

## **ANÁLISE DE RESÍDUOS DE PESTICIDAS EM ALIMENTOS: AVANÇOS, DESAFIOS E TENDÊNCIAS BIBLIOMÉTRICAS**

**Natália Duarte de Lima<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Docente do Eixo de Produção Alimentícia, Fatec Sertão Central, Quixeramobim - CE, Brasil (natalia.lima@centec.org.br)*

**Resumo:** Este estudo explorou publicações da Web of Science® sobre análise química de resíduos de pesticidas em matrizes alimentares (1994–2024). Foram identificados 2.202 artigos, sendo 2.119 originais e 83 revisões. Identificou-se que a produção cresceu após 2004, com pico em 2011, destacando avanços metodológicos, colaborações internacionais e maior atenção à segurança do alimento. A China e a Espanha lideram as publicações, seguidas por EUA e Brasil. As palavras-chave evidenciam foco em pesticidas, métodos analíticos e QuEChERS. As redes de coautoria reforçam a relevância da cooperação científica. Ressalta-se a necessidade de fortalecer investimentos e técnicas sensíveis e sustentáveis no Brasil.

**Palavras-chave:** resíduos de pesticidas; alimentos; análise química; revisão narrativa; bibliometria

### **INTRODUÇÃO**

A produção de alimentos tem aumentado globalmente, transformando países como China e Índia em grandes “celeiros do mundo” devido à crescente demanda por consumo interno e externo. Em alguns casos, como na China, a produção local não supre totalmente a demanda, sendo necessária a importação de commodities, como a carne suína (PANIAGUA; SANTOS, 2021). Paralelamente, o aumento da produção tem sido acompanhado pelo uso intensivo de pesticidas e fármacos, frequentemente de forma inadequada, com impactos negativos para a saúde humana e o meio ambiente. No Brasil, por exemplo, o Valor Máximo Permitido (VMP) do glifosato é 5.000 vezes superior ao adotado pela União Europeia e pela USEPA, evidenciando lacunas regulatórias (PANIAGUA; SANTOS, 2021).

Classificados como Contaminantes de Interesse Emergente (CIE), pesticidas e fármacos têm sido detectados em diversas matrizes ambientais e alimentares, mesmo em regiões com baixa interferência humana, como a Antártida (MEDEIROS; D’ANNA; MONTAGNER, 2021; Paniagua, 2021a). Resíduo de pesticida é definido como substância remanescente em alimentos ou no meio ambiente, incluindo metabólitos e produtos de degradação considerados relevantes toxicológica e ambientalmente (BRASIL, 2002).

A análise de resíduos de pesticidas é uma área central da química analítica, com implicações diretas para a segurança alimentar, a saúde pública e a regulação ambiental. Os principais desafios incluem a complexidade das matrizes alimentares, a formação de metabólitos e a rápida introdução de novos pesticidas, que frequentemente supera a capacidade de desenvolvimento de métodos analíticos. Técnicas emergentes, como espectrometria de massas de alta resolução (HRMS), métodos sustentáveis baseados em química verde, análise não-alvo e machine learning, têm potencial para aumentar a eficiência, a sensibilidade e a sustentabilidade dessas análises (XU et al., 2022; PASSOS; DOS REIS, 2013).

Diante desse contexto, este artigo tem como objetivo revisar os avanços recentes na análise de resíduos de pesticidas em matrizes alimentares, identificar lacunas e desafios metodológicos, e discutir oportunidades para o desenvolvimento de soluções analíticas mais eficazes e sustentáveis, contribuindo para maior segurança alimentar e alinhamento com as demandas da ciência contemporânea.

### **MATERIAL E MÉTODOS**

Este estudo foi realizado por meio de uma revisão bibliográfica narrativa e bibliométrica, com foco em análises químicas instrumentais

para a detecção de resíduos de pesticidas em alimentos. A busca de artigos foi conduzida na base Web of Science (WoS), acessada via Portal de Periódicos CAPES, utilizando operadores booleanos e termos em português e inglês:

*(Chemical and analysis and pesticide residues and "food matrices" OR multiresidue AND pesticides NOT sample preparation\*)*. A seleção considerou apenas artigos de pesquisa e revisões publicados entre 1993 e 2024, totalizando 2.202 documentos.

