ReGeo ISSN: 2177-3246

USO DE TECNOLOGIAS EMERGENTES NO PROCESSAMENTO DE PESCADOS (ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA, PLASMA FRIO, ULTRASSOM E PULSOS ELÉTRICOS)

USE OF EMERGING TECHNOLOGIES IN FISH PROCESSING (HIGH-PRESSURE PROCESSING, COLD PLASMA, ULTRASOUND, AND PULSED ELECTRIC FIELDS)

USO DE TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN EL PROCESAMIENTO DE PRODUCTOS PESQUEROS (ALTA PRESIÓN HIDROSTÁTICA, PLASMA FRÍO, ULTRASONIDO Y PULSOS ELÉCTRICOS)

https://doi.org/10.56238/revgeov17n8-204

Data de submissão: 07/07/2026 **Data de publicação:** 21/08/2026

Helida Alian da Silva Chagas
Graduando em engenharia de alimentos
Instituição: Universidade Estadual do Pará (UEPA)
E-mail: chagashelida36@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0009-0006-1263-9524

Rita de Cassia Monteiro Soares
Graduando em engenharia de alimentos
Instituição: Universidade Estadual do Pará (UEPA)
E-mail: riitasoarees2015@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0009-0006-7671-0895

Vitória Nazaré Costa Seixas
Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Instituição: Universidade do Estado do Pará (UEPA)
E-mail: vitoria.seixas@uepa.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-0716-3876

Elzelis Muller da Silva
Doutora em Engenharia de Recursos Naturais
Instituição: Universidade do Estado do Pará (UEPA)
E-mail: elzelis@uepa.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-6778-520X

Thiago Nicolau Magalhães de Souza Conte
Doutor em Engenharia Elétrica
Instituição: Universidade do Estado do Pará (UEPA)
E-mail: thiagonconte@uepa.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-1288-366X

Patrícia Danielle Lima de Lima
Doutora em Genética e Biologia Molecular
Instituição: Universidade do Estado do Pará (UEPA)
E-mail: patricia.lima@uepa.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-1068-2813

Mirla de Nazare do Nascimento Miranda
Doutora em Engenharia Química
Instituição: Universidade do Estado do Pará (UEPA)
E-mail: mirla@uepa.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-3979-6240

Vera Regina da Cunha Menezes Palácios
Instituição: Universidade do Estado do Pará (UEPA)
E-mail: verapalacios@uepa.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-0300-7972

Silvana Neves de Melo
Mestre em Botânica
Instituição: Universidade do Estado do Pará (UEPA)
E-mail: silvana.melo@uepa.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-4257-9893

Rosemary Maria Pimentel Coutinho
Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Instituição: Instituto Federal do Pará (IFPA)
E-mail: rosemary.coutinho@ifpa.edu.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-3444-1248

RESUMO
O pescado apresenta elevada perecibilidade, o que exige métodos eficientes de conservação para manter sua qualidade e segurança durante o armazenamento e a distribuição. Este estudo teve como objetivo revisar o uso de tecnologias não térmicas aplicadas ao processamento de pescados, destacando seus efeitos tecnológicos, microbiológicos e sustentáveis. A pesquisa caracterizou-se como uma revisão bibliográfica narrativa, de abordagem qualitativa e descritiva, realizada nas bases Scopus, Web of Science, ScienceDirect, PubMed e Google Scholar, considerando publicações entre 2021 e 2026. O referencial teórico evidenciou que a Alta Pressão Hidrostática contribui para a redução microbiana e preservação sensorial; o Plasma Frio promove descontaminação superficial com baixo impacto térmico; o Ultrassom intensifica operações de processamento e melhora propriedades tecnológicas; e os Pulsos Elétricos favorecem a transferência de massa e o aproveitamento de coprodutos. Conclui-se que essas tecnologias representam alternativas promissoras para ampliar a vida útil, reduzir perdas e fortalecer a sustentabilidade da cadeia pesqueira, embora sua aplicação industrial ainda dependa de avanços econômicos, operacionais e regulatórios.

