

REUTILIZAÇÃO DOS SUBPRODUTOS DO CAMARÃO

1 INTRODUÇÃO

A exploração excessiva dos recursos naturais, impulsionada pelo crescimento econômico, está levando o planeta a uma crise ambiental, afetando gravemente a saúde dos oceanos e dos seres humanos. Problemas como poluição marinha, sobrepesca, acidificação dos oceanos e eventos climáticos extremos ameaçam a sustentabilidade dos mares, agravando a escassez de recursos e aumentando a conscientização sobre questões marítimas (Fleming et al., 2019; Saldanha, 2005).

Nesse contexto, a Economia Circular (EC) se apresenta como um modelo econômico que visa eliminar o desperdício, maximizando a eficiência dos ecossistemas e o bem-estar humano. A EC busca minimizar ou eliminar resíduos no processo de produção, contribuindo para restaurar os danos ambientais (Murray, Skene e Haynes, 2017).

Dentro da EC, a Economia do Mar destaca-se ao incluir indústrias oceânicas tradicionais, como pesca, turismo e transporte, além de atividades emergentes, como energia renovável offshore e biotecnologia marinha. A indústria de frutos do mar, que abrange uma diversidade de espécies marinhas, é essencial tanto para a alimentação quanto para a economia global (Abuzar et al., 2023).

Diante do exposto, é possível observar que o descarte inadequado dos resíduos da indústria processadora de camarão representa uma perda significativa de recursos valiosos, visto que, essas substâncias poderiam ser aproveitadas para a produção de novos produtos, reduzindo custos e impactos ambientais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ECONOMIA CIRCULAR (EC)

Após uma análise abrangente dos conceitos existentes os autores Kirchherr, Reike e Hekkert (2017) definiram a EC como um sistema econômico regenerativo que substitui o modelo linear tradicional, no qual os recursos são extraídos, utilizados e descartados. A EC promove a redução, reutilização, reciclagem e a recuperação de materiais em todas as etapas do ciclo de vida de um produto (Dantas et al., 2018).

Essa abordagem abrange desde o design ecoeficiente até a criação de mercados para produtos e materiais recuperados, operando em diferentes níveis, desde o produto individual até sistemas econômicos regionais e globais (Teixeira, 2021). Ao otimizar o uso de recursos e minimizar a geração de resíduos, a EC contribui para a construção de um futuro mais sustentável, promovendo a prosperidade econômica, a equidade social e a proteção ambiental (Parreira e Guimarães, 2024).

Em busca do desenvolvimento de uma EC visando reduções na quantidade e periculosidade dos resíduos descartados foi desenvolvido o método 3R (reduzir, reutilizar e reciclar) que formam a base da gestão de resíduos e das medidas contra o aquecimento global (Sakai et al., 2011). Diante do exposto, a reutilização da biomassa da casca do camarão descartada é um exemplo vital para evitar problemas ambientais (Charoenkool et al., 2024), incentivando a economia, gerando produtos de alto valor agregado (Mathew et al., 2020), e promovendo uma produção mais sustentável e circular.

2.2 Estratégias para Reutilização da Biomassa da casca do camarão

Os resíduos do processamento do camarão podem ser uma excelente fonte de substrato para a produção de hidrolisados com alto teor de proteínas e antioxidantes, podendo ser

empregados na elaboração de alimentos e bebidas com uma alta taxa nutricional (Tkaczewska et al., 2024).

A valorização de resíduos da indústria de camarão tem se mostrado uma área promissora para o desenvolvimento de novos produtos e processos. A partir da biomassa proveniente das cascas de camarão, é possível criar fontes alternativas