REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

AUTENTICAÇÃO DE AZEITES DE OLIVA POR ESPECTROSCOPIA, QUIMIOMETRIA E APRENDIZADO DE MÁQUINA: MAPEAMENTO CIENCIOMÉTRICO E DISCUSSÃO METODOLÓGICA CRÍTICA (2010–2025)

OLIVE OIL AUTHENTICATION BY SPECTROSCOPY, CHEMOMETRICS AND MACHINE LEARNING: SCIENTOMETRIC MAPPING AND CRITICAL METHODOLOGICAL DISCUSSION (2010–2025)

AUTENTICACIÓN DE ACEITES DE OLIVA MEDIANTE ESPECTROSCOPÍA, QUIMIOMETRÍA Y APRENDIZAJE AUTOMÁTICO: MAPEO CIENCIOMÉTRICO Y DISCUSIÓN METODOLÓGICA CRÍTICA (2010–2025)

Dra Poliany de Oliveira Barbosa*
Doutora, Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil
E-mail: polianybarbosa@gmail.com

Dra Lucimara Venial Ribeiro
Doutora, Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil
E-mail: lucimara.venial@ufes.br

Ma Flaviane Mendonça Ambrozim
Mestra, Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil
E-mail: flaviane.ambrozim@ufes.br

Pedro Henrique Fisher Ferreira
Mestrando, Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil
E-mail: pedrohfischerf@gmail.com

Profa Dra Maria de Fátima Pereira dos Santos
Professora doutora, Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil
E-mail: maria.f.santos@ufes.br

Profa Dra Maristela de Araújo Vicente
Professora doutora, Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil
E-mail: maristela.vicente@ufes.br
*Autora correspondente.

Resumo

A autenticação de azeites de oliva exige distinguir alterações associadas à fraude de variações legítimas decorrentes de origem, cultivar, safra, processamento e armazenamento. Para caracterizar a recorrência de técnicas e métodos mencionados na literatura, este estudo realizou um mapeamento cienciométrico integrado a uma discussão metodológica crítica narrativa sobre autenticação, adulteração e classificação de azeites por técnicas espectroscópicas associadas à quimiometria e ao aprendizado de máquina. As buscas foram conduzidas na Scopus e na Web of Science Core Collection,

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

abrangendo publicações de 2010 a 2025, e o processo de seleção foi reportado com base no PRISMA 2020. Após deduplicação, triagem e aplicação dos critérios de elegibilidade, 414 artigos compuseram o corpus final. A produção científica aumentou a partir de 2015, atingiu seu maior valor em 2021 e voltou a crescer em 2025. Considerando o país do autor correspondente, Itália (2.465), Espanha (2.127) e China (1.810) apresentaram os maiores totais de citações, enquanto a produção institucional foi liderada pela Universidade Gadjah Mada (23 artigos), seguida pela Universidade de Bolonha (20), Universiti Putra Malaysia e Universidade de Granada (17 cada) e Universidad de Córdoba (16). NIR/FT-NIR (121 artigos; 29,2%) e FTIR/ATR-FTIR (116; 28,0%) foram as técnicas mais mencionadas, enquanto PCA (152; 36,7%), PLS/PLSR (109; 26,3%), PLS-DA (79; 19,1%) e SVM (57; 13,8%) foram os métodos mais mencionados. A estrutura temática concentrou-se em *adulteration*, *authentication* e *chemometrics*, acompanhada pela diversificação de algoritmos e estratégias de integração de dados. Ressalta-se que frequência de ocorrência no corpus, número de citações e elevado desempenho interno não estabelecem, por si sós, validade analítica ou superioridade metodológica. Representatividade amostral, independência entre treinamento e teste, interpretação química e validação em amostras independentes são condições centrais para avaliar a generalização dos modelos. Conclui-se que o avanço da área depende da combinação entre rapidez instrumental e desenhos experimentais reprodutíveis, transparentes e compatíveis com a variabilidade real da cadeia oleícola.
Palavras-chave: autenticidade de alimentos; azeite de oliva extravirgem; espectroscopia; quimiometria; aprendizado de máquina.

Abstract

Authentication of olive oils requires distinguishing changes associated with fraud from legitimate variations arising from origin, cultivar, harvest year, processing, and storage. To characterize the recurrence of techniques and methods mentioned in the literature, this study conducted a scientometric mapping integrated with a critical narrative methodological discussion of olive oil authentication, adulteration, and classification using spectroscopic techniques coupled with chemometrics and machine learning. Searches were conducted in Scopus and the Web of Science Core Collection, covering publications from 2010 to 2025, and the selection process was reported according to PRISMA 2020. After deduplication, screening, and application of the eligibility criteria, 414 articles comprised the final corpus. Scientific production increased from 2015 onward, reached its highest level in 2021, and increased again in 2025. Considering the country of the corresponding author, Italy (2,465), Spain (2,127), and China (1,810) had the highest total citation counts, whereas institutional production was led by Universitas Gadjah Mada (23 articles), followed by the University of Bologna (20), Universiti Putra Malaysia and the University of Granada (17 each), and the University of Córdoba (16). NIR/FT-NIR (121 articles; 29.2%) and FTIR/ATR-FTIR (116; 28.0%) were the most frequently mentioned techniques, whereas PCA (152; 36.7%), PLS/PLSR (109; 26.3%), PLS-DA (79; 19.1%), and SVM (57; 13.8%) were the most frequently mentioned methods. The thematic structure was centered on *adulteration*, *authentication*, and *chemometrics*, accompanied by diversification of algorithms and data-integration strategies. Importantly, frequency of occurrence in the corpus, citation counts, and high internal performance do not, by themselves, establish analytical validity or methodological superiority. Sample representativeness, independence between training and test sets, chemical interpretability, and validation using independent samples are central conditions for assessing model generalizability. We conclude that progress in the field depends on combining instrumental rapidity with reproducible and transparent experimental designs that account for the actual variability of the olive oil production chain.
Keywords: food authenticity; extra virgin olive oil; spectroscopy; chemometrics; machine learning.

Resumen

La autenticación de los aceites de oliva requiere distinguir las alteraciones asociadas con el fraude de las variaciones legítimas derivadas del origen, el cultivar, la campaña, el procesamiento y el almacenamiento. Para caracterizar la recurrencia de técnicas y métodos mencionados en la literatura, este estudio realizó un mapeo cienciométrico integrado con una discusión metodológica narrativa crítica de la literatura sobre autenticación, adulteración y clasificación de aceites de oliva mediante técnicas espectroscópicas asociadas con la quimiometría y el aprendizaje automático. Las búsquedas se realizaron en Scopus y en la Web of Science Core Collection, abarcando publicaciones de 2010 a 2025, y el proceso de selección se reportó de acuerdo con PRISMA 2020. Después de la deduplicación, el cribado y la aplicación de los criterios de elegibilidad, se incluyeron 414 artículos en el corpus final. La

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

producción científica aumentó a partir de 2015, alcanzó su máximo en 2021 y volvió a crecer en 2025. Considerando el país del autor correspondiente, Italia (2.465), España (2.127) y China (1.810) presentaron los mayores totales de citas, mientras que la producción institucional estuvo liderada por la Universitas Gadjah Mada (23 artículos), seguida por la Universidad de Bolonia (20), Universiti Putra Malaysia y la Universidad de Granada (17 cada una), y la Universidad de Córdoba (16). NIR/FT-NIR (121 artículos; 29,2%) y FTIR/ATR-FTIR (116; 28,0%) fueron las técnicas mencionadas con mayor frecuencia, mientras que PCA (152; 36,7%), PLS/PLSR (109; 26,3%), PLS-DA (79; 19,1%) y SVM (57; 13,8%) fueron los métodos mencionados con mayor frecuencia. La estructura temática se concentró en *adulteration*, *authentication* y *chemometrics*, acompañada de una diversificación de algoritmos y estrategias de integración de datos. Cabe destacar que la frecuencia de aparición en el corpus, el número de citas y el alto desempeño interno no establecen, por sí mismos, la validez analítica ni la superioridad metodológica. La representatividad de las muestras, la independencia entre los conjuntos de entrenamiento y prueba, la interpretación química y la validación con muestras independientes son condiciones fundamentales para evaluar la generalización de los modelos. Se concluye que el avance del área depende de la combinación de rapidez instrumental con diseños experimentales reproducibles y transparentes, compatibles con la variabilidad real de la cadena oleícola.
Palabras clave: autenticidad alimentaria; aceite de oliva virgen extra; espectroscopía; quimiometría; aprendizaje automático.

1. Introdução

O azeite de oliva extravirgem (EVOO) reúne elevado valor comercial, composição química complexa e atributos sensoriais que tornam sua identidade e sua categoria particularmente relevantes para o controle de qualidade (Food Standards Agency et al., 2025). A regulamentação europeia define os azeites virgens como produtos obtidos diretamente do fruto da oliveira (*Olea europaea* L.) por processos mecânicos ou outros meios físicos e condiciona sua classificação ao atendimento de critérios químicos e organolépticos específicos (European Commission, 2022).

Nesse contexto, a autenticidade não se limita à composição, envolve também a coerência entre identidade, categoria comercial e informações declaradas ao consumidor.

A adulteração pode produzir impactos econômicos, regulatórios e, dependendo da natureza da fraude, também sanitários, além de comprometer a integridade da cadeia produtiva (Food Standards Agency et al., 2025). Essas fraudes podem incluir a adição de óleos de menor valor agregado e econômico (Kakouri et al., 2021; Borghi et al., 2020; Ordoudi; Özdikicierler; Tsimidou, 2022) e motivam o desenvolvimento de abordagens instrumentais capazes de reconhecer misturas e alterações composicionais em matrizes oleícolas (Malavi et al., 2023; Zade et al., 2023). Nesse

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

cenário, o mapeamento científico permite examinar como as estratégias de detecção e autenticação têm sido estruturadas ao longo do tempo.

Esse tipo de investigação já foi abordado sob perspectivas complementares. Uma revisão sistemática ampla sobre óleos comestíveis foi realizada por Sakalasuriya, Jayathilaka e Seneviratne (2026); os autores reuniram adulterantes e métodos de detecção e ressaltaram a necessidade de avaliar confiabilidade e aplicabilidade analítica às amostras. Food Standards Agency et al. (2025), em uma revisão crítica voltada à capacidade de teste de autenticidade de óleos comestíveis, também destacam substituição, diluição e rotulagem inadequada como problemas que exigem métodos capazes de operar diante da variabilidade natural do produto. Assim, o problema analítico não se resume à detecção de um adulterante específico, mas inclui verificar se o perfil observado é compatível com a identidade, a categoria e a declaração comercial do produto.

A limitação aumenta porque uma amostra autêntica não apresenta composição invariável. Cultivar, estágio de maturação, condições edafoclimáticas, tecnologia de extração, safra, armazenamento e origem geográfica podem modificar o perfil químico e, consequentemente, a impressão digital instrumental (Ordoudi et al., 2023). Estudos que incorporaram variação entre fornecedores, safras e lotes, efeitos de armazenamento e informações agroclimáticas confirmam que essas fontes precisam ser consideradas na construção dos modelos (Sota-Uba et al., 2021; Goncalves et al., 2020; Sánchez-Rodríguez et al., 2024; Zaroual et al., 2024). Essa heterogeneidade precisa ser considerada no desenho de estudos não direcionados, visto que características de qualidade podem interferir em modelos de classificação geográfica (De Angelis et al., 2025). O desafio, portanto, é distinguir variação legítima de sinais associados à fraude ou à não conformidade, o que requer amostragem representativa do domínio de aplicação, escolha de modelos coerentes com a pergunta analítica e validação em unidades não utilizadas no desenvolvimento.

As técnicas espectroscópicas são particularmente atraentes nesse cenário por permitirem aquisição rápida de fingerprints químicos, com preparo amostral reduzido e potencial para triagem de grande número de amostras. Suas aplicações abrangem autenticação botânica e geográfica, detecção de adulteração e discriminação de categorias comerciais, com uso de infravermelho, Raman e fluorescência em

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

abordagens direcionadas e não direcionadas, por exemplo (Kakouri et al., 2021; Aykas et al., 2020; Ríos-Reina et al., 2024). No caso do infravermelho com transformada de Fourier associado à quimiometria, desenho amostral, aquisição espectral e validação são componentes interdependentes do método, como discutido por Ordoudi et al. (2023). Em perspectiva cienciométrica, observa-se aproximação crescente entre espectroscopia, quimiometria e aprendizado de máquina na literatura sobre autenticação de azeites nos últimos dez anos (El Morabit et al., 2025). Métodos espectroscópicos rápidos podem ser especialmente úteis na triagem, enquanto amostras suspeitas podem exigir confirmação baseada em perfis químicos ou marcadores específicos (Food Standards Agency et al., 2025). Essa distinção evita interpretar desempenho classificatório, por si só, como equivalente a uma confirmação analítica.