Palavras-chave: Conservação de Alimentos. Vida Útil. Qualidade Microbiológica. Economia Circular.

ABSTRACT
Fish products are highly perishable, requiring efficient preservation methods to maintain their quality and safety during storage and distribution. This study aimed to review the use of non-thermal technologies applied to fish processing, highlighting their technological, microbiological, and sustainability effects. The research was characterized as a narrative literature review with a qualitative and descriptive approach, conducted in the Scopus, Web of Science, ScienceDirect, PubMed, and Google Scholar databases, considering publications from 2021 to 2026. The theoretical framework showed that High Pressure Processing contributes to microbial reduction and sensory preservation;

Cold Plasma promotes surface decontamination with low thermal impact; High-Intensity Ultrasound intensifies processing operations and improves technological properties; and Pulsed Electric Fields enhance mass transfer and the utilization of fish by-products. It was concluded that these technologies are promising alternatives to extend shelf life, reduce losses, and strengthen the sustainability of the fish production chain, although their industrial application still depends on economic, operational, and regulatory advances.

Keywords: Food Preservation. Shelf Life. Microbiological Quality. Circular Economy.

RESUMEN

Los productos pesqueros presentan alta perecibilidad, lo que exige métodos eficientes de conservación para mantener su calidad e inocuidad durante el almacenamiento y la distribución. Este estudio tuvo como objetivo revisar el uso de tecnologías no térmicas aplicadas al procesamiento de productos pesqueros, destacando sus efectos tecnológicos, microbiológicos y de sostenibilidad. La investigación se caracterizó como una revisión bibliográfica narrativa, con enfoque cualitativo y descriptivo, realizada en las bases de datos Scopus, Web of Science, ScienceDirect, PubMed y Google Scholar, considerando publicaciones entre 2021 y 2026. El marco teórico evidenció que la Alta Presión Hidrostática contribuye a la reducción microbiana y a la preservación sensorial; el Plasma Frío promueve la descontaminación superficial con bajo impacto térmico; el Ultrasonido de Alta Intensidad intensifica las operaciones de procesamiento y mejora las propiedades tecnológicas; y los Pulsos Eléctricos de Alta Intensidad favorecen la transferencia de masa y el aprovechamiento de subproductos pesqueros. Se concluye que estas tecnologías constituyen alternativas prometedoras para prolongar la vida útil, reducir pérdidas y fortalecer la sostenibilidad de la cadena productiva pesquera, aunque su aplicación industrial aún depende de avances económicos, operativos y regulatorios.

Palabras clave: Conservación de Alimentos. Vida Útil. Calidad Microbiológica. Economía Circular.

1 INTRODUÇÃO

O pescado possui elevado valor nutricional e importância econômica para o Brasil, sendo reconhecido como fonte de proteínas de alto valor biológico, minerais e ácidos graxos ômega-3. Entretanto, devido ao elevado teor de umidade, ao pH próximo da neutralidade e à intensa atividade enzimática, trata-se de um alimento altamente perecível, exigindo métodos eficientes de conservação para garantir sua qualidade e segurança microbiológica durante o armazenamento e a distribuição (Monteiro *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2023).

Os métodos convencionais de conservação, como refrigeração, congelamento e tratamentos térmicos, são amplamente utilizados para reduzir a carga microbiana e prolongar a vida útil dos produtos pesqueiros. Contudo, esses processos podem provocar desnaturação de proteínas, perda de água, alterações de textura, escurecimento e oxidação lipídica, comprometendo atributos sensoriais e nutricionais do pescado. Em razão dessas limitações, cresce o interesse por tecnologias capazes de preservar as características naturais do alimento e, simultaneamente, assegurar sua estabilidade microbiológica (Monteiro *et al.*, 2021; Silva; Schmidt, 2022).