Os indicadores bibliométricos analisados incluíram: evolução anual das publicações, áreas de pesquisa, países e afiliações, periódicos e autores mais produtivos, colaborações científicas e palavras-chave relevantes. Para isso, foram utilizados o pacote Bibliometrix (R) e o software VOSviewer para mapear redes de coocorrência e colaboração (VAN ECK E WALTMAN, 2010).

Critérios de exclusão eliminaram artigos que não abordassem análises químicas instrumentais de resíduos de pesticidas em matrizes alimentares. Essa abordagem permite identificar lacunas, desafios e oportunidades futuras, contribuindo para o desenvolvimento de soluções analíticas mais eficazes e sustentáveis.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Métodos analíticos instrumentais na detecção de resíduos de pesticidas em alimentos

A análise química de resíduos de pesticidas em alimentos é desafiadora devido à diversidade de propriedades físico-químicas dessas substâncias e à complexidade das matrizes, que podem interferir nos resultados. No Brasil, a legislação (Lei nº 7.802/1989; Decreto nº 4.074/2002) estabelece competências regulatórias entre MS, MAPA e MMA, com a ANVISA responsável pela avaliação toxicológica e definição dos limites máximos de resíduos (LMR), alinhados ao Codex Alimentarius da FAO/OMS. Nesse contexto, métodos cromatográficos acoplados à espectrometria de massas (LC-MS e GC-MS) destacam-se como ferramentas de referência, com avanços recentes como a ionização ambiente e espectrômetros de alta resolução (Orbitrap). Estratégias como a calibração ajustada à matriz e o uso de padrões internos isotópicos auxiliam na mitigação dos efeitos de matriz, considerados um dos maiores desafios da área.

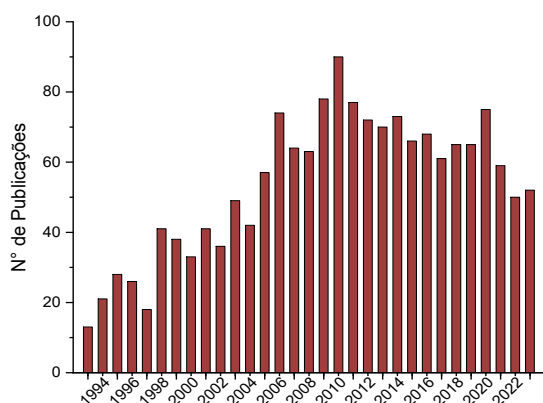
Entre os métodos de preparo de amostras, a técnica QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, Safe) é amplamente empregada pela simplicidade e eficiência em diferentes matrizes. Outras alternativas, como extração em fase sólida (SPE), cromatografia de permeação em gel (GPC) e extração com fluido supercrítico, também contribuem para análises mais seletivas e sustentáveis. Além disso, técnicas inovadoras como espectroscopia Raman aprimorada por superfície (SERS), nanobiossensores, sensores colorimétricos, métodos não destrutivos e microfluídica têm ampliado a sensibilidade e aplicabilidade das análises (BOTITSI et al., 2011; KWON; LEHOTAY; GEIS-ASTEGGIANTE, 2012; GILBERT-LÓPEZ; GARCÍA-REYES; MOLINA-DÍAZ, 2009; BRUZZONITI et al., 2014; WILKOWSKA; BIZIUK, 2011; RUTKOWSKA; ŁOZOWICKA; KACZYŃSKI, 2019; NIESSEN; MANINI; ANDREOLI, 2006; XU et al., 2017; TSUCHIYAMA; KATSUHARA; NAKAJIMA, 2017; FERRER; THURMAN, 2007; JIA et al., 2020; XU et al., 2022; LEHOTAY et al., 2010). Essas abordagens emergentes reforçam a importância de métodos robustos e sustentáveis para garantir a segurança alimentar e proteger a saúde pública.