Recentemente, o estudo de El Morabit et al. (2025) mapeou a literatura de 2014–2024 na Scopus, incluindo produção, colaboração e evolução temática. Com objetivo de preencher uma lacuna, o presente estudo adota uma estratégia própria na Scopus e na Web of Science, com critérios de elegibilidade explícitos e relato orientado por PRISMA 2020 e PRISMA-S. O diferencial é articular esse recorte à discussão narrativa dos requisitos de validade analítica, generalização e transferibilidade. A contribuição não se reduz à extensão temporal, pois distingue o

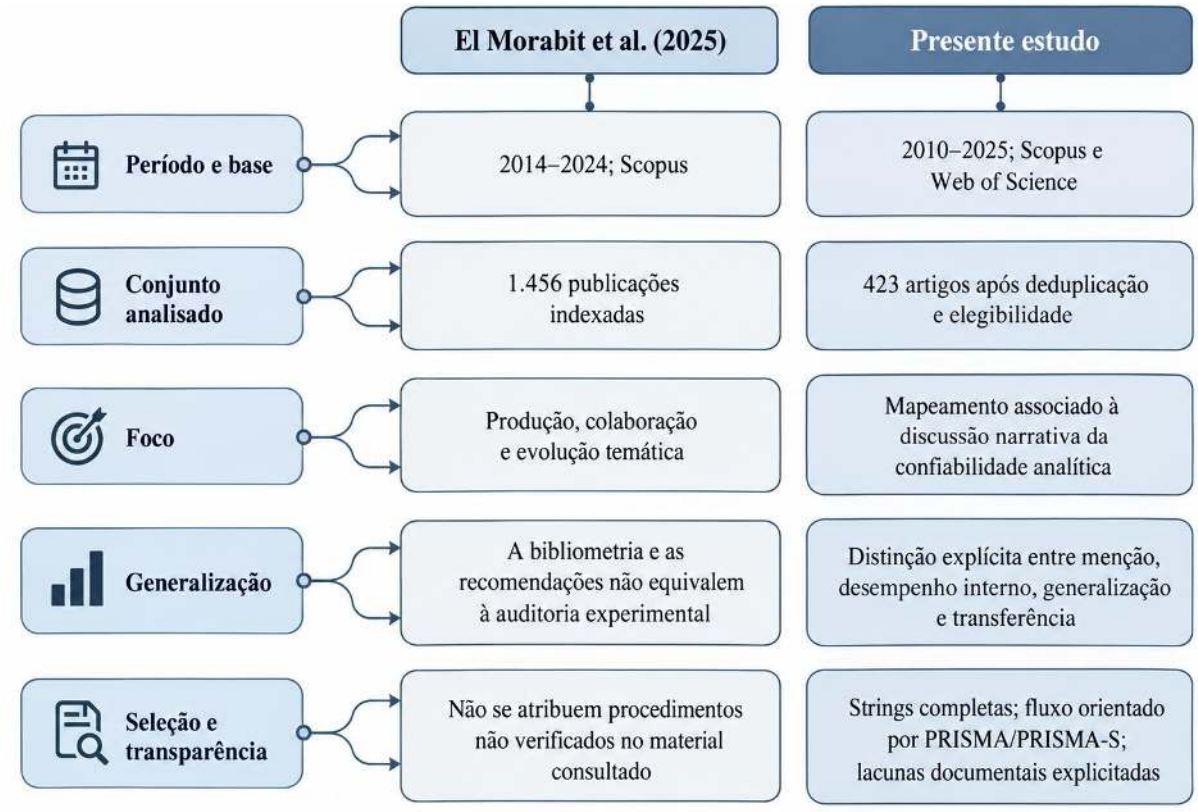
CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

que as menções nos metadados permitem descrever do que a literatura metodológica sustenta sobre confiabilidade dos modelos (Figura 1).

Figura 1 – Delimitação e contribuição em relação a El Morabit et al. (2025).



Fonte: elaboração própria com base nas informações publicadas por El Morabit et al. (2025). A comparação não estabelece superioridade entre os levantamentos.

O estudo foi orientado por quatro questões: Q1) quais plataformas espectroscópicas e métodos quimiométricos ou de aprendizado de máquina são mais mencionados nos metadados do corpus de 2010–2025? Q2) como a produção se distribui temporalmente, entre periódicos e por citações atribuídas ao país do autor correspondente, e como se organizam a colaboração e os temas? Q3) quais riscos relativos à amostragem, validação, interpretação química e transferibilidade são discutidos na literatura metodológica selecionada? Q4) quais práticas podem aumentar a comparabilidade, a reprodutibilidade e a aplicabilidade dos modelos no controle de qualidade?

2. Materiais e Métodos

2.1. Delineamento do estudo

Foi realizado um mapeamento cienciométrico integrado a uma discussão metodológica crítica narrativa da literatura sobre autenticação, adulteração e

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

classificação de azeites por técnicas espectroscópicas associadas à quimiometria e ao aprendizado de máquina. O recorte foi definido pela interface entre matriz oleícola, autenticidade ou fraude, componente espectroscópico e modelagem multivariada/computacional. Estudos com componente de rastreabilidade, classificação de origem ou classificação comercial foram considerados quando recuperados pela estratégia de busca e diretamente vinculados à autenticação analítica; esses subdomínios, contudo, não constituíram blocos independentes de recuperação.

O componente cienciométrico descreveu produção, fontes, citações por país do autor correspondente, colaboração, estrutura temática e recorrência de plataformas e métodos. A discussão crítica foi utilizada para interpretar requisitos de desenho experimental, validação, explicabilidade e transferibilidade. Rastreabilidade analítica designa aqui a avaliação da identidade ou origem por informação química; sistemas digitais de blockchain, RFID e códigos QR não constituíram objeto de recuperação ou contagem. O termo espectroscopia foi adotado em sentido amplo, incluindo NMR, cuja informação instrumental difere daquela obtida por técnicas vibracionais e ópticas.

O fluxo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão foi reportado segundo o PRISMA 2020, proposto por Page et al. (2021). Para a descrição das fontes de informação e da estratégia de busca, foram considerados os itens aplicáveis do PRISMA-S, de Rethlefsen et al. (2021). Esses referenciais foram empregados para aumentar a transparência e a reprodutibilidade da recuperação e seleção dos registros, sem caracterizar o estudo como uma revisão sistemática de efeito ou intervenção.

2.2. Fontes de informação e estratégia de busca

As buscas utilizaram Scopus e Web of Science Core Collection, acessadas pelo Portal de Periódicos CAPES, para publicações de 1º de janeiro de 2010 a 31 de dezembro de 2025. A consulta às bases e a exportação dos metadados foram realizadas em 8 de abril de 2026. Os nove registros com ano final de publicação em 2026 apresentavam datas de early access em 2025, mas foram excluídos porque a elegibilidade temporal considerou o ano definitivo de publicação. As referências de 2026 citadas na discussão são exclusivamente contextuais e não integraram o corpus,

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

as frequências, as contagens de citações, as redes ou os mapas. Os materiais de apoio estão vinculados ao projeto OSF https://osf.io/6zt8w (DOI: 10.17605/OSF.IO/XFP6V).

A estratégia de busca foi organizada em quatro blocos conceituais: matriz oleícola; fraude ou autenticidade; técnica espectroscópica; e modelagem quimiométrica ou computacional. Foram empregados operadores booleanos, truncamentos e variantes terminológicas. Na Scopus, a busca foi aplicada a TITLE-ABS-KEY; na Web of Science, ao campo TS. As expressões completas são apresentadas para permitir reprodução direta da recuperação.

Estratégia aplicada na Scopus:

TITLE-ABS-KEY ("olive oil" OR "extra virgin olive oil" OR "EVOO") AND TITLE-ABS-KEY (adulterat* OR fraud* OR counterfeit* OR "food fraud" OR authentic*) AND TITLE-ABS-KEY (spectroscop* OR "near infrared" OR NIR OR Raman OR FTIR OR "FT-IR" OR NMR OR fluorescence OR "UV-Vis") AND TITLE-ABS-KEY ("machine learning" OR chemometric* OR "artificial intelligence" OR "deep learning" OR "neural network" OR "random forest" OR "support vector" OR PLS OR "principal component")

Estratégia na Web of Science:

TS=("olive oil" OR "extra virgin olive oil" OR "EVOO") AND TS=(adulterat* OR fraud* OR counterfeit* OR "food fraud" OR authentic*) AND TS=(spectroscop* OR "near infrared" OR NIR OR Raman OR FTIR OR "FT-IR" OR NMR OR fluorescence OR "UV-Vis") AND TS=("machine learning" OR chemometric* OR "artificial intelligence" OR "deep learning" OR "neural network" OR "random forest" OR "support vector" OR PLS OR "principal component")

2.3. Critérios de elegibilidade, seleção e gerenciamento dos registros

Foram elegíveis artigos originais, publicados entre 2010 e 2025, que investigaram azeite de oliva, azeite virgem, EVOO ou categorias diretamente relacionadas em problemas de autenticação, adulteração/fraude, discriminação geográfica ou varietal, classificação comercial ou rastreabilidade analítica. Estudos de qualidade foram incluídos apenas quando a avaliação estivesse explicitamente vinculada à autenticação, classificação ou modelagem analítica. A informação espectroscópica deveria integrar efetivamente a estratégia analítica e estar associada à análise multivariada, quimiometria, aprendizado de máquina ou outro procedimento

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

estatístico/computacional compatível com o objetivo. Como a recuperação exigiu termos de autenticidade ou fraude, estudos de rastreabilidade, origem ou classificação que não utilizassem essa terminologia não foram sistematicamente direcionados pela busca e podem estar sub-representados no corpus.

Foram excluídos estudos sem dados originais, revisões, editoriais, capítulos, resumos de congresso, notas técnicas e trabalhos incompatíveis com os critérios de matriz, finalidade analítica, componente espectroscópico, modelagem, tipo documental ou período/completude do registro (Quadro 1). A conversão, a união e a deduplicação das exportações foram realizadas no R com convert2df e mergeDbSources, do pacote bibliometrix, com remove.duplicated = TRUE. Após essa etapa, três autoras conduziram independentemente a triagem e a seleção no Rayyan (Ouzzani et al., 2016), resolvendo divergências por consenso. O Zotero foi utilizado para gerenciamento das referências.

Quadro 1 – Critérios de elegibilidade aplicados ao corpus da revisão (2010–2025).

Domínio	Inclusão	Exclusão
Matriz analisada	Azeite de oliva, azeite virgem, azeite de oliva extravirgem ou categorias relacionadas.	Outros óleos vegetais sem relação experimental com azeite de oliva.
Finalidade analítica	Autenticação, adulteração/fraude, origem geográfica ou varietal, categoria comercial, qualidade ou rastreabilidade.	Estudos nutricionais, agronômicos ou sensoriais sem relação com autenticação ou modelagem analítica.
Componente espectroscópico	FTIR/ATR-FTIR, NIR, Raman, NMR, fluorescência, UV-Vis, imagem hiperespectral ou técnicas combinadas, quando efetivamente utilizadas na análise.	Ausência de informação espectroscópica ou uso não integrado à estratégia analítica/modelagem.
Modelagem	Quimiometria, aprendizado de máquina, inteligência artificial ou outros métodos multivariados/estatísticos aplicados ao problema analítico.	Ausência de análise multivariada, estatística ou computacional pertinente ao objetivo do estudo.
Tipo documental	Artigos originais revisados por pares.	Revisões, editoriais, capítulos de livro, resumos de congresso, notas técnicas e documentos sem dados originais.
Período e completude do registro	Publicações de 2010 a 2025 com metadados bibliográficos suficientes para análise.	Publicações fora do recorte temporal, registros de 2026 ou registros sem informação bibliográfica mínima.