Nesse contexto, destacam-se as tecnologias não térmicas, como a Alta Pressão Hidrostática (APH), o Plasma Frio (Cold Plasma – CP), o Ultrassom de Alta Potência (US) e os Pulsos Elétricos de Alta Intensidade (PEF). Essas tecnologias apresentam menor impacto sobre as propriedades físico-químicas e sensoriais dos alimentos e têm demonstrado potencial para aumentar a vida útil, melhorar a qualidade tecnológica e ampliar a segurança microbiológica de pescados e frutos do mar (Rodrigues *et al.*, 2021; Freitas *et al.*, 2023; Corrêa *et al.*, 2024).

Além dos benefícios tecnológicos, a adoção de tecnologias emergentes está alinhada às demandas atuais da indústria de alimentos por processos mais sustentáveis, com menor consumo energético e maior aproveitamento de matérias-primas e coprodutos. Estudos recentes indicam que a combinação de tecnologias não térmicas com sistemas de refrigeração e embalagens ativas pode reduzir perdas pós-processamento, minimizar impactos ambientais e agregar valor à cadeia produtiva do pescado, contribuindo para modelos de produção mais eficientes e compatíveis com os princípios da economia circular (Araújo *et al.*, 2022; Chatzimitakos *et al.*, 2023; Souza *et al.*, 2025).

Apesar dos avanços científicos observados nos últimos anos, a aplicação industrial dessas tecnologias ainda enfrenta desafios relacionados ao elevado custo dos equipamentos, à necessidade de mão de obra especializada e à ausência de regulamentações específicas para algumas aplicações em produtos pesqueiros. Dessa forma, a consolidação dessas tecnologias depende de estudos que avaliem sua eficiência microbiológica, seus efeitos sobre a qualidade do produto e sua viabilidade tecnológica e econômica em escala industrial (Corrêa *et al.*, 2024; Souza *et al.*, 2025).

Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo revisar criticamente o estado da arte da Alta Pressão Hidrostática, do Plasma Frio, do Ultrassom de Alta Potência e dos Pulsos Elétricos de Alta Intensidade aplicados ao processamento de pescados, enfatizando seus mecanismos de ação, efeitos físico-químicos e microbiológicos, potencial de preservação da qualidade e perspectivas de aplicação sustentável na indústria pesqueira brasileira.

2 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica com abordagem qualitativa e descritiva, desenvolvida com o objetivo de reunir, analisar e sintetizar evidências científicas recentes acerca da aplicação de tecnologias emergentes no processamento de pescados, com ênfase em Alta Pressão Hidrostática (APH), Plasma Frio (CP), Ultrassom de Alta Potência (US) e Pulsos Elétricos de Alta Intensidade (PEF).

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados Scopus, Web of Science, ScienceDirect, PubMed e Google Scholar, por serem amplamente utilizadas na indexação de periódicos científicos das áreas de alimentos, engenharia de alimentos e processamento de produtos pesqueiros. Foram empregados descritores em português e inglês combinados por operadores booleanos, incluindo: pescado, *fish processing, emerging technologies, high pressure processing, cold plasma, high-intensity ultrasound, pulsed electric fields, seafood preservation* e *non-thermal technologies.*

Foram considerados artigos científicos originais e revisões publicados entre 2021 e 2026, disponíveis na íntegra e relacionados diretamente ao processamento, conservação, qualidade físico-química, segurança microbiológica e sustentabilidade de produtos pesqueiros. Excluíram-se trabalhos duplicados, resumos de eventos, capítulos de livros, dissertações, teses, documentos sem revisão por pares e estudos que não apresentavam aplicação direta das tecnologias emergentes em pescado ou frutos do mar.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA (APH)

