo de 47,5% em base seca) e limites de fibra e umidade próximos aos adotados no Brasil, porém com maior rigor em testes de digestibilidade proteica (NOPA, 2024). Já na União Europeia, regulamentos associados ao *Feed Materials Register* exigem não apenas parâmetros físico-químicos clássicos, mas também monitoramento sistemático de micotoxinas e resíduos de solventes, refletindo preocupações crescentes com segurança alimentar (EUROPEAN COMMISSION, 2022).

Essa comparação evidencia que, embora a legislação brasileira (IN nº 11/2007) assegure qualidade mínima, os mercados internacionais apresentam exigências adicionais, especialmente quanto a resíduos químicos e contaminantes. Indústrias exportadoras brasileiras, portanto, frequentemente precisam atender a padrões mais restritivos para garantir acesso e competitividade em mercados premium, como União Europeia e China. Assim, o controle de qualidade físico-químico do farelo de soja não deve ser visto apenas como requisito normativo interno, mas como um fator estratégico para a inserção do Brasil nas cadeias globais de proteína animal.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho sistematizou e analisou criticamente os principais aspectos relacionados à qualidade físico-química do óleo e do farelo de soja, destacando o impacto direto das etapas de processamento industrial sobre os parâmetros de identidade e qualidade definidos pela legislação brasileira e internacional. Constatou-se que, desde o recebimento dos grãos até as etapas finais de refino e tostagem, variações operacionais podem comprometer a estabilidade, a segurança e o valor nutricional dos produtos.

No caso do óleo de soja, o refino é indispensável para atender aos padrões da RDC nº 270/2005 da ANVISA, assegurando limites aceitáveis de acidez, peróxidos e umidade. Contudo, essa etapa acarreta a perda parcial de compostos bioativos, como tocoferóis e fitoesteróis, indicando a necessidade de melhorias tecnológicas que minimizem tais perdas. Para o farelo de soja, a tostagem configura-se como ponto crítico, uma vez que o equilíbrio entre a inativação de fatores antinutricionais e a preservação da proteína determina a digestibilidade animal e o desempenho produtivo.

Sob a ótica econômica e estratégica, o óleo e o farelo de soja consolidam-se como pilares do agronegócio brasileiro. O óleo abastece a indústria alimentícia e é a principal matéria-prima para a produção de biodiesel, enquanto o farelo é insumo fundamental para a formulação de rações, especialmente em países importadores como União Europeia e China. Nesse contexto, o rigor no controle físico-químico, aliado à adoção de certificações internacionais (como GMP+, FSSC 22000 e RTRS), torna-se determinante para garantir a competitividade do Brasil em mercados altamente exigentes.

Apesar dos avanços, persistem lacunas na literatura científica. Faltam estudos de maior escala que comparam métodos de extração convencionais e emergentes (hexano, CO₂ supercrítico, ultrassom, micro-ondas) sob a ótica da eficiência industrial e da preservação de compostos bioativos. Da mesma forma, ainda são escassas pesquisas sobre a adaptação do farelo brasileiro aos padrões internacionais mais restritivos, especialmente em relação ao controle de micotoxinas e resíduos de solventes.

Em síntese, conclui-se que a qualidade físico-química do óleo e do farelo de soja depende de um controle rigoroso em todas as etapas do processamento. Mais do que atender à legislação nacional, esse controle representa um fator estratégico para assegurar alimentos e insumos de alto valor agregado, permitindo ao Brasil consolidar sua liderança no mercado global de soja de forma competitiva e sustentável.

REFERÊNCIAS

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. Relatório Anual 2024. Brasília: ABIOVE, 2024.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Anuário Estatístico de Biocombustíveis 2024. Brasília: ANP, 2024.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 11, de 29 de maio de 2007. Estabelece os requisitos de identidade e qualidade do farelo de soja. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 267, de 11 de dezembro de 2019. Publica os resultados do Programa Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 251, p. 6, 30 dez. 2019.

CARRAZZA, L.R; SILVA, M. L.; ÁVILA, J. C. Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto do Babaçu. 2. ed. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). Brasília - DF. p.68. 2012.

CARRERA, C. S. et al. Composition of soybean seeds and their relationship with oil and protein content. **Food Chemistry**, v. 211, p. 48–55, 2016.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2023/2024 – 12º levantamento. Brasília: CONAB, 2024.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Perspectivas da Conab aponta para uma produção de grãos na safra 2025/26 de 353,8 milhões de toneladas. Brasília: CONAB, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias/201cperspectivas201d-da-conab-aponta-para-uma-producao-de-graos-na-safra-2025-26-de-353-8-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 19 set. 2025.

COSTA, M. A. F. et al. Perfil lipídico do óleo de soja e benefícios para a saúde humana. **Revista Brasileira de Nutrição Funcional**, v. 18, n. 3, p. 55–63, 2020.

DING, X.; FENG, H.; WANG, L. The effect of the deodorization process on beneficial trace components in soybean oil and rapeseed oil. **International Journal of Food Science and Technology**, 2025. (Artigo aceito para publicação).

EKE-EJIOFOR, J.; BELEYA, E.A.; ALLEN, J.E. Effect of Variety on the Quality Parameters of Crude Soybean Oil. **American Journal of Food Science and Technology**, v. 9, n. 3, p. 69-75, 2021.

FEFAC – European Feed Manufacturers’ Federation. *FEFAC Soy Sourcing Guidelines 2023*. Brussels: FEFAC, 2023. Disponível em: https://fefac.eu/wp-content/uploads/2024/04/Web_FEFAC-SSGuidelines_2023Final.pdf. Acesso em: 19 set. 2025.

FERREIRA, M. A. et al. Farelo de soja na alimentação de ruminantes: composição e valor nutricional. **Revista de Zootecnia Brasileira**, v. 49, p. 1–12, 2020.