Nota: os critérios de inclusão e exclusão foram aplicados durante a triagem e a elegibilidade.

Foram identificados 821 registros: 564 na Web of Science e 257 na Scopus. Após a remoção de 104 duplicatas, 717 registros seguiram para triagem, da qual 174 foram excluídos. Dos 543 artigos avaliados quanto à elegibilidade, 129 foram

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

excluídos: 120 por incompatibilidade temática, metodológica ou documental e nove pelo ano final de publicação. Os motivos de inelegibilidade incluíram ausência de componente espectroscópico ou de modelagem compatível, matriz ou finalidade analítica fora do escopo e tipo documental inadequado. Esses critérios delimitam a pertinência ao estudo, sem caracterizar baixa qualidade científica dos trabalhos excluídos. O corpus final foi constituído por 414 artigos.

2.4. Análise cienciométrica

Os metadados foram conferidos quanto a título, autoria, ano, periódico, DOI, resumo, palavras-chave, países e citações. Nomes de autores, países, plataformas analíticas e algoritmos foram normalizados para reduzir fragmentação por abreviações, grafias alternativas e variações de indexação. As frequências correspondem a menções normalizadas nos metadados, sem extração integral dos procedimentos de todos os textos completos. Uma menção pode indicar comparação ou contextualização, sem uso experimental no próprio estudo.

Foram examinados produção anual, distribuição por periódicos, total de citações por país do autor correspondente, rede de coautoria, coocorrência de termos e mapa temático (Donthu et al., 2021; Pessin, Yamane e Siman, 2022).

As análises foram executadas em R 4.4.2 (2024-10-31, ucrt), no ambiente RStudio 2025.05.0+496, com o pacote bibliometrix 5.4.1 e a interface Biblioshiny 5.0, desenvolvidos por Aria e Cuccurullo (2017). O VOSviewer 1.6.20, descrito por Van Eck e Waltman (2010), foi empregado na visualização da coocorrência de palavras. Nas frequências de plataformas e algoritmos, a unidade de contagem foi o artigo único com pelo menos uma menção normalizada nos metadados. Como um mesmo estudo pode empregar múltiplas técnicas ou modelos, as categorias não são mutuamente exclusivas; por isso, a soma dos percentuais pode ultrapassar 100%. As frequências foram utilizadas para descrever presença relativa no corpus, e não para estabelecer superioridade analítica entre técnicas ou algoritmos.

A rede de colaboração entre autores foi construída com algoritmo de agrupamento Louvain e normalização pelo índice de Jaccard. A configuração da rede foi mantida na opção padrão (default), com força de repulsão de 0,5, número mínimo de arestas de 1 e remoção de nós isolados. Esses parâmetros se referem exclusivamente à rede de coautoria, não à coocorrência de termos ou ao mapa

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

temático. A unidade da rede é o autor, e as arestas representam coautoria nos documentos. O mínimo de uma aresta não corresponde a um mínimo de documentos por autor.

O mapa temático foi construído no campo todas as palavras-chave (All Keywords), com número de palavras configurado em 250, frequência mínima de cluster de 5 por mil documentos, parâmetro alfa de 0,5 para o balanceamento entre ocorrência e centralidade, agrupamento Louvain e opção de evitar sobreposição de rótulos ativada. O valor 250 corresponde à configuração de entrada, não ao número final comprovado de termos retidos. Para esse mapa, não foi aplicado stemming, decisão adotada para evitar radicalização excessiva e possível fusão de termos semanticamente distintos. All Keywords reúne as palavras-chave de autores e os termos de indexação disponíveis nos registros das duas bases; os termos de indexação da Web of Science correspondem ao campo Keywords Plus. Não se pressupõe equivalência entre esse campo e a indexação da Scopus.

A rede de coocorrência no VOSviewer foi construída com todas as palavras-chave (All Keywords), contagem completa (full counting), normalização por força de associação (association strength), mínimo de cinco ocorrências e número de palavras-chave a selecionar configurado em 182. Esse último valor descreve a seleção configurada.

Não foi utilizado arquivo formal de thesaurus; a padronização terminológica foi realizada por regras de harmonização documentadas. A unidade artigo nas frequências de técnicas não determina a contagem full ou fractional das redes. Os agrupamentos NIR/FT-NIR e FTIR/ATR-FTIR representam famílias de menções para fins cienciométricos, sem equivalência instrumental: FT-NIR designa aquisição com transformada de Fourier, enquanto ATR é um modo de amostragem. Como exemplos das regras aplicadas, FT-IR foi incluído na família normalizada FTIR/ATR-FTIR para fins de contagem cienciométrica, variantes de NIR foram reunidas em NIR/FT-NIR e support vector machine foi harmonizado como SVM. A contagem nos campos de título, resumo e palavras-chave distinguiu menções independentes a PLS/PLSR das ocorrências de PLS-DA. No corpus final de 414 artigos, as contagens adotadas foram 109 artigos com menção independente a PLS/PLSR e 79 com menção a PLS-DA; 16 artigos mencionaram ambos. Além disso, 63 registros recuperados em uma busca

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

textual por “PLS” correspondiam exclusivamente a PLS-DA e não foram contabilizados como PLS/PLSR. Uma verificação dirigida dos metadados também confirmou que estudos de laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) e spatially offset Raman spectroscopy (SORS) foram recuperados mesmo sem esses acrônimos constarem explicitamente nas strings, por meio dos termos mais abrangentes spectroscop* e Raman. Os registros de Horns et al. (2025) e Gyftokostas et al. (2021), respectivamente sobre SORS e LIBS, integram o conjunto bibliográfico com ano final dentro do período de análise.

2.5. Discussão metodológica crítica narrativa

A discussão metodológica é narrativa e não exaustiva, organizada pelos eixos de amostragem, aquisição espectral, pré-processamento, validação, interpretação química e transferibilidade, apoiados em Ordoudi et al. (2023), Rodionova et al. (2024) e Goyal, Singha e Singh (2024). As referências foram selecionadas pela discussão direta de pelo menos um desses eixos, sem protocolo sistemático independente, seleção aleatória, pontuação de qualidade ou extração padronizada artigo a artigo. Foram consideradas aplicações do conjunto bibliográfico e referências externas, incluindo revisões metodológicas e publicações contextuais de 2026. A interpretação narrativa e a categorização das menções são procedimentos distintos: as contagens descrevem recorrência bibliográfica, sem estimar a prevalência de falhas metodológicas.

3. Resultados e Discussão

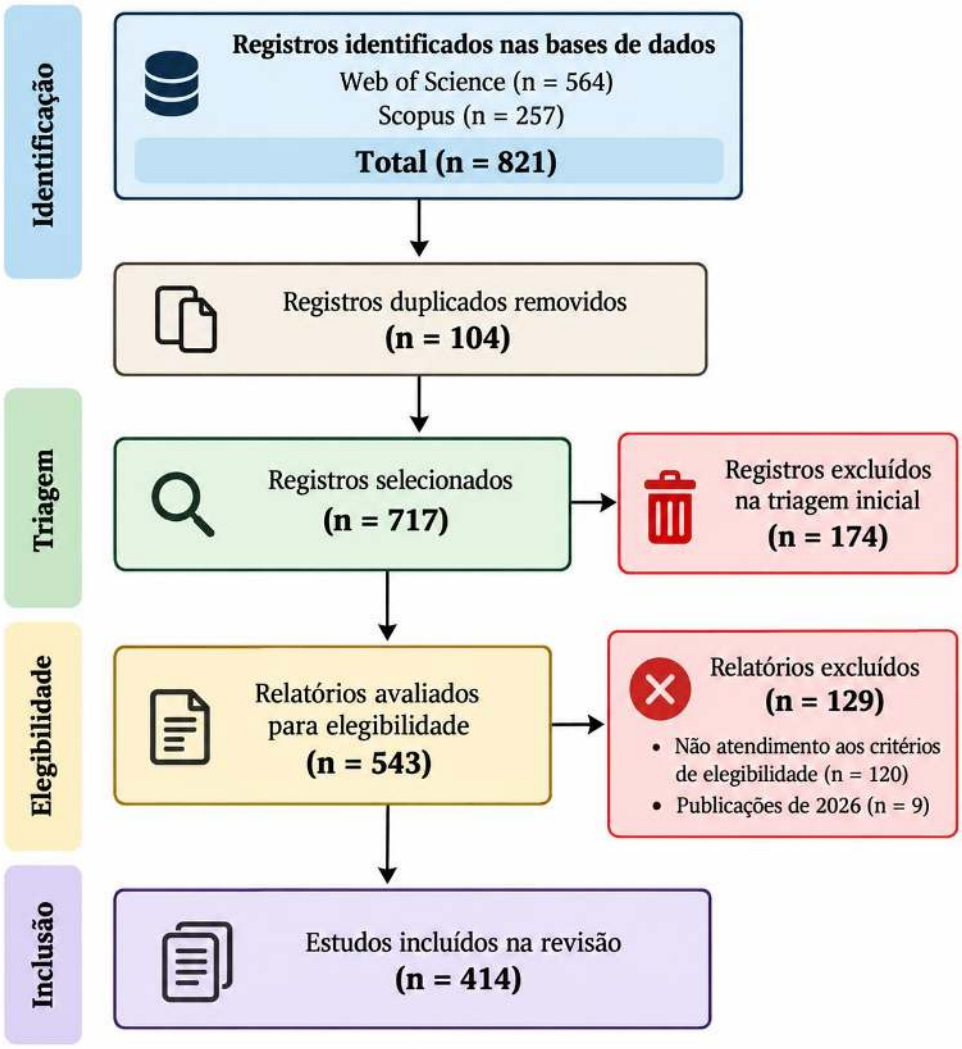
3.1. Seleção e delimitação do corpus

O corpus final reuniu 414 artigos originais publicados entre 2010 e 2025, conforme o fluxo de identificação, triagem e elegibilidade apresentado na Figura 2. Esse conjunto representa um recorte específico da literatura na interface entre azeites de oliva, autenticidade ou fraude, espectroscopia e modelagem multivariada. Não deve, portanto, ser interpretado como inventário exaustivo de toda a produção sobre autenticidade de azeites, pois a estratégia exigiu simultaneamente componentes instrumentais e computacionais compatíveis com a pergunta do estudo.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

Figura 2 – Fluxo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos.



Fonte: elaboração própria com base no PRISMA 2020.

O recorte exclui estudos exclusivamente cromatográficos, métodos oficiais sem componente multivariado e trabalhos de qualidade sem relação direta com autenticação ou classificação. Diferenças em relação ao levantamento de El Morabit et al. (2025) refletem escolhas de base, período e estratégia de recuperação.