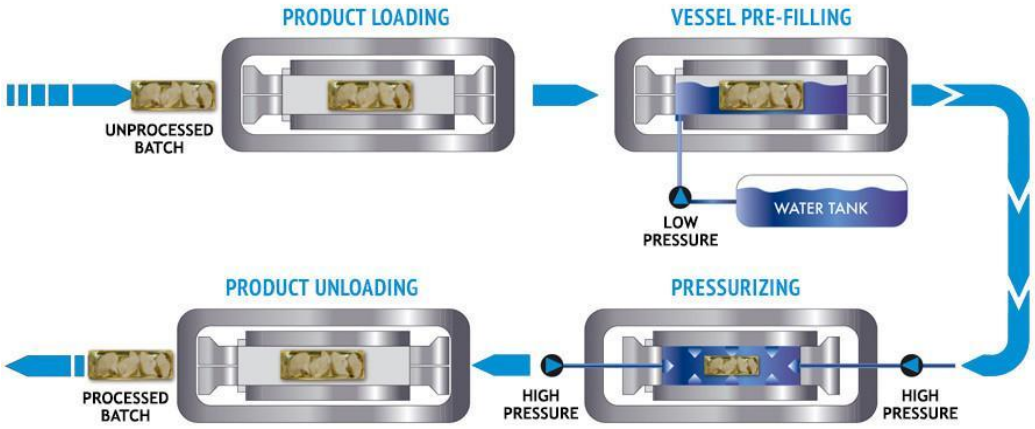
A Alta Pressão Hidrostática (APH) é considerada uma das principais tecnologias emergentes não térmicas empregadas na conservação de alimentos, destacando-se pela capacidade de aumentar a segurança microbiológica e prolongar a vida útil dos produtos sem causar alterações significativas em suas características sensoriais e nutricionais. O processo consiste na aplicação de pressões isostáticas, geralmente entre 100 e 600 MPa, transmitidas uniformemente por um fluido, normalmente água,

permitindo que todo o alimento seja submetido à mesma intensidade de pressão independentemente do seu formato ou tamanho (Silva; Schmidt, 2022).

O mecanismo de ação da APH baseia-se na desestabilização das membranas celulares e na desnaturação de proteínas essenciais ao metabolismo microbiano, promovendo a inativação de bactérias deteriorantes e patogênicas sem romper as ligações covalentes responsáveis pelo aroma, sabor e valor nutricional do alimento (Monteiro *et al.*, 2021). Dessa forma, vitaminas, pigmentos naturais e compostos bioativos apresentam menor degradação quando comparados aos tratamentos térmicos convencionais.

A Figura 1 ilustra as etapas da Alta Pressão Hidrostática (APH), que compreendem o carregamento do produto, o preenchimento da câmara com água, a aplicação de alta pressão e a retirada do alimento processado. Esse método permite a inativação de microrganismos, aumentando a vida útil do pescado e preservando suas características sensoriais e nutricionais, por não utilizar temperaturas elevadas (Monteiro *et al.*, 2021; Silva; Schmidt, 2022; Rathod *et al.*, 2022).

Figura 1. Etapas do processamento por Alta Pressão Hidrostática (APH).



Fonte: Adaptado de HIPERBARIC (2024).

No processamento de pescados, a Alta Pressão Hidrostática tem demonstrado resultados expressivos na conservação de filés refrigerados, reduzindo a carga microbiana e retardando processos deteriorativos. Além disso, promove alterações estruturais controladas nas proteínas miofibrilares, aumentando a capacidade de retenção de água, a força de gel e a estabilidade de emulsões, características importantes para a produção de produtos reestruturados, embutidos e derivados de pescado (Monteiro *et al.*, 2021; Silva; Schmidt, 2022).