### Análise bibliométrica

#### Publicação, tipo de documento, periódico e país

No período de 1994 a 2024, foram identificados 2.202 artigos sobre análise química de resíduos de pesticidas em matrizes alimentares, sendo 2.119 pesquisas originais e 83 revisões. A evolução das publicações (Figura 1) evidencia crescimento após 2004, com pico em 2011 (n=90), refletindo avanços tecnológicos, colaborações internacionais, maior rigor regulatório e a crescente preocupação global com a segurança alimentar.

O aumento e a manutenção do volume de publicações podem estar associados à maior conscientização sobre os efeitos nocivos dos pesticidas no meio ambiente (MAHMOOD et al., 2016), à busca por alternativas sustentáveis, às políticas de proteção ambiental e à atuação de grupos independentes voltados à sustentabilidade (ROSELL et al., 2008).



**Figura 1:** Número de artigos publicados sobre análise química de resíduos de pesticidas em matrizes alimentares, durante o período de 1994-2024.

As principais categorias WoS das 2.202 publicações analisadas (Tabela 1), foram “Química Analítica”, “Tecnologia e Ciência de Alimentos” e “Métodos de Pesquisa Bioquímica”, que somam 1.206 artigos (54,77% do total).

A análise da produção científica (Tabela 1) mostra que China e Espanha lideram as publicações em análises químicas instrumentais de resíduos de pesticidas em alimentos, ambas com mais de 10% do total, impulsionadas por investimentos em pesquisa e relevância para a segurança alimentar e exportação agrícola. O Brasil ocupa a 4ª posição, com 157 artigos, mas não figura entre as 10 instituições mais produtivas, o que indica dispersão da pesquisa entre diferentes centros e possíveis desafios relacionados a financiamento, infraestrutura e integração internacional (LOPES; LUÍS, 2023). Esses resultados reforçam a necessidade de ampliar colaborações e investimentos no país para aumentar sua competitividade e impacto global na área.

A publicação em periódicos de alto impacto é estratégica para a disseminação dos avanços científicos e tecnológicos na área. A diversidade temática observada (Tabela 2), abrangendo desde técnicas específicas, como cromatografia, até enfoques mais amplos em química analítica e ciência dos alimentos, evidencia a complexidade e a natureza multidisciplinar do campo. Esse cenário reflete também a crescente demanda por métodos analíticos robustos e confiáveis voltados à garantia da segurança alimentar global. O ranking dos periódicos que mais publicam na área evidencia a predominância de revistas

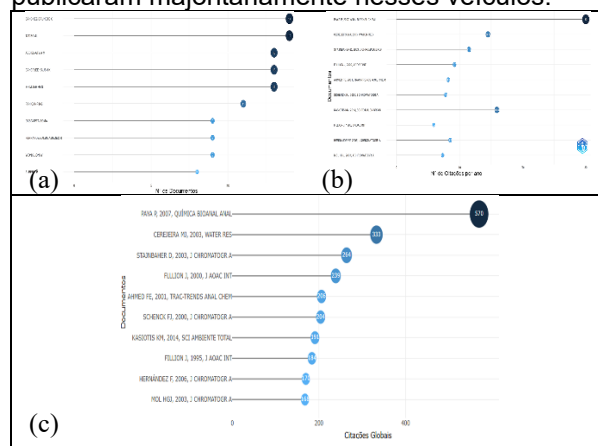
especializadas em cromatografia, química analítica e métodos aplicados à segurança alimentar, com destaque para a Revista de Cromatografia, na lidera das publicações. Esse panorama reflete o caráter interdisciplinar do tema, abrangendo tanto avanços metodológicos quanto aplicações práticas na detecção de resíduos de pesticidas em alimentos.