3.2. Evolução temporal, periódicos e citações por país

A produção anual permaneceu relativamente baixa nos primeiros anos do recorte e aumentou a partir de 2015, quando o corpus passou a registrar 26–27 artigos por ano. A série atingiu seu maior valor em 2021 e apresentou novo aumento em 2025 (Figura 3). Esse padrão documenta expansão da produção na interface definida pela estratégia de busca, mas não permite atribuir causalmente o crescimento à introdução

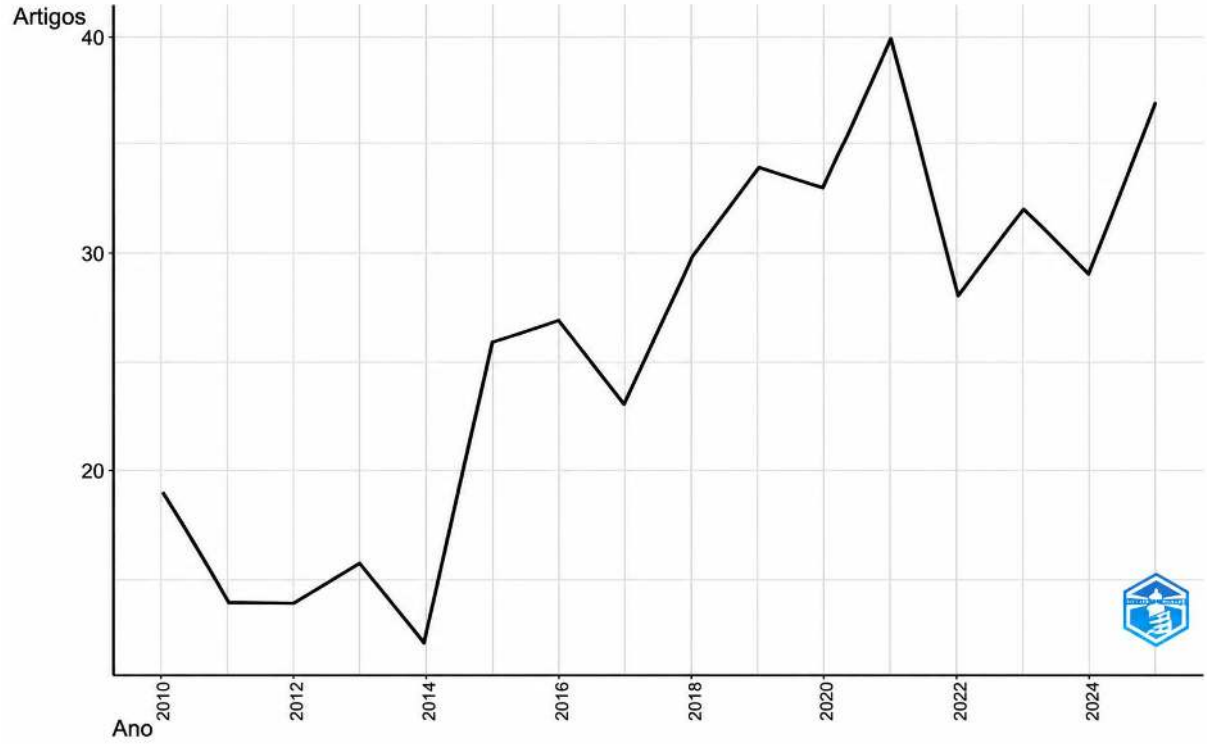
CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

de uma técnica, algoritmo ou evento específico. A interpretação mais coerente é que espectroscopia e modelagem multivariada passaram a aparecer com maior frequência de forma conjunta em estudos de autenticação de azeites, em consonância com a tendência bibliométrica observada por El Morabit et al. (2025).

Figura 3 – Produção científica anual sobre autenticação espectroscópica de azeites de oliva entre 2010 e 2025.



Fonte: elaboração própria por meio da interface Biblioshiny.

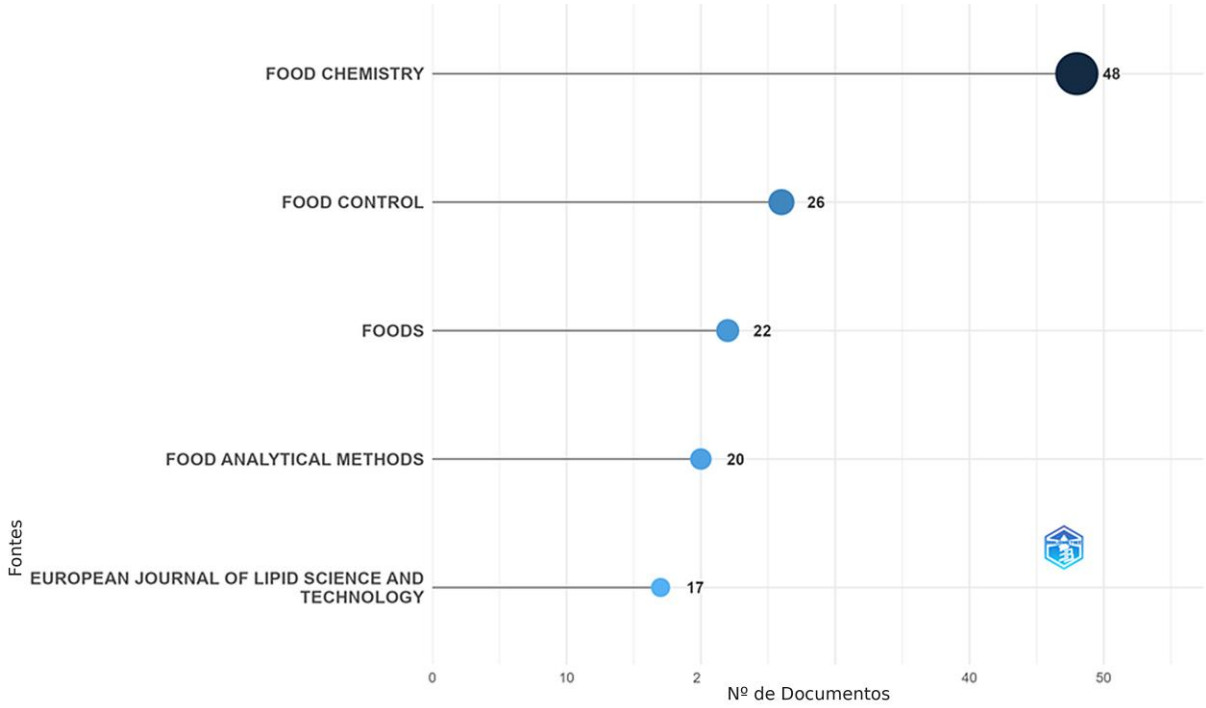
A distribuição por periódicos evidencia que a produção se concentra em veículos com escopos complementares dentro da ciência de alimentos e da análise instrumental. *Food Chemistry* reuniu 47 documentos, seguida por *Foods* (22), *Food Control* (21), *Food Analytical Methods* (20) e *European Journal of Lipid Science and Technology* (17) (Figura 4).

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

Figura 4 – Periódicos com maior número de publicações no corpus analisado.



Fonte: elaboração própria por meio da interface Biblioshiny.

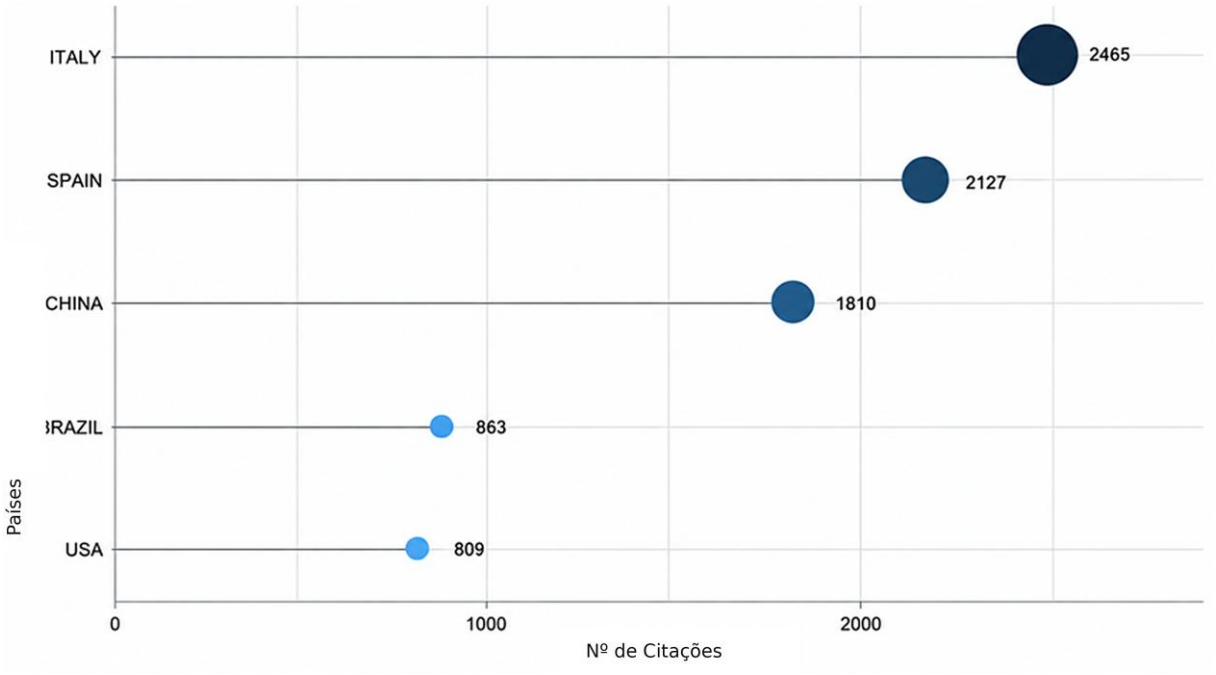
Em vez de indicar superioridade entre as fontes, essa concentração mostra que o tema circula entre química de alimentos, controle e autenticidade, desenvolvimento de métodos analíticos e ciência de lipídios. A presença simultânea nesses periódicos é coerente com o caráter interdisciplinar de estudos que combinam informação química, instrumentação e modelagem de dados. Considerando o país do autor correspondente, os maiores totais de citações no corpus foram Itália (2.465), Espanha (2.127), China (1.810), Brasil (863) e Estados Unidos (809) (Figura 5). Esses valores representam citações acumuladas, não número de publicações ou superioridade metodológica.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

Figura 5 – Total de citações por país do autor correspondente no corpus.



Fonte: elaboração própria por meio da interface Biblioshiny

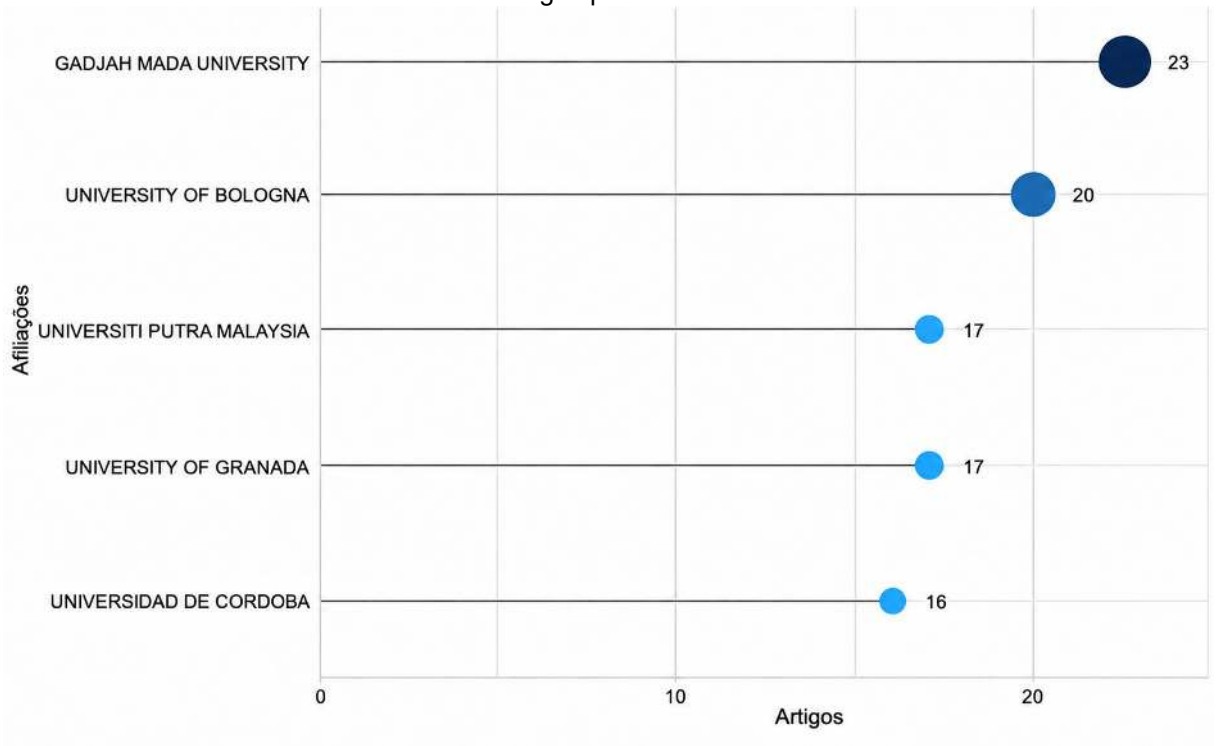
Do ponto de vista institucional da produção científica sobre autenticação de azeite por espectroscopia e quimiometria, os estudos são encabeçados pela Universidade Gadjah Mada, com 23 artigos, seguida pela Universidade de Bolonha (20), pela Universiti Putra Malaysia e pela Universidade de Granada (17 cada) e pela Universidad de Córdoba (16) (Figura 6). Esse arranjo reúne um polo asiático e um mediterrâneo, que adotam abordagens analíticas distintas.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

Figura 6 – Principais afiliações institucionais identificadas na produção científica analisada, classificadas de acordo com o número de artigos publicados.