3.2 PLASMA FRIO (CP)

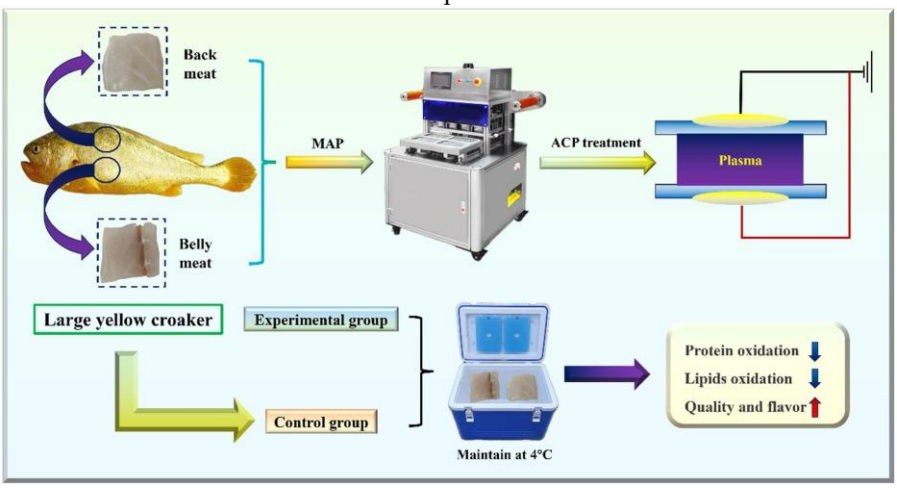
O Plasma Frio (*Cold Plasma* – CP) representa uma das tecnologias emergentes mais promissoras para a descontaminação microbiológica de alimentos, principalmente daquelas sensíveis ao calor, como pescados e frutos do mar. Essa tecnologia é obtida pela ionização parcial de gases em temperatura ambiente, originando um conjunto de partículas eletricamente carregadas, elétrons, íons, radicais livres, espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (ROS e RNS) e radiação ultravioleta (Rodrigues *et al.*, 2021).

Esses componentes atuam simultaneamente sobre os microrganismos, provocando danos à membrana celular, oxidação de proteínas, alterações no DNA e comprometimento das funções metabólicas, resultando na morte celular. Como o tratamento ocorre em baixa temperatura, há menor impacto sobre a textura, a cor e o valor nutricional dos alimentos quando comparado aos métodos térmicos tradicionais (Rodrigues *et al.*, 2021).

No processamento de pescados, o Plasma Frio tem sido utilizado principalmente para descontaminação superficial de filés, carcaças e embalagens, contribuindo para o aumento da vida útil e da segurança microbiológica dos produtos. Entretanto, a eficiência do processo depende do tempo de exposição, da composição do gás utilizado e da intensidade da descarga elétrica, uma vez que tratamentos excessivos podem favorecer reações oxidativas em lipídios e pigmentos da carne (Corrêa *et al.*, 2024).

A Figura 2 apresenta a aplicação do Plasma Frio (Cold Plasma – CP) associado à embalagem em atmosfera modificada (MAP) para a conservação de filés de pescado. O tratamento reduz a oxidação de proteínas e lipídios, aumenta a estabilidade microbiológica e contribui para a manutenção da qualidade sensorial durante o armazenamento refrigerado, prolongando a vida útil do produto (Rodrigues *et al.*, 2021; Corrêa *et al.*, 2024; Rathod *et al.*, 2021).

Figura 2. Aplicação do Plasma Frio (CP) associado à embalagem em atmosfera modificada (MAP) na conservação de filés de pescado.



Fonte: Adaptado de WANG *et al.* (2022).

Plasma Frio (CP) apresenta grande potencial para a descontaminação de superfícies, com redução significativa da carga microbiana e sem geração de resíduos químicos. Entretanto, requer controle rigoroso dos parâmetros de tratamento para evitar a indução de oxidação lipídica (Rodrigues *et al.*, 2021; Corrêa *et al.*, 2024).