**Tabela 2:** Ranking das 10 principais áreas de periódicos de publicações científicas (n = 2.202).

Ranking	Periódicos	Número de publicações	%
1	Revista de Cromatografia	236	10,7
2	Revista da Internacional AOAC	155	7,0
3	Revista de Química Agrícola e Alimentar	118	5,4
4	Química de Alimentos	102	4,6
5	Química Analítica e Bioanalítica	85	3,9
6	Revista de Ciência da Separação	60	2,8
7	Métodos Analíticos de Alimentos	51	2,3
8	Cromatografia	48	2,2
9	Métodos Analíticos	47	2,1
10	Revista Internacional de Química Analítica Ambiental	47	2,1

### Principais autores, documentos e Análise de palavras-chave

Os autores Sanchez-Brunete C e Tadeo JL destacam-se entre os mais citados (Figura 2), devido às contribuições em análises químicas e ambientais. Entre os documentos mais citados (Figuras 2b e 2c), prevalecem publicações em periódicos como *Journal of Chromatography A* e *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, o que sugere que os autores mais influentes publicaram majoritariamente nesses veículos.



**Figura 2:** Relação dos principais autores (a), documentos mais citados por ano (b) e documentos mais citados – total de citação (c).

**Tabela 1:** Ranking das 10 principais áreas de publicação, países, afiliações e periódicos de publicações científicas (n = 2.202).

10	Categorias da Web of Science	Número de publicações	%
1	Química Analítica	1.129	51,27
2	Tecnologia da Ciência dos Alimentos	727	33,02
3	Métodos de Pesquisa Bioquímica	479	21,75
4	Ciências Ambientais	354	16,08
5	Química Aplicada	299	13,58
6	Agricultura Multidisciplinar	138	6,27
7	Toxicologia	122	5,54
8	Nutrição Dietética	110	4,99
9	Química Multidisciplinar	109	4,95
10	Espectroscopia	82	3,72

Ranking	Países	Número de publicações	%
1	República da China	413	18,76
2	Espanha	406	18,44
3	Estados Unidos da América (EUA)	213	9,67
4	Brasil	157	7,13
5	Japão	111	5,02
6	Índia	106	4,81
7	França	97	4,41
8	Itália	93	4,22
9	Alemanha	80	3,63
10	Coréia do Sul	71	3,22

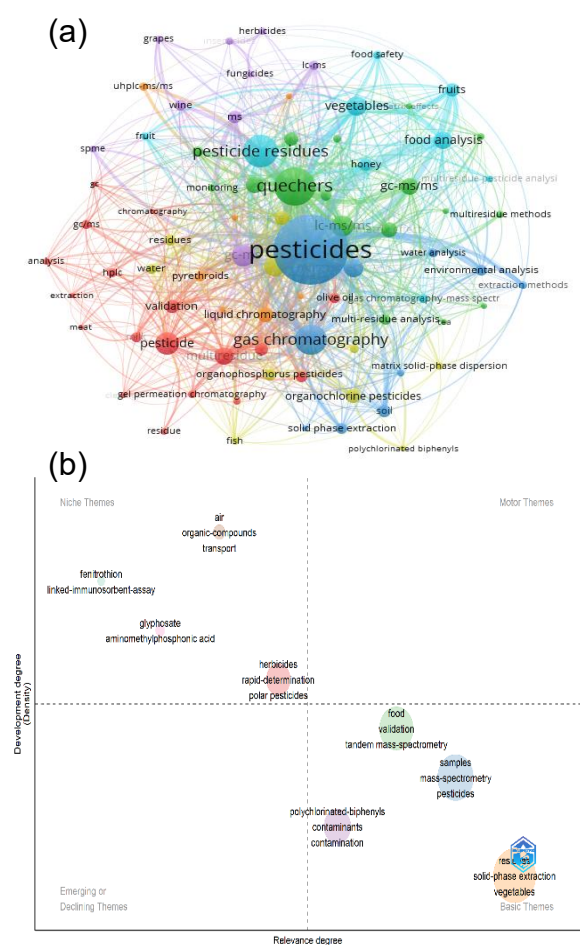
  

Ranking	Afiliações (País)	Número de publicações	%
1	Universidade de Almeria (Espanha)	127	5,767%
2	Banco de Conhecimento Egípcio – EKB (Egito)	67	3,043%
3	Academia Chinesa de Ciências Agrícolas (China)	65	2,952%
4	Ministério da Agricultura Assuntos Rurais (China)	59	2,679%
5	Centro Nacional de Pesquisa Científica - CNRS (França)	47	2,13
6	Conselho Indiano de Pesquisa Agrícola – ICAR (Índia)	46	2,09
7	FDA - Administração de Medicamentos Alimentares dos EUA (Estados Unidos)	45	2,04
8	Universidade Agrícola da China (China)	43	1,95
9	Conselho Superior de Investigações Científicas – CSIC (Espanha)	41	1,86
10	Universidade do Cairo (Egito)	36	1,63