Fonte: elaboração própria por meio da interface Biblioshiny.

Entre os exemplos do polo asiático, destaca-se a espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) associada à calibração multivariada para detectar adulterantes de baixo custo. Rohman e Che Man (2010; 2012) aplicaram FTIR com PLS, PCR e análise discriminante à quantificação e à classificação de óleos de palma, milho e girassol em azeite extra virgem. Irnawati *et al.* (2019), da Universidade Gadjah Mada, estenderam o método a misturas ternárias com óleo de semente de abóbora, o que indica uma linha metodológica comum entre as duas instituições asiáticas.

No polo mediterrâneo, os temas são mais diversos. Em Bolonha, a ressonância magnética nuclear (RMN) é usada para autenticar a origem geográfica de azeites virgens (Alonso-Salces *et al.*, 2025). Em Granada, combinam-se FTIR-ATR, Raman, NIR e fluorescência na classificação e na quantificação de misturas (Jiménez-Carvelo *et al.*, 2017; Jiménez-Carvelo; Lozano; Olivieri, 2019). Em Córdoba, Sánchez Rodríguez *et al.* (2018) relacionaram condições agroclimáticas aos espectros NIR, abordando a variabilidade natural que pode comprometer modelos de autenticação.

Os trabalhos citados ilustram a contribuição da quimiometria clássica para essas aplicações. A contagem de artigos, porém, não mede impacto. Essa

REMUNOM
ISSN 2178-6925

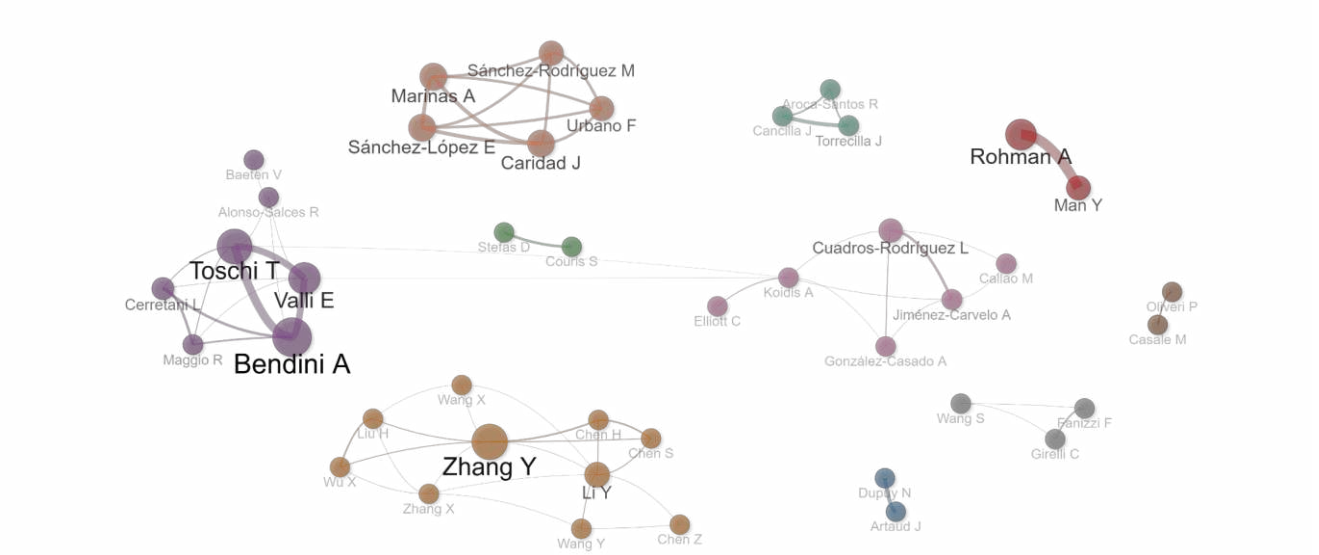
Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

caracterização se apoia nos trabalhos citados e não quantifica a distribuição dos métodos em toda a produção de cada instituição. As contagens institucionais admitem a contribuição de várias afiliações em um mesmo artigo e não devem ser somadas como uma partição exclusiva do corpus.

3.3. Colaboração científica e diversificação das abordagens

A rede de coautoria representa relações entre autores que assinam conjuntamente os artigos do corpus (Figura 7), com agrupamentos visuais e conectividade desigual. Essa estrutura social não permite inferir qualidade metodológica, duração das parcerias ou evidência de validação e transferibilidade (Donthu et al., 2021; Pessin; Yamane; Siman, 2022).

Figura 7 – Rede de coautoria construída a partir dos registros incluídos no corpus.



Fonte: elaboração própria por meio da interface Biblioshiny.

A diversidade de abordagens nos trabalhos é ilustrada por FT-NIR com PLS-DA e seleção de variáveis, informação hiperespectral e voláteis, FTIR com Random Forest e fusão multibloco de fluorescência e NIR (Vieira et al., 2021; Violino et al., 2021; Gardeli et al., 2025; Lozano et al., 2025). São exemplos de tarefas e desenhos próprios, cujas métricas não permitem comparação direta de algoritmos sem controlar amostragem e avaliação.

A coexistência entre métodos consolidados e abordagens computacionais mais recentes aparece de forma mais informativa na estrutura conceitual do corpus, examinada por meio da coocorrência de termos e do mapa temático.

3.4. Estrutura conceitual e perfil das plataformas analíticas

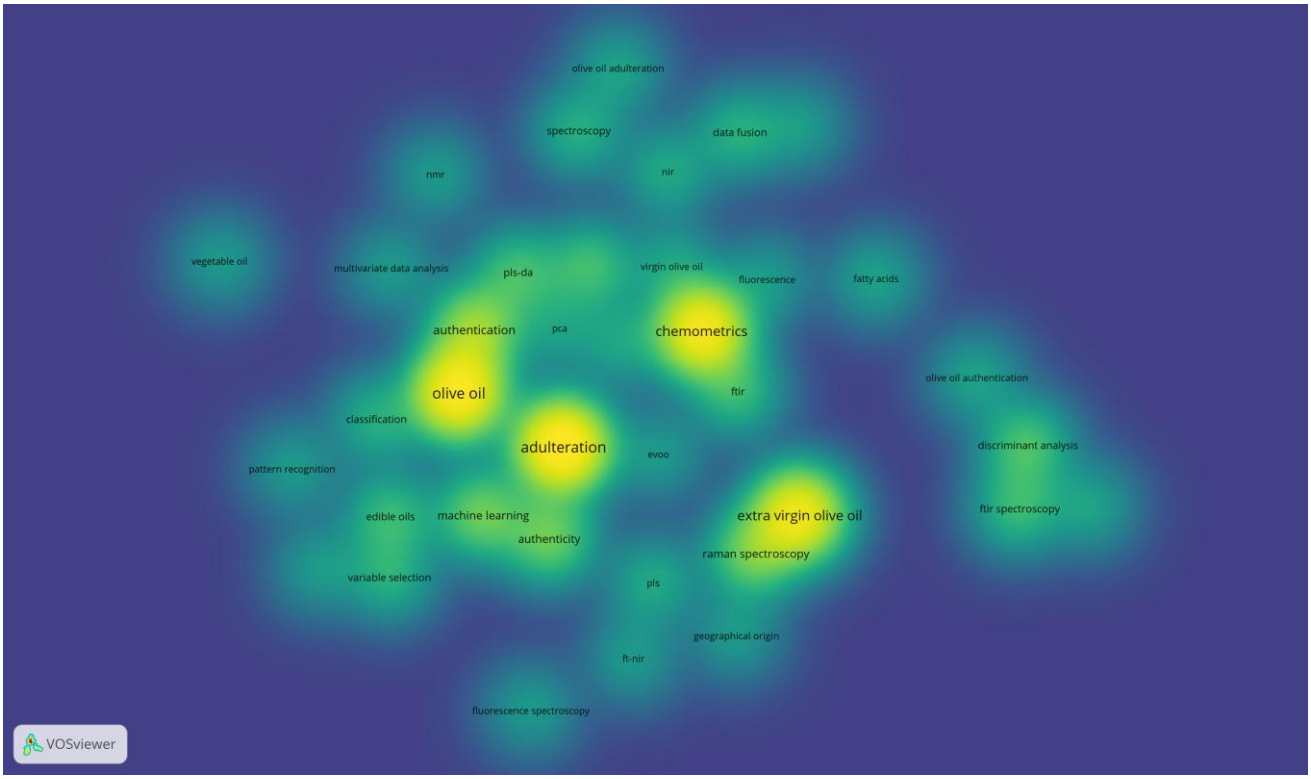
CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

A coocorrência de termos concentrou-se em *adulteration*, *olive oil*, *chemometrics* e *extra virgin olive oil*, associados a PCA, PLS-DA, classification e *machine learning* (Figura 8).

Figura 8 – Visualização de densidade da coocorrência de termos no corpus.



Fonte: elaboração própria por meio do programa VOSviewer.

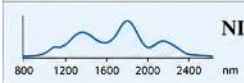
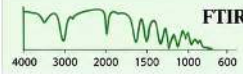
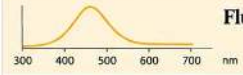
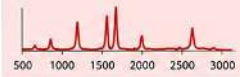
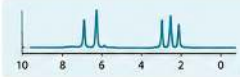
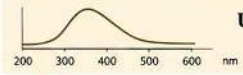
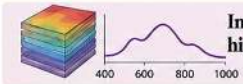
O perfil das plataformas confirma a diversidade instrumental do campo. NIR/FT-NIR foi mencionado em 121 artigos (29,2%) e FTIR/ATR-FTIR em 116 (28,0%), seguidos por fluorescência (93; 22,5%), Raman (86; 20,8%), cromatografia e/ou espectrometria de massas (69; 16,7%), NMR (62; 15,0%), UV-Vis (34; 8,2%) e imagem hiperespectral (4; 1,0%).

A Figura 9 resume as plataformas mais mencionadas. Esses percentuais usam 414 artigos como denominador e não representam a prevalência das plataformas em toda a pesquisa sobre autenticidade de azeites. Cromatografia/espectrometria de massas não teve a mesma probabilidade de inclusão que espectroscopia, pois entrou apenas em estudos que também satisfizeram o componente espectroscópico.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

Figura 9 – Principais plataformas analíticas mencionadas no corpus e cautelas para sua interpretação.

Plataforma	Menção no corpus (n = 414)	Contribuição analítica predominante	Cautela crítica
 NIR/FT-NIR	121 artigos (29.2%)	Fingerprint global; aquisição rápida e baixo preparo.	Desempenho depende de calibração, pré-processamento e representatividade amostral.
 FTIR/ATR-FTIR	116 artigos (28.0%)	Informação de grupos funcionais lipídicos e região de fingerprint.	Pode capturar efeitos de lote, marca, origem ou processamento quando a validação é restrita.
 Fluorescência	93 artigos (22.5%)	Sinais associados a pigmentos, compostos fenólicos, oxidação e composição global.	Armazenamento e estado oxidativo podem atuar como fontes de variação concorrentes.
 Raman	86 artigos (20.8%)	Informação molecular relacionada a lipídios, insaturação e pigmentos.	Fluorescência de fundo e diferenças instrumentais podem comprometer comparabilidade.
 Cromatografia/MS	69 artigos (16.7%)	Caracterização composicional e suporte confirmatório.	No corpus, aparece apenas em estudos que também atendem ao critério espectroscópico.
 NMR	62 artigos (15.0%)	Fingerprint molecular de frações majoritárias e minoritárias.	Maior custo instrumental e necessidade de harmonização limitam uso rotineiro amplo.
 UV-Vis	34 artigos (8.2%)	Informação óptica associada a pigmentos e atributos globais.	Menor especificidade quando utilizada isoladamente em matrizes complexas.
 Imagem hiperespectral	4 artigos (1.0%)	Integra informação espectral e espacial.	Baixa frequência no corpus não deve ser confundida com baixo potencial analítico.

Fonte: elaboração própria. A contagem corresponde ao artigo único com pelo menos uma menção normalizada da plataforma nos metadados; as categorias não são mutuamente exclusivas. As cautelas interpretativas sintetizam questões discutidas por Ordoudi et al. (2023), Goyal, Singha e Singh (2024) e Rodionova et al. (2024). Menção não equivale a uso experimental confirmado.