3.3 ULTRASSOM DE ALTA POTÊNCIA (US)

O Ultrassom de Alta Potência (US) é uma tecnologia não térmica baseada na propagação de ondas sonoras de baixa frequência, normalmente entre 20 e 100 kHz, que promovem o fenômeno da cavitação acústica. Durante esse processo ocorre a formação, crescimento e colapso de microbolhas em meio líquido, liberando elevada quantidade de energia sob a forma de microjatos, ondas de choque e forças de cisalhamento (Lima *et al.*, 2022).

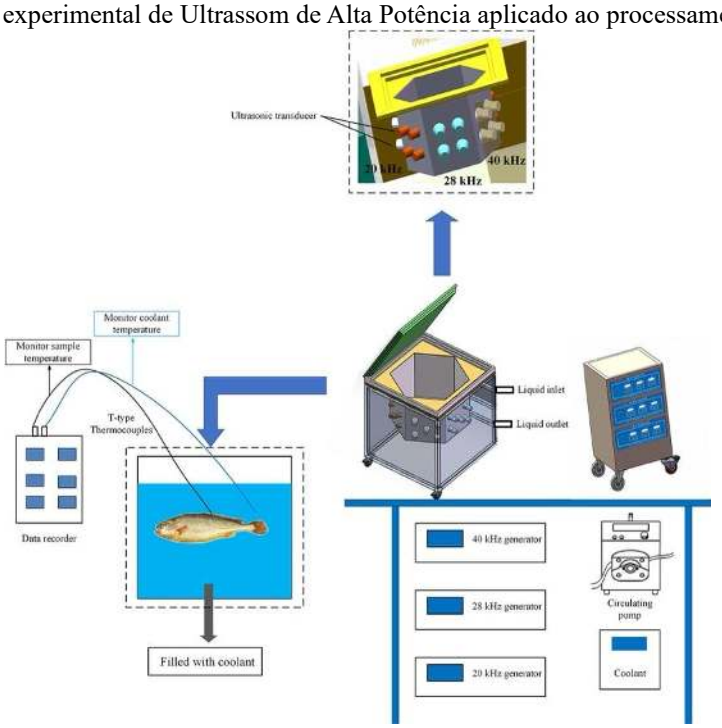
Esses efeitos físicos intensificam a transferência de massa e aceleram diversas operações industriais, como salga, marinação, descongelamento, secagem e extração de compostos bioativos. Além disso, o ultrassom promove modificações estruturais nas proteínas miofibrilares, aumentando sua solubilidade, capacidade emulsificante, formação de gel e retenção de água, características importantes para o desenvolvimento de novos produtos derivados do pescado (Freitas *et al.*, 2023).

Outra vantagem dessa tecnologia é a redução do tempo de processamento e do consumo energético, contribuindo para processos mais sustentáveis. Em associação com outras tecnologias emergentes, o ultrassom potencializa a eficiência dos tratamentos de conservação e melhora a qualidade tecnológica dos produtos pesqueiros (Lima *et al.*, 2022; Freitas *et al.*, 2023).

A Figura 3 apresenta o sistema de aplicação do Ultrassom de Alta Potência (US) no processamento de pescados. O equipamento utiliza transdutores ultrassônicos que operam em

diferentes frequências (20, 28 e 40 kHz), promovendo o fenômeno da cavitação acústica. Esse processo intensifica a transferência de massa, melhora a qualidade tecnológica do pescado e contribui para operações como descongelamento, salga e conservação, com menor impacto sobre suas características sensoriais e nutricionais (Lima *et al.*, 2022; Freitas *et al.*, 2023).

Figura 3. Sistema experimental de Ultrassom de Alta Potência aplicado ao processamento de pescados.



Fonte: Adaptado de Lima *et al.* (2022) e Freitas *et al.* (2023)

3.4 PULSOS ELÉTRICOS DE ALTA INTENSIDADE (PEF)

Os Pulsos Elétricos de Alta Intensidade (Pulsed Electric Fields – PEF) constituem uma tecnologia não térmica baseada na aplicação de pulsos elétricos de curta duração e elevada intensidade sobre os alimentos. Esse tratamento provoca o fenômeno conhecido como eletroporação, caracterizado pela formação de poros temporários ou permanentes nas membranas celulares, aumentando sua permeabilidade (Araujo *et al.*, 2022).