A análise de coocorrência de palavras-chave é amplamente utilizada para identificar tópicos relevantes e áreas ainda pouco exploradas. A Figura 3 apresenta as principais palavras-chave das publicações analisadas, entre as quais se destaca a metodologia QuEChERS,

reconhecida por sua simplicidade e eficiência na extração de resíduos químicos em matrizes alimentares. Segundo Bruzzone et al. (2014), o método tem sido aplicado não apenas para pesticidas, mas também para acrilamida, fármacos e medicamentos veterinários.

Nesta pesquisa, foram identificadas 6.146 palavras-chave nos 2.202 documentos analisados. Destas, 60 apresentaram pelo menos 10 ocorrências, sendo agrupadas em sete domínios de pesquisa interconectados (Fig. 3a). A frequência e a centralidade dessas palavras refletem os temas centrais do campo, destacando tópicos como pesticidas e a metodologia QuEChERS (Farias da Cruz et al., 2022; Ribeiro et al., 2022). Entre as palavras-chave mais recorrentes estão alimentos comumente associados a altos níveis de resíduos de agrotóxicos, como frutas, vegetais, azeite de oliva, peixe, carne, água, uva e mel.



Legenda: O tamanho do círculo das palavras-chave representa a frequência de ocorrência em artigos. A espessura da linha entre quaisquer duas palavras-chave exibe o grau de cooperação.

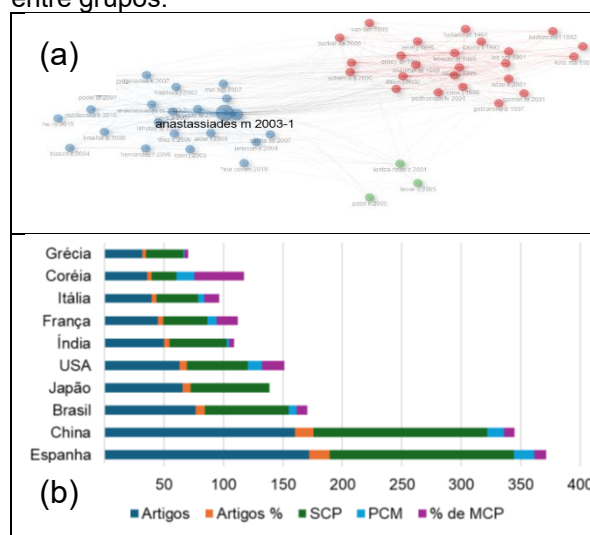
**Figura 3:** Rede de coocorrências de palavras-chave das 60 principais palavras-chave (a) e mapa temático das principais palavras-chave sobre análise química de resíduos de pesticidas em matrizes alimentares (b).

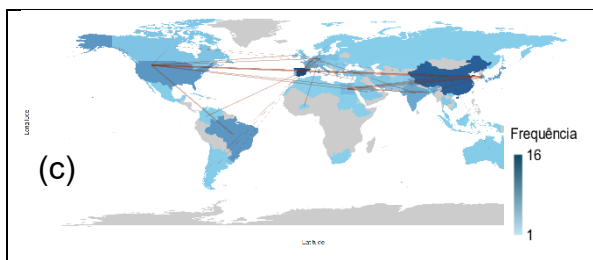
Esses alimentos podem ser mais vulneráveis à contaminação devido ao uso intensivo de agrotóxicos nas práticas agrícolas, especialmente frutas e vegetais, que frequentemente são consumidos sem processos adequados de remoção de resíduos. Já o azeite de oliva, o peixe e a carne podem apresentar níveis de contaminantes decorrentes tanto do uso de pesticidas e insumos químicos no cultivo de matérias-primas quanto da contaminação indireta via rações animais.