FONTES, A. V. Processo de industrialização da soja no Brasil. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2019.

GHADIRI, M. et al. The impact of industrial edible oil refining processes on pesticide residues. **Food Chemistry**, v. 342, p. 128-157, 2021.

GMP+ International. *Appendix MI 5.6 – Production and Trade of Responsible Feed*. The Hague: GMP+ International, 2024. Disponível em: <https://www.gmpplus.org/media/e5qbg3zc/53fa97ef-4374-32b9-466f-ac4b40f6c871-en.pdf>. Acesso em: 19 set. 2025.

KODIROV, Z. Z.; MAMADJANOVA, I. R.; KHUSANOVA, N. S. Study of the process of sample refining and deodorization of sunflower and soybean oils. **Innovative Technologica: Methodical Research Journal**, v. 2, n. 12, p. 8-15, 2021.

LI, Z. et al. The fate of pesticide residues during food processing: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 59, n. 23, p. 1-20, 2019.

LIU, C. et al. Effects of roasting treatment on the flavor and quality of soybean oil. **LWT – Food Science and Technology**, v. 154, p. 112839, 2022.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Balança comercial do agronegócio 2023. Brasília: MAPA, 2024.

MARTIN-RUBIO, A. S.; SOPELANA, P.; GUILLÉN, M. D. Assessment of Soybean Oil Oxidative Stability from Rapid Analysis of its Minor Component Profile. **Molecules**, v. 25, n. 20, p. 4860, 2020.

MOSENTHIN, R. et al. Effect of the desolventizing/toasting process on chemical composition and protein quality of rapeseed meal. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 7, n. 36, 2016.

NAVICHA, W. B. et al. Effect of Roasting Temperatures and Times on Test Parameters Used in Determination of Adequacy of Soybean Processing. **Advance Journal of Food Science and Technology**, v. 13, n. 1, p. 22-28, 2017.

NOPA. *Trading Rules for the Purchase and Sale of Soybean Meal and Soybean Oil*. National Oilseed Processors Association, 2024. Disponível em: <https://www.nopa.org/resources/trading-rules/>. Acesso em: 19 set. 2025.

OLIVEIRA, F.A. et al. Determinação de resíduos de agrotóxico em soja e derivados comerciais produzidos no Brasil. **Food Additives & Contaminants: Part B**, v. 13, n. 3, p. 221-230, 2020.

OLIVEIRA, M. A. et al. Índice de acidez titulável dos grãos de soja colhidos nas safras 2015/2016 e 2016/17 no Brasil. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2018, Goiânia. Anais... Goiânia, 2018.

OUROS, C. C. et al. Possibility of use of residue from the purification of soybean oil (soybean gum) in commercial poultry feeding: a review. **Veterinária e Zootecnia**, v. 32, p. 1-12, 2025.

PEREIRA, R. C.; OLIVEIRA, F. L.; SANTOS, M. J. Extração de óleo de soja por CO₂ supercrítico: avanços e desafios. **Revista Brasileira de Engenharia Química**, v. 39, n. 2, p. 221-235, 2022.

RTRS – Round Table on Responsible Soy. RTRS Standard for Responsible Soy Production. Buenos Aires: RTRS, 2024. Disponível em: <https://responsiblesoy.org/certificacion?lang=en>. Acesso em: 19 set. 2025.

RUIZ ARIAS, N. C. Nutritional evaluation by growing pigs of five sources of full-fat soybeans grown in different geographical regions in the United States. 2024. Thesis (Master of Science in Nutritional Sciences) - University of Illinois Urbana-Champaign, Urbana, 2024.

SANTOS, G. T. et al. Digestibilidade da proteína do farelo de soja em sistemas de produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, p. 1–11, 2019.

SEIXAS, R. et al. Aspectos tecnológicos no processamento de farelo de soja. **Revista de Engenharia Agrícola**, v. 40, n. 2, p. 213–225, 2020.

SILVA, J. P.; MOURA, L. C. Efeitos da laminação e condicionamento na eficiência da extração de óleo de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 41, p. 1–9, 2021.

SOARES, M. da S. Processamento de óleo de soja utilizando ultrafiltração em miscela na etapa de degomagem e na obtenção de lecitina. 2004. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SOLIMAN, K. M.; EL-SHAZLY, A. N.; ABDEL-RAHEEM, W.H. Thermal stability and degradation of pesticide residues in food processing: A review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, p. 4362-4370, 2018.

SOUZA, A. et al. Qualidade físico-química de produtos derivados da soja. **Revista Brasileira de Produtos de Soja**, 2019.

SOUZA, M. O. de; BACCHI, M. R. P.; ALVES, L. R. A. Análise de fatores que influenciam o processamento de soja no Brasil. **Revista de Economia e Agronegócio**, Piracicaba, v. 17, n. 3, p. 486-493, 2019.

SOUZA, M. O. de; BACCHI, M. R. P.; ALVES, L. R. A.; SILVA, F. R. Tecnologias de produção de soja: uma análise das principais etapas. Londrina: Embrapa Soja, 2020.

WHITTEMORE, R.; KNAFL, K. The integrative review: updated methodology. **Journal of Advanced Nursing**, v. 52, n. 5, p. 546-553, 2005

WORLD FLORA ONLINE. Glycine max (L.) Merr. Disponível em:
<https://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000183333>. Acesso em: 29 nov. 2025.

WU, Y. et al. The effect of refining process on the physicochemical properties and micronutrients of rapeseed oils. **PLoS ONE**, v. 14, n. 3, p. e0212879, 2019.

ZHANG, Q. et al. Moderate edible oil refining: state-of-the-art in China. **Trends in Food Science & Technology**, v. 108, p. 304-316, 2021.