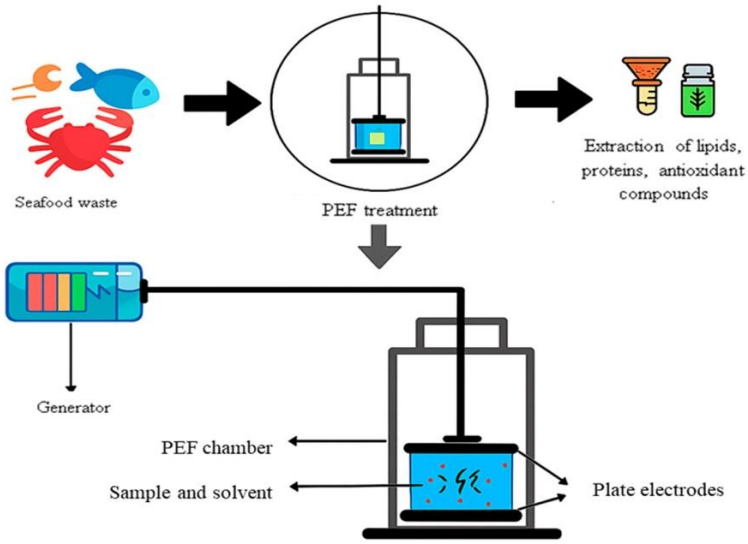
A permeabilização celular facilita a transferência de massa, favorecendo processos industriais como secagem, marinação, salga, congelamento e descongelamento, além de reduzir o consumo de energia e o tempo de processamento. Em pescados, o PEF também contribui para a melhoria da textura e para maior eficiência em operações de conservação, sem causar aquecimento significativo do produto (Araujo *et al.*, 2022).

Outro aspecto relevante dessa tecnologia é sua aplicação na valorização dos resíduos gerados pela indústria pesqueira. A eletroporação facilita a extração de proteínas, peptídeos bioativos, colágeno

e óleos ricos em ácidos graxos ômega-3 provenientes de cabeças, vísceras, peles e aparas de pescado, promovendo maior aproveitamento da matéria-prima e reduzindo impactos ambientais. Dessa forma, os Pulsos Elétricos de Alta Intensidade representam uma alternativa sustentável e alinhada aos princípios da economia circular, agregando valor aos subprodutos do processamento pesqueiro (Souza *et al.*, 2025).

A Figura 4 ilustra a aplicação de Pulsos Elétricos de Alta Intensidade (PEF) na valorização de resíduos de pescado. O tratamento promove a eletroporação das membranas celulares, facilitando a transferência dos compostos para o solvente e favorecendo a extração de proteínas, lipídios e compostos antioxidantes. Dessa forma, o PEF pode contribuir para o aproveitamento de subprodutos da indústria pesqueira, reduzindo desperdícios e agregando valor a materiais que seriam descartados (Chatzimitakos *et al.*, 2023; Xi; Li; Fan, 2021).

Figura 4. Formação de poros na membrana celular durante a aplicação de Pulsos Elétricos de Alta Intensidade (PEF).



Fonte: Adaptado de RATHOD *et al.* (2022).

4 CONCLUSÃO

As tecnologias emergentes não térmicas representam alternativas estratégicas para o processamento de pescados, com potencial para ampliar a segurança microbiológica, agregar valor aos produtos e favorecer práticas mais sustentáveis na cadeia produtiva. Entretanto, sua consolidação industrial depende da superação de desafios relacionados à viabilidade econômica, padronização operacional e regulamentação específica.

Diante desse cenário, recomenda-se o desenvolvimento de estudos voltados ao escalonamento industrial, avaliação econômica e integração dessas tecnologias a sistemas de conservação e

aproveitamento de coprodutos, visando fortalecer a competitividade e a sustentabilidade do setor pesqueiro brasileiro.