Para identificar temas e tendências de pesquisa nesse campo, foi analisado o mapa temático das palavras-chave (Fig. 3b). Foram reconhecidas 22 palavras-chave, distribuídas em 8 clusters, organizados em quatro quadrantes: Temas Básicos, Temas Emergentes ou em Declínio, Temas Motores e Temas de Nicho. A presença de quatro clusters em Temas de Nicho evidencia áreas altamente especializadas, que refletem tanto a diversidade de abordagens quanto os diferentes interesses científicos da área. Como ressaltado por Sganzerla e Silva (2022), as palavras-chave inseridas nesse nicho apresentam potencial significativo para novas investigações, reforçando a relevância dessas descobertas.

### Redes de Colaboração

Os clusters de cores (azul, vermelho e verde) representam grupos de autores ou documentos com maior interação interna e menor interação entre grupos.





Legenda: SCP = publicações de um único país; PCM= publicações de múltiplas colaborações; % de MCP = publicações de vários países em %.

**Figura 4:** Colaborações entre os autores (a), países mais produtivos (b) e colaboração entre os países (c)

O cluster azul apresenta densidade menor, porém rede coesa; o vermelho possui maior densidade de conexões internas, evidenciando colaboração intensa; e o verde, pequeno e menos conectado, representa provavelmente uma área mais específica ou ainda pouco explorada.

A Figura 4c ilustra as colaborações entre países em publicações sobre resíduos de pesticidas em alimentos. Países em azul escuro indicam maior participação ou liderança, e as linhas representam parcerias científicas. Europa, América do Norte e Ásia mostram maior densidade de conexões, refletindo redes consolidadas e interesse estratégico devido à relevância agrícola e regulamentações rigorosas. Brasil, China e Índia destacam-se pela produção agrícola, enquanto EUA e União Europeia lideram em tecnologia e regulação. A análise também identifica potenciais parceiros e lacunas regionais. Na Figura 4b, Espanha, China e Brasil lideram em publicações de autoria única (SCP), enquanto a Coreia, apesar de menor produção absoluta, apresenta maior proporção de publicações colaborativas (MCP, 41,7%), evidenciando ampla rede de colaboração internacional.

### Perspectivas e oportunidades

A análise de resíduos de pesticidas em alimentos é essencial para garantir a segurança alimentar e proteger a saúde humana, especialmente diante do aumento do uso de pesticidas na agricultura. Tecnologias como cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas (LC-MS) oferecem alta especificidade e sensibilidade, garantindo conformidade com os limites máximos de resíduos (MRLs) internacionais (BOTITSI et al., 2011; STACHNIUK; FORMAL, 2016). Métodos emergentes, como detecção colorimétrica

(UMAPATHI et al., 2021), técnicas não destrutivas (NDT) (SINDHU; MANICKAVASAGAN, 2023) e microfluídica combinada com nanomateriais e impressão 3D (JIANG et al., 2023), ampliam a rapidez e a eficiência das análises.

Avanços em preparo de amostras, incluindo extração líquido-líquido, fluido supercrítico, líquido pressurizado e extração assistida por micro-ondas ou ultrassom, são cruciais para reduzir interferências e melhorar a precisão (ZHANG et al., 2012). Sistemas inteligentes como PRIAS permitem análise automatizada de riscos e geração de relatórios (CHEN et al., 2022; MEIRA, 2015). A combinação de técnicas analíticas avançadas, métodos de preparo de amostras eficientes e sistemas de análise de dados robustos é fundamental para enfrentar desafios atuais e assegurar a segurança alimentar global (WAHAB et al., 2022; CHEN et al., 2022).