A recorrência de NIR e FTIR deve ser interpretada à luz da natureza multivariada dos fingerprints, que podem refletir tanto adulteração quanto lote, origem, processamento e estado de qualidade (Ordoudi et al., 2023). Variação entre fornecedores, safras e lotes e efeitos de armazenamento podem modificar as estimativas de discriminação e os perfis MIR; atributos de qualidade também podem interferir na classificação geográfica (Sota-Uba et al., 2021; Zaroual et al., 2024; De Angelis et al., 2025). A separação estatística exige, portanto, verificar a relação entre o padrão aprendido e o atributo de autenticidade.

A baixa frequência de imagem hiperespectral e de estratégias de fusão de dados não deve ser tratada como evidência de menor potencial analítico. Estudos recentes empregaram fusão de técnicas ortogonais para classificação de qualidade (Jurado-Campos et al., 2020) e integração multibloco de fluorescência e NIR para autenticação (Lozano et al., 2025). Ainda assim, contagens cienciométricas dependem da terminologia registrada nos metadados, da maturidade temporal das abordagens e dos termos definidos na estratégia de busca. Esse princípio é coerente com as recomendações de interpretação cienciométrica de Donthu et al. (2021). Neste

CC BY

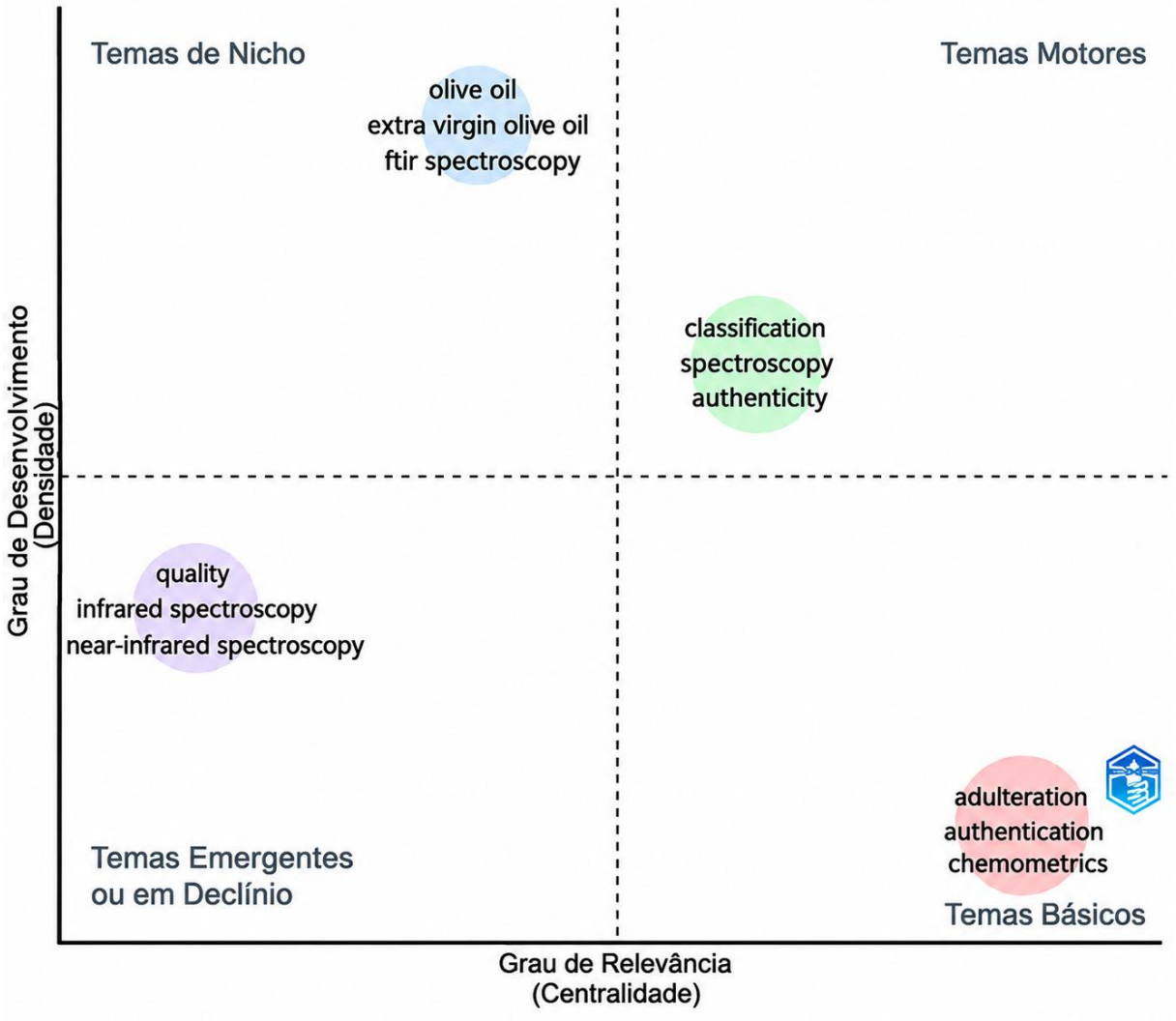
REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

estudo, portanto, frequência informa presença e consolidação relativa dentro do corpus; não estabelece uma hierarquia de desempenho entre plataformas.

Esse critério pode ser visto no mapa temático. Os termos *adulteration, authentication* e *chemometrics* situaram-se entre os temas básicos; *classification*, *spectroscopy* e *authenticity*, entre os temas motores; *olive oil*, *extra virgin olive oil* e *FTIR spectroscopy* formaram um núcleo de elevada densidade e menor centralidade; e *quality*, *infrared spectroscopy* e *near-infrared spectroscopy* apareceram no quadrante denominado emergente ou em declínio (Figura 10).

Figura 10 – Mapa temático das palavras-chave relacionadas à autenticação espectroscópica de azeites de oliva.



Fonte: elaboração própria por meio da interface Biblioshiny.

No framework implementado no bibliometrix/Biblioshiny, a posição temática decorre da combinação entre centralidade e densidade (Aria; Cuccurullo, 2017). A

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

denominação emergente ou declínio, portanto, não permite isoladamente concluir que um tema esteja crescendo ou declinando ao longo do tempo; essa inferência requer análise longitudinal específica que não foi realizada nesse estudo.

Frequência e centralidade descrevem presença e estrutura temática, enquanto desempenho analítico e generalização requerem evidência do desenho amostral e da avaliação independente (Donthu et al., 2021; Rodionova et al., 2024).

A coocorrência e o mapa temático não demonstram transição temporal para algoritmos mais complexos; essa inferência exigiria análise longitudinal. Comparações de complexidade computacional devem considerar o contexto analítico de cada aplicação (Bandiera et al., 2026).

3.5. Quimiometria e aprendizado de máquina

PCA foi mencionado em 152 artigos (36,7%), PLS/PLSR em 109 (26,3%), PLS-DA em 79 (19,1%) e SVM em 57 (13,8%). Conceitualmente, regressão/calibração (PLS/PLSR), exploração não supervisionada (PCA), classificação supervisionada (PLS-DA, RF e KNN), modelagem de classe (SIMCA e DD-SIMCA) e aprendizado profundo (CNN) têm funções distintas. SVM admite classificação e regressão; CNN designa uma arquitetura, não uma tarefa analítica. PCA não demonstra, por si, desempenho classificatório, e PLS-DA não deve ser identificado como regressão PLS apenas pela sigla compartilhada (Jiménez-Carvelo et al., 2019; Aminu; Ahmad, 2020).

Modelos flexíveis ampliam o repertório disponível, mas a escolha depende da tarefa, do número de unidades independentes e das decisões de pré-processamento e ajuste (Goyal; Singha; Singh, 2024). Bandiera et al. (2026), como exemplo contextual, observaram vantagem de CNN sobre PLS em parte dos modelos Vis-NIR, sem superioridade uniforme em FT-NIR. Esse resultado não constitui comparação geral entre algoritmos.

A escolha do modelo deve refletir a pergunta de autenticação. Classificadores discriminantes, como PLS-DA, SVM e Random Forest, aprendem fronteiras entre classes representadas durante o treinamento. Quando a aplicação envolve amostras desconhecidas ou fraudes não previamente representadas, abordagens de modelagem de classe ou de uma classe podem responder de forma mais direta à pergunta operacional sobre pertencimento à classe autêntica (Rodionova et al., 2024). Essa lógica foi aplicada com SIMCA em autenticação não direcionada e em uma

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

estratégia que combinou DD-SIMCA e PLS-DA (Aykas et al., 2020; Zade et al., 2023). Isso não invalida classificadores multiclasse; delimita o domínio em que suas previsões podem ser interpretadas (Figura 11). A modelagem de uma classe também depende de representatividade do domínio autêntico, definição adequada de fronteiras e controle de falsas rejeições e aceitações; sua utilidade operacional não implica superioridade universal sobre classificadores discriminantes.

Figura 11 – Modelos quimiométricos e de aprendizado de máquina mencionados no corpus em relação à função analítica e aos pontos críticos de validação.

Modelo ou família	Menção no corpus (n = 414)	Função predominante	Ponto crítico de validação/interpretação
PCA	152 artigos (36.7%)	Exploração não supervisionada	Não é classificador; agrupamentos visuais não equivalem à acurácia.
PLS/PLSR	109 artigos (26.3%)	Regressão e quantificação	Relatar variáveis latentes e erros; validação interna não demonstra transferibilidade.
PLS-DA	79 artigos (19.1%)	Discriminação supervisionada	Exige partição independente, controle de desbalanceamento e prevenção de *leakage*.
SVM	57 artigos (13.8%)	Classificação ou regressão	Kernel e hiperparâmetros devem ser ajustados dentro do processo de validação.
LDA, SIMCA e KNN	94 artigos (22.7%)	Discriminação, modelagem de classe e proximidade	Categoria agregada reúne funções distintas; resultados devem ser reportados separadamente.
ANN, CNN e Random Forest	45 artigos (10.9%)	Modelagem não linear; classificação/regressão	Maior risco de sobreajuste com baixo n; requer controle de complexidade e avaliação externa.
Fusão de dados	29 artigos (7.0%)	Integração de blocos espectrais/químicos	O ganho deve ser demonstrado frente às plataformas isoladas sem vazamento entre blocos.

Fonte: elaboração das autoras. Frequências correspondem a menções normalizadas em metadados de artigos únicos, com categorias não exclusivas; não confirmam uso experimental.

O pré-processamento estimado dos dados, a seleção de variáveis e a otimização de hiperparâmetros devem ocorrer somente nos subconjuntos de treinamento, com reamostragem aninhada quando há seleção de modelo e estimativa de desempenho. Réplicas técnicas ou espectros da mesma amostra devem permanecer no mesmo grupo de partição. Acesso ao teste durante essas decisões gera vazamento de informação (Ordoudi et al., 2023; Rodionova et al., 2024). Conjunto de validação para tuning, validação cruzada e teste independente têm funções diferentes e não equivalem à validação analítica de um método. Verificação

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

designa aqui a checagem de atendimento a requisitos previamente definidos, sem substituir a demonstração de adequação ao uso pretendido.

As métricas devem ser interpretadas segundo a tarefa: sensibilidade e especificidade em classificação e erros de predição em regressão, com avaliação de incerteza e domínio amostral. Acurácia, R^2 ou RMSE isolados não demonstram robustez. Neste manuscrito, validade analítica designa a adequação da seletividade ou classificação, precisão preditiva, robustez, independência da avaliação, representatividade e, quando necessária ao uso, transferibilidade. O termo não implica certificação nem validação formal segundo um único protocolo normativo (Rodionova et al., 2024; Goyal; Singha; Singh, 2024).

3.6. Robustez, interpretação química e transferibilidade

As tarefas da literatura incluem reconhecimento de adulteração, quantificação de misturas e classificação de categoria, cultivar ou origem. Seu domínio de inferência depende do desenho amostral. Misturas preparadas em laboratório não representam automaticamente amostras comerciais com maior heterogeneidade; qualidade e condições sazonais podem confundir a classificação (Ordoudi et al., 2023; De Angelis et al., 2025; Rovira; Ruisánchez; Callao, 2023).