REFERÊNCIAS

ALBERGARIA, F. C. *et al.* Tecnologias emergentes para o processamento de pescado: Revisão. In: Produção Animal e Vegetal: Inovações e Atualidades. Agron Food Academy, p. 95-104, 2021.

ARAUJO, R. S. *et al.* Pulsed electric fields (PEF) in seafood processing: pre-treatment effects on mass transfer and drying kinetics of fish matrices. Innovative Food Science & Emerging Technologies, v. 78, p. 103010, 2022. DOI: 10.1016/j.ifset.2022.103010.

CHATZIMITAKOS, T. *et al.* Sustainable recovery of bioactive compounds from seafood by-products using emerging technologies: a review. Food Chemistry, v. 404, p. 134635, 2023. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.134635.

CORRÊA, C. B. *et al.* Inactivation of spoilage bacteria in fish muscle using atmospheric cold plasma. Journal of Food Safety, v. 44, n. 1, e13102, 2024. DOI: 10.1111/jfs.13102.

FREITAS, T. S. *et al.* Modification of fish myofibrillar proteins using high-intensity ultrasound: gelation properties and structural characterization. Food Chemistry, v. 405, p. 134890, 2023. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.134890.

HIPERBARIC. High Pressure Processing (HPP): technology and applications. Burgos, Espanha, 2024. Disponível em: https://www.hiperbaric.com. Acesso em: 01 ago. 2026.

LIMA, R. C. *et al.* Ultrasound-assisted thawing and salting of fish fillets: Process intensification and quality retention. LWT - Food Science and Technology, v. 158, p. 113120, 2022. DOI: 10.1016/j.lwt.2022.113120.

MONTEIRO, M. L. G. *et al.* High pressure processing of tilapia fillets: quality attributes, microbial stability, and protein changes during refrigerated storage. Food Research International, v. 140, p. 110050, 2021. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.110050.

RATHOD, N. B. *et al.* Emerging non-thermal technologies for seafood processing: a review. Food Engineering Reviews, v. 14, p. 1–24, 2022. DOI: 10.1007/s12393-021-09293-4.

RODRIGUES, S. *et al.* Cold plasma processing of fish and seafood products: impact on microbial safety and physicochemical properties. Trends in Food Science & Technology, v. 111, p. 244–257, 2021. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.10.017.

SANTOS, J. S. *et al.* Emerging non-thermal technologies in seafood processing: innovations and challenges for the Brazilian industry. Brazilian Journal of Food Technology, v. 26, e2022231, 2023.

SILVA, F. V. M.; SCHMIDT, F. C. High Pressure Processing (HPP) for seafood preservation and shelf-life extension: Principles and industrial application in South America. Food Engineering Reviews, v. 14, n. 3, p. 412-429, 2022. DOI: 10.3390/foods11091284.

SILVA, L. C.; SCHMIDT, F. L. Emerging non-thermal technologies applied to fish preservation: a review. Current Research in Food Science, v. 5, p. 1685–1696, 2022.

SOUZA, P. R. *et al.* Emerging technologies and circular economy strategies for sustainable fish processing: advances and industrial perspectives. Journal of Cleaner Production, v. 452, p. 142391, 2025. DOI: 10.3390/su17020845.

WANG, Y. *et al.* Cold plasma combined with modified atmosphere packaging for quality preservation of fish fillets during refrigerated storage. Food Packaging and Shelf Life, v. 32, p. 100822, 2022. DOI: 10.1016/j.fpsl.2022.100822.

XI, Y.; LI, J.; FAN, L. Pulsed electric field-assisted extraction of proteins and lipids from fish processing by-products. Innovative Food Science & Emerging Technologies, v. 74, p. 102847, 2021. DOI: 10.1016/j.ifset.2021.102847.