### CONCLUSÃO

Os métodos de análise de pesticidas evoluíram significativamente, com destaque para a técnica QuEChERS no preparo de amostras e para a cromatografia líquida ou gasosa acoplada à espectrometria de massas na separação, identificação e quantificação. Persistem desafios relacionados à complexidade das matrizes, à diversidade físico-química dos compostos e à sensibilidade dos métodos analíticos.

A análise bibliométrica realizada neste estudo permitiu identificar tendências, lacunas e áreas estratégicas de pesquisa, evidenciando a predominância de publicações em periódicos especializados em cromatografia e química analítica. China e Espanha lideram a produção científica, enquanto o Brasil, embora relevante, ainda enfrenta desafios para consolidar suas instituições entre as mais produtivas. Lacunas permanecem na integração entre pesquisa acadêmica e aplicação prática, bem como na necessidade de métodos analíticos sensíveis, econômicos e sustentáveis. Esses resultados reforçam a importância de políticas públicas e investimentos em inovação para garantir segurança dos alimentos e alimentar, qualidade e sustentabilidade.

### REFERÊNCIAS

BOTITSI, H. V. et al. Current mass spectrometry strategies for the analysis of pesticides and their metabolites in food and water matrices. **Mass**

**Spectrometry Reviews**, v. 30, n. 5, p. 907–939, 17 set. 2011.

BRASIL. ANVISA. **Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos (PARA). Relatório de atividades de 2010**. Brasília, 2011.

BRASIL. ANVISA. **RDC n. 1, de 14 de janeiro de 2011. Regulamento técnico Pesticidas: r. ecotoxicol. e meio ambiente, Curitiba, v. 23, jan./dez. 2013 57 para o ingrediente ativo metamidofós em decorrência da reavaliação toxicológica**. Brasília, BrasilDiario Oficial da União, , 2011.

BRASIL. **Decreto n4.074, de 04 de janeiro de 2002.Regulamenta a Lei n7.802, de 11 de julho de 1989**, 2002.

BRUZZONITI, M. C. et al. QuEChERS sample preparation for the determination of pesticides and other organic residues in environmental matrices: a critical review. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 406, n. 17, p. 4089–4116, 27 jul. 2014.

BULAIĆ NEVISTIĆ, M.; KOVAČ TOMAS, M. Matrix Effect Evaluation in GC/MS-MS Analysis of Multiple Pesticide Residues in Selected Food Matrices. **Foods**, v. 12, n. 21, p. 3991, 31 out. 2023.

CHEN, Y. et al. PRIAS: An Intelligent Analysis System for Pesticide Residue Detection Data and Its Application in Food Safety Supervision. **Foods**, v. 11, n. 6, p. 780, 8 mar. 2022.

DE LIMA, N. D. et al. The response of authors to the comment on “Bibliometric insights into the application of natural deep eutectic solvents in extracting bioactive compounds from fruit wastes” (Int J Environ Sci Technol. 2024 Jul 1). **International Journal of Environmental Science and Technology**, 15 out. 2024.

FERRER, I.; THURMAN, E. M. Multi-residue method for the analysis of 101 pesticides and their degradates in food and water samples by liquid chromatography/time-of-flight mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v. 1175, n. 1, p. 24–37, dez. 2007.

GILBERT-LÓPEZ, B.; GARCÍA-REYES, J. F.; MOLINA-DÍAZ, A. Sample treatment and determination of pesticide residues in fatty vegetable matrices: A review. **Talanta**, v. 79, n. 2, p. 109–128, 15 jul. 2009.

JIA, M. et al. Rapid Multi-Residue Detection Methods for Pesticides and Veterinary Drugs. **Molecules**, v. 25, n. 16, p. 3590, 7 ago. 2020.

JIANG, Z. et al. Advances in Microfluidics Techniques for Rapid Detection of Pesticide Residues in Food. **Foods**, v. 12, n. 15, p. 2868, 28 jul. 2023.

KWON, H.; LEHOTAY, S. J.; GEIS-ASTEGGIANTE, L. Variability of matrix effects in liquid and gas chromatography–mass spectrometry analysis of pesticide residues after QuEChERS sample preparation of different food crops. **Journal of Chromatography A**, v. 1270, p. 235–245, dez. 2012.