Generalização é o desempenho em novas unidades independentes do domínio-alvo. Transferibilidade é a manutenção de desempenho diante de mudança relevante de instrumento, laboratório, tempo, população, origem ou aquisição. Distinguem-se avaliação externa amostral (novas unidades não usadas no desenvolvimento), temporal (nova safra ou período), instrumental (outro equipamento) e interlaboratorial (outro laboratório). Um hold-out separado da mesma coleção testa novas unidades, mas não demonstra automaticamente generalização temporal ou transferência instrumental. As dimensões podem se combinar e não formam uma escala universal (Rodionova et al., 2024; Rovira; Ruisánchez; Callao, 2023; Jiménez-Carvelo et al., 2026). O Quadro 2 organiza essas exigências como estrutura conceitual, não como escala validada.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

Quadro 2 – Desenhos de avaliação e alcance da evidência de generalização.

Desenho	O que permite avaliar	Limite principal
Reamostragem interna	Desempenho dentro do conjunto de desenvolvimento	Não comprova operação em outro domínio; tuning exige controle aninhado
Teste amostral independente	Predição em novas unidades do domínio representado	Mesma coleção pode não representar safras ou origens distintas
Teste temporal	Estabilidade em nova safra ou período	Não substitui teste instrumental ou interlaboratorial
Teste instrumental	Desempenho em outro equipamento	Pode exigir padronização; não implica transferência entre laboratórios
Teste interlaboratorial/comercial	Desempenho nas condições e unidades externas avaliadas	Validade restrita ao domínio testado; não implica confirmação de qualquer fraude

Fonte: proposta conceitual das autoras, apoiada em Rodionova et al. (2024), Rovira, Ruisánchez e Callao (2023) e Jiménez-Carvelo et al. (2026). Os desenhos representam dimensões complementares.

A interpretação química oferece evidência complementar. A composição dos ácidos graxos pode variar entre cultivares (Revelou et al., 2021), mas importância de variável, loadings, SHAP ou mapas de saliência não identificam automaticamente marcadores moleculares nem demonstram causalidade. As explicações podem variar entre reamostragens e modelos. Sua sustentação exige estabilidade, coerência espectral e química e, quando disponível, evidência composicional independente (Ordoudi et al., 2023; Goyal; Singha; Singh, 2024).

A transferência deve ser avaliada para a mudança de contexto pretendida. A influência de qualidade na classificação geográfica por infravermelho (De Angelis et al., 2025) e a harmonização de sinais LF-NMR entre equipamentos (Jiménez-Carvelo et al., 2026) ilustram desafios distintos; o sucesso em uma dimensão não comprova desempenho nas demais.

Essas limitações não reduzem a utilidade da espectroscopia; delimitam uma aplicação mais realista. Instrumentos vibracionais compactos já foram usados em autenticação não direcionada, e fluorescência, Raman, FTIR e NIR vêm sendo avaliados como ferramentas de triagem ou apoio à classificação comercial (Aykas et al., 2020; Ríos-Reina et al., 2024; Grigoletto et al., 2025). O Raman espacialmente deslocado também foi aplicado em contexto de controle de alimentos, enquanto a comparação entre quimiometria clássica e redes neurais mostrou que maior complexidade computacional não garante ganho uniforme (Horns et al., 2025; Bandiera et al., 2026). Essa interpretação converge com uma lógica de decisão em

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

camadas: métodos rápidos e de menor custo podem atuar na triagem de grandes conjuntos de amostras, enquanto resultados suspeitos ou inconclusivos devem ser encaminhados a procedimentos confirmatórios apropriados à hipótese de fraude (Food Standards Agency et al., 2025). O ponto central é explicitar a função do método; uma ferramenta de screening não deve ser apresentada como prova confirmatória apenas porque alcançou elevada acurácia em um conjunto experimental restrito.

As recomendações a seguir organizam os requisitos metodológicos discutidos para o domínio de uso.

3.7. Recomendações para estudos futuros

Amostragem: definir domínio, tarefa e unidade experimental; incluir variabilidade de origem, safra, lote e qualidade pertinente ao uso.

Divisão dos dados: manter réplicas técnicas agrupadas e reservar unidades independentes para avaliação, com separação temporal quando pertinente (Ordoudi et al., 2023; Rovira; Ruisánchez; Callao, 2023).

Modelagem: estimar transformações, selecionar variáveis e ajustar hiperparâmetros dentro do treinamento; usar reamostragem aninhada quando necessária. Avaliação: selecionar métricas compatíveis com a tarefa, documentar erros de aceitação/rejeição e distinguir tuning, teste independente e validação analítica (Rodionova et al., 2024; Goyal; Singha; Singh, 2024).

Transferência: avaliar o método nas safras, instrumentos e laboratórios relevantes à aplicação, incluindo harmonização quando necessária.

Transparência: disponibilizar espectros e metadados admissíveis, código, versões, partições e parâmetros; documentar domínio de aplicabilidade e função de triagem ou confirmação. Materiais autenticados e estudos colaborativos podem apoiar implementação operacional (Food Standards Agency et al., 2025; Jiménez-Carvelo et al., 2026).

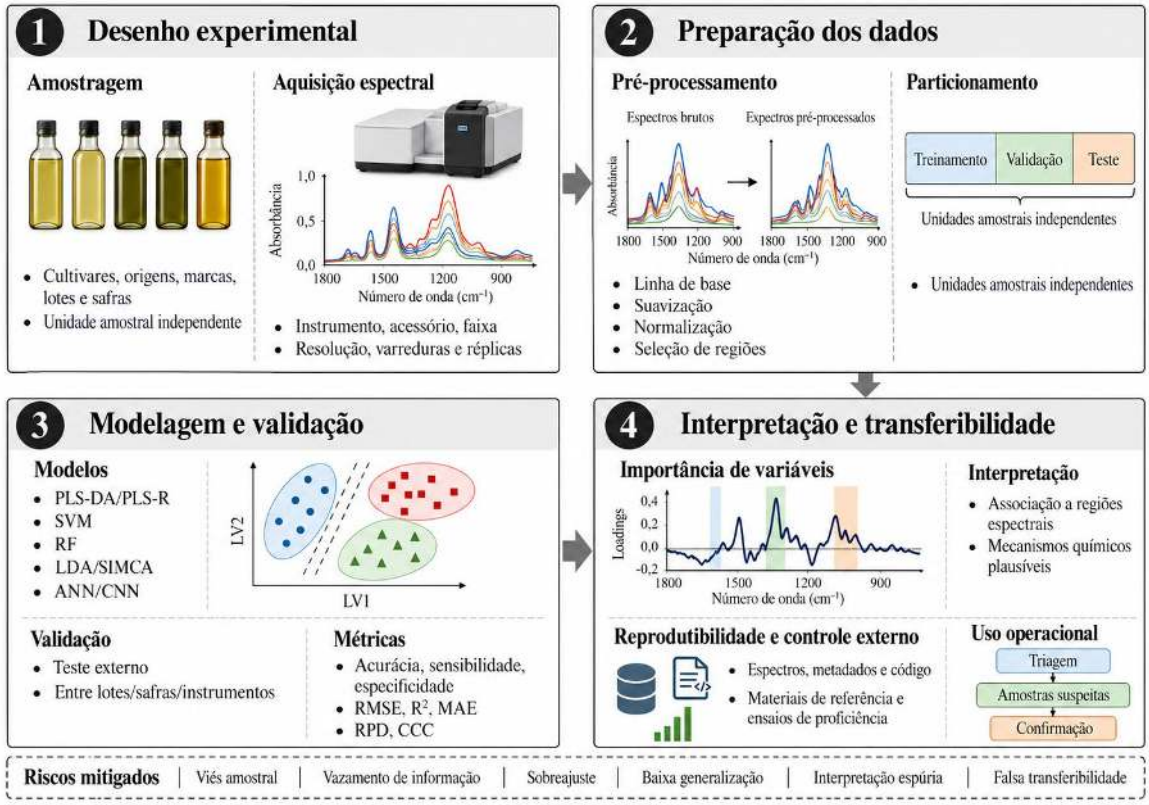
A Figura 12 sintetiza recomendações metodológicas básicas e os principais riscos que procuram mitigar, com base em Ordoudi et al. (2023), Rodionova et al. (2024), Goyal, Singha e Singh (2024), Food Standards Agency et al. (2025), Sota-Uba et al. (2021), Rovira, Ruisánchez e Callao (2023), Garrido-Cuevas et al. (2024) e Jiménez-Carvelo et al. (2026).

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

Figura 12 – Sugestões conceituais mínimas para desenvolvimento e validação de modelos de autenticação espectroscópica de azeites.



Fonte: elaboração das autoras. Síntese baseada em Ordoudi et al. (2023), Rodionova et al. (2024), Goyal, Singha e Singh (2024), Food Standards Agency et al. (2025), Sota-Uba et al. (2021), Rovira, Ruisánchez e Callao (2023), Garrido-Cuevas et al. (2024) e Jiménez-Carvelo et al. (2026). A síntese não deriva de uma auditoria estatística da qualidade dos 414 artigos e não constitui lista universal, checklist validado nem sistema formal de avaliação de qualidade.

3.8. Limitações

A recuperação restrita à Scopus e à Web of Science depende da cobertura, da indexação e da qualidade dos metadados dessas bases (Donthu et al., 2021; Pessin, Yamane e Siman, 2022). A exigência simultânea dos quatro blocos de busca pode omitir estudos pertinentes com terminologia diferente, especialmente sobre classificação, origem e rastreabilidade, que não constituíram blocos independentes de recuperação. A inclusão de PLS, principal component e nomes de plataformas também condiciona as frequências, impedindo interpretá-las como amostragem neutra de todos os métodos. Embora os registros de SORS e LIBS de Horns et al. (2025) e Gyftokostas et al. (2021) tenham sido recuperados, a ausência desses acrônimos nas strings pode sub-representar outras aplicações. As menções em metadados não substituem a verificação experimental em texto completo, e a

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

discussão narrativa não permite estimar proporções de estudos com vazamento de informação ou sem validação externa.

As citações são cumulativas e dependem da data de consulta e da cobertura das bases; sua atribuição ao país do autor correspondente exige consolidação consistente dos metadados (Donthu et al., 2021).

4. Conclusão

Em resposta a Q1, NIR/FT-NIR e FTIR/ATR-FTIR foram as famílias espectroscópicas mais mencionadas, e PCA, PLS/PLSR, PLS-DA e SVM concentraram as menções aos métodos, dentro do recorte definido pela busca. Quanto a Q2, o corpus apresentou crescimento após 2015, máximo em 2021 e novo aumento em 2025, concentração em periódicos de alimentos e análise instrumental, maiores totais de citações atribuídos a Itália, Espanha e China e estruturas de colaboração e de temas descritas pelas redes. Para Q3, a literatura narrativa aponta riscos de amostragem insuficientemente representativa, vazamento de informação, avaliação sem independência, interpretação química instável e transferência não demonstrada, sem estimar sua prevalência no corpus. Em Q4, as práticas propostas abrangem amostragem representativa, partição por unidades independentes, ajuste restrito ao treinamento, avaliação adequada à tarefa, testes nos contextos de aplicação e documentação transparente.

Disponibilidade de dados e materiais de apoio

Os materiais de apoio estão vinculados ao projeto OSF e ao registro persistente indicado na seção 2.2. O corpus analisado corresponde aos 414 artigos com ano final de publicação entre 2010 e 2025. O script de processamento documenta a conversão, a união e a deduplicação das exportações bibliográficas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Processo: 405956/2021-5; número de bolsa 302545/2022-0/DT; 305744/2024-0/DT), Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado do Espírito Santo – FAPES (351/2026; 437/2025; 431/2025; 1264/2024) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código Financeiro 001.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

Referências

ALONSO-SALCES, R. M. *et al.* Stepwise strategy based on untargeted metabolomic ^{1}H NMR fingerprinting and pattern recognition for the geographical authentication of virgin olive oils. **Food Control**, [*s. l.*], v. 173, art. 111216, 2025.

AMINU, M.; AHMAD, N. A. Complex chemical data classification and discrimination using locality preserving partial least squares discriminant analysis. **ACS Omega**, v. 5, n. 41, p. 26601-26610, 2020. DOI: https://doi.org/10.1021/acsomega.0c03362. Disponível em: https://doi.org/10.1021/acsomega.0c03362. Acesso em: 5 out. 2026.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007. Acesso em: 1 out. 2026.

AYKAS, D. P. *et al.* Non-targeted authentication approach for extra virgin olive oil. **Foods**, v. 9, n. 2, 221, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods9020221. Acesso em: 1 out. 2026.

BANDIERA, A. *et al.* Comparing deep and classical chemometrics: can CNN enhance the accuracy of EVOO adulteration detection from spectral data? **Food Control**, v. 179, 111608, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2025.111608. Acesso em: 3 out. 2026.

BORGHI, F. T. *et al.* Quantification and classification of vegetable oils in extra virgin olive oil samples using a portable near-infrared spectrometer associated with chemometrics. **Microchemical Journal**, v. 159, 105544, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105544. Acesso em: 3 out. 2026.

CHAVEZ-ANGEL, E. *et al.* Spectroscopic and Thermal Characterization of Extra Virgin Olive Oil Adulterated with Edible Oils. **Foods**, v. 11, n. 9, 1304, 29 abr. 2022. Disponível em: https://www.mdpi.com/2304-8158/11/9/1304. Acesso em: 22 ago. 2026.

DE ANGELIS, D. *et al.* Could the quality characteristics of virgin olive oil influence its geographical classification using untargeted infrared spectroscopy and chemometrics? **Food Chemistry: X**, v. 28, 102548, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102548. Acesso em: 5 out. 2026.

DONTHU, N. *et al.* How to conduct a bibliometric analysis: an overview and guidelines. **Journal of Business Research**, v. 133, p. 285-296, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070. Acesso em: 5 out. 2026.

EL MORABIT, Y. *et al.* Charting a decade of olive oil authentication: a bibliometric survey of spectroscopy and chemometrics (2014-2024). **Microchemical Journal**, v. 216, 114493, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.microc.2025.114493. Acesso em: 5 out. 2026.

EUROPEAN COMMISSION. Commission Delegated Regulation (EU) 2022/2104 of 29 July 2022 supplementing Regulation (EU) No. 1308/2013 as regards marketing standards for olive oil. **Official Journal of the European Union**, 2022. Disponível

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

em: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32022R2104. Acesso em: 18 set. 2026.

FOOD STANDARDS AGENCY *et al.* Review of current and emerging analytical methods for the testing of edible oil for authenticity. **FSA Research and Evidence**, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.46756/001c.145026. Acesso em: 5 out. 2026.

GARDELI, C. *et al.* The differentiation of extra virgin olive oil from other olive oil categories based on FTIR spectroscopy and Random Forest. **Applied Sciences**, v. 15, n. 3, 1061, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.3390/app15031061. Acesso em: 5 out. 2026.

GARRIDO-CUEVAS, M. *et al.* In-house validation of a visible and near infrared spectroscopy non-targeted method to support panel test of virgin olive oils. **Food Research International**, v. 192, 114799, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114799. Acesso em: 5 out. 2026.

GONÇALVES, T. R. *et al.* Assessment of Brazilian monovarietal olive oil in two different package systems by using data fusion and chemometrics. **Food Analytical Methods**, v. 13, p. 86-96, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s12161-019-01511-w. Acesso em: 5 out. 2026.

GOYAL, R.; SINGHA, P.; SINGH, S. K. Spectroscopic food adulteration detection using machine learning: current challenges and future prospects. **Trends in Food Science & Technology**, v. 146, 104377, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104377. Acesso em: 5 out. 2026.

GRIGOLETTO, I. *et al.* Infrared spectroscopy and chemometrics for predicting commercial categories of virgin olive oils and supporting the panel test. **Food Research International**, v. 199, 115347, 2025.Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115347. Acesso em: 5 out. 2026.

GYFTOKOSTAS, N. *et al.* Laser-induced breakdown spectroscopy coupled with machine learning as a tool for olive oil authenticity and geographic discrimination. **Scientific Reports**, v. 11, 5360, 2021. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-021-84941-z. Acesso em: 5 out. 2026.

HORNS, A. L. *et al.* Spatially offset Raman spectroscopy (SORS) for sustainable olive oil authentication - tackling the challenges in on-site food control. **Food Research International**, v. 202, 115742, 2025. Disponível em: DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.115742. Acesso em: 5 out. 2026.

IRNAWATI *et al.* Analysis of palm oil as oil adulterant in olive and pumpkin seed oils in ternary mixture systems using FTIR spectroscopy and chemometrics. **International Journal of Applied Pharmaceutics**, [*s. l.*], v. 11, n. 5, p. 210-215, 2019. DOI: 10.22159/ijap.2019v11i5.34274.

JIMÉNEZ-CARVELO, A. M. *et al.* Alternative data mining/machine learning methods for the analytical evaluation of food quality and authenticity – A review. **Food Research International**, v. 122, p. 25-39, 2019. Disponível em: DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.063. Acesso em: 5 out. 2026.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

JIMÉNEZ-CARVELO, A. M. *et al.* Standardized analytical multivariate methods via agnostization of LF-NMR signals: updating extra virgin olive oil authentication as practical example. **Talanta**, v. 297, 128730, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.talanta.2025.128730. Acesso em: 5 out. 2026.

JURADO-CAMPOS, N. *et al.* Quality authentication of virgin olive oils using orthogonal techniques and chemometrics based on individual and high-level data fusion information. **Talanta**, v. 219, 121260, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.121260. Acesso em: 5 out. 2026.

KAKOURI, E. *et al.* Authentication of the botanical and geographical origin and detection of adulteration of olive oil using gas chromatography, infrared and Raman spectroscopy techniques: a review. **Foods**, v. 10, n. 7, 1565, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods10071565. Acesso em: 5 out. 2026.

LOZANO, V. *et al.* Authentication of Argentinean extra-virgin olive oils using three-way fluorescence and two-way near-infrared data fused with multi-block DD-SIMCA. **Food Chemistry**, v. 463, 141127, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141127. Acesso em: 5 out. 2026.

MALAVI, D. *et al.* Hyperspectral imaging and chemometrics for authentication of extra virgin olive oil: a comparative approach with FTIR, UV-VIS, Raman, and GC-MS. **Foods**, v. 12, n. 3, 429, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/foods12030429. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods12030429. Acesso em: 5 out. 2026.

MALAVI, D.; RAES, K.; VAN HAUTE, S. Integrating near-infrared hyperspectral imaging with machine learning and feature selection: detecting adulteration of extra-virgin olive oil with lower-grade olive oils and hazelnut oil. **Current Research in Food Science**, v. 9, 100913, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100913. Acesso em: 5 out. 2026.

MENG, X. *et al.* Rapid detection of adulteration of olive oil with soybean oil combined with chemometrics by Fourier transform infrared, visible-near-infrared and excitation-emission matrix fluorescence spectroscopy: a comparative study. **Food Chemistry**, v. 405, 134828, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134828. Acesso em: 5 out. 2026.

MISHRA, P. Robust Constrained Partial Least Squares: A Robust Integrated Algorithm for Multivariate Regression in the Presence of Outliers, Interfering Analytes, and Structured External Influences. **Journal of Chemometrics**, v. 40, n. 6, e70138, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.1002/cem.70138. Acesso em: 5 out. 2026.

MULLER, L. F. *et al.* Digital transformation through traceability: enhancing fraud prevention and economic sustainability in the olive oil industry. **Sustainability**, v. 18, n. 3, 1475, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su18031475. Acesso em: 5 out. 2026.

ORDOUDI, S. A. *et al.* Toward the non-targeted detection of adulterated virgin olive oil with edible oils via FTIR spectroscopy & chemometrics: research methodology

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

trends, gaps and future perspectives. **Molecules**, v. 28, n. 1, 337, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/molecules28010337. Acesso em: 5 out. 2026.

ORDOUDI, S. A.; ÖZDIKICIERLER, O.; TSIMIDOU, M. Detection of ternary mixtures of virgin olive oil with canola, hazelnut or safflower oils via non-targeted ATR-FTIR fingerprinting and chemometrics. **Food Control**, v. 142, 109240, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109240. Acesso em: 5 out. 2026.

OUZZANI, M. *et al.* Rayyan - a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic Reviews**, v. 5, 210, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4. Acesso em: 5 out. 2026.

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, n71, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1136/bmj.n71. Acesso em: 5 out. 2026.

PESSIN, V. Z.; YAMANE, L. H.; SIMAN, R. R. Smart bibliometrics: an integrated method of science mapping and bibliometric analysis. **Scientometrics**, v. 127, n. 6, p. 3695-3718, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11192-022-04406-6. Acesso em: 5 out. 2026.

RETHLEFSEN, M. L. *et al.* PRISMA-S: an extension to the PRISMA statement for reporting literature searches in systematic reviews. **Systematic Reviews**, v. 10, 39, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s13643-020-01542-z. Acesso em: 5 out. 2026.

REVELOU, P. *et al.* Chemometric study of fatty acid composition of virgin olive oil from four widespread Greek cultivars. **Molecules**, v. 26, n. 14, 4151, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/molecules26144151. Acesso em: 5 out. 2026.

RÍOS-REINA, R. *et al.* A comparative study of fluorescence and Raman spectroscopy for discrimination of virgin olive oil categories: chemometric approaches and evaluation against other techniques. **Food Control**, v. 158, 110250, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110250. Acesso em: 5 out. 2026.

RODIONOVA, O. Ye. *et al.* Chemometrics as an efficient tool for food authentication: golden pillars for building reliable models. **Trends in Food Science & Technology**, v. 147, 104429, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104429. Acesso em: 5 out. 2026.

ROHMAN, A.; CHE MAN, Y. B. Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy for analysis of extra virgin olive oil adulterated with palm oil. **Food Research International**, [*s. l.*], v. 43, n. 3, p. 886-892, 2010.

ROHMAN, A.; CHE MAN, Y. B. Quantification and classification of corn and sunflower oils as adulterants in olive oil using chemometrics and FTIR spectra. **The Scientific World Journal**, [*s. l.*], v. 2012, art. 250795, 2012. DOI: 10.1100/2012/250795.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/09/2026 - **Accepted:** 08/10/2026
Vol: 13.21
DOI: 10.66104/htg47f07
Pages: 1-33

ROVIRA, G.; RUISÁNCHEZ, I.; CALLAO, M. Data standardization strategy to correct the effect of seasonality in the authentication of virgin olive oil. **Microchemical Journal**, v. 195, 109520, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.microc.2023.109520. Acesso em: 5 out. 2026.

SAKALASURIYA, D. D.; JAYATHILAKA, N.; SENEVIRATNE, K. N. Adulteration of edible oils: additives and detection methods - a systematic review. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 103, n. 6, p. 533-556, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.1002/aocs.70077. Acesso em: 5 out. 2026.

SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, M. I. *et al.* Effect of agro-climatic conditions on near infrared spectra of extra virgin olive oils. **SORT – Statistics and Operations Research Transactions**, [*s. l.*], v. 42, n. 2, p. 209-236, 2018. DOI: 10.2436/20.8080.02.75.

SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, M. *et al.* Agro-climatic information to enhance the machine-learning classification of olive oils from near-infrared spectra. **ACS Agricultural Science & Technology**, v. 4, n. 11, p. 1194-1205, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1021/acsagscitech.4c00355. Acesso em: 5 out. 2026.

SOTA-UBA, I. *et al.* Authentication of edible oils using Fourier transform infrared spectroscopy and pattern recognition methods. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 210, 104251, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2021.104251. Acesso em: 5 out. 2026.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523-538, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3. Acesso em: 5 out. 2026.

VIEIRA, L. *et al.* Building robust models for identification of adulteration in olive oil using FT-NIR, PLS-DA and variable selection. **Food Chemistry**, v. 345, 128866, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128866. Acesso em: 5 out. 2026.

VIOLINO, S. *et al.* AI-based hyperspectral and VOCs assessment approach to identify adulterated extra virgin olive oil. **European Food Research and Technology**, v. 247, p. 1013-1022, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00217-021-03683-4. Acesso em: 5 out. 2026.

ZADE, S. *et al.* A combined classification modeling strategy for detection and identification of extra virgin olive oil adulteration using Raman spectroscopy. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 240, 104903, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2023.104903. Acesso em: 5 out. 2026.

ZAROUAL, H. *et al.* Fourier transform infrared spectroscopy coupled with chemometrics for the monitoring of virgin olive oil quality during storage up to 18 months. **European Food Research and Technology**, v. 250, n. 7, p. 1969-1986, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00217-024-04505-z. Acesso em: 5 out. 2026.

CC BY