LEHOTAY, S. J. et al. Comparison of QuEChERS sample preparation methods for the analysis of pesticide residues in fruits and vegetables. **Journal of Chromatography A**, v. 1217, n. 16, p. 2548–2560, abr. 2010.

LOPES, G.; LUÍS, B. The impact of Brazilian food science over the past two decades. A critical review and meta-analysis. **Food Science Today**, v. 1, p. 1–29, 2023.

MAHMOOD, I. et al. Effects of Pesticides on Environment. In: **Plant, Soil and Microbes**. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 253–269.

MEIRA, A. P. G. Técnicas de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos de origem vegetal: uma revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 22, n. 2, p. 766, 28 dez. 2015.

NIESSEN, W. M. A.; MANINI, P.; ANDREOLI, R. Matrix effects in quantitative pesticide analysis using liquid chromatography–mass spectrometry. **Mass Spectrometry Reviews**, v. 25, n. 6, p. 881–899, 16 nov. 2006.

PANIAGUA, C. E. DA S.; SANTOS, V. DE O. Review on the application of the QuEChERS method in the simultaneous determination of multi-residues (pesticides and drugs) present in foods of animal origin. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 10, p. 98971–98987, 2021.

PASSOS, F. R.; DOS REIS, M. R. Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos de Origem Vegetal: Revisão. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 23, p. 49–58, 2013.

ROSELL, G. et al. Biorational insecticides in pest management. **Journal of Pesticide Science**, v. 33, n. 2, p. 103–121, 2008.

RUTKOWSKA, E.; ŁOZOWICKA, B.; KACZYŃSKI, P. Three approaches to minimize matrix effects in residue analysis of multiclass

pesticides in dried complex matrices using gas chromatography tandem mass spectrometry. **Food Chemistry**, v. 279, p. 20–29, maio 2019.

SINDHU, S.; MANICKAVASAGAN, A. Nondestructive testing methods for pesticide residue in food commodities: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 22, n. 2, p. 1226–1256, 30 mar. 2023.

STACHNIUK, A.; FORNAL, E. Liquid Chromatography-Mass Spectrometry in the Analysis of Pesticide Residues in Food. **Food Analytical Methods**, v. 9, n. 6, p. 1654–1665, 28 jun. 2016.

TEKEL', J.; HATRÍK, Š. Pesticide residue analyses in plant material by chromatographic methods: clean-up procedures and selective detectors. **Journal of Chromatography A**, v. 754, n. 1–2, p. 397–410, nov. 1996.

TSUCHIYAMA, T.; KATSUHARA, M.; NAKAJIMA, M. Compensation of matrix effects in gas chromatography–mass spectrometry analysis of pesticides using a combination of matrix matching and multiple isotopically labeled internal standards. **Journal of Chromatography A**, v. 1524, p. 233–245, nov. 2017.

UMAPATHI, R. et al. Colorimetric based on-site sensing strategies for the rapid detection of pesticides in agricultural foods: New horizons, perspectives, and challenges. **Coordination Chemistry Reviews**, v. 446, p. 214061, nov. 2021.

WAHAB, S. et al. Advancement and New Trends in Analysis of Pesticide Residues in Food: A Comprehensive Review. **Plants**, v. 11, n. 9, p. 1106, 19 abr. 2022.

WILKOWSKA, A.; BIZIUK, M. Determination of pesticide residues in food matrices using the QuEChERS methodology. **Food Chemistry**, v. 125, n. 3, p. 803–812, abr. 2011.

XU, L. et al. Recent Advances in Rapid Detection Techniques for Pesticide Residue: A Review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 70, n. 41, p. 13093–13117, 19 out. 2022.

XU, M.-L. et al. Detection of Pesticide Residues in Food Using Surface-Enhanced Raman Spectroscopy: A Review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 65, n. 32, p. 6719–6726, 16 ago. 2017.

ZHANG, L. et al. A review of sample preparation

methods for the pesticide residue analysis in foods. **Open Chemistry**, v. 10, n. 3, p. 900–925, 1 jun. 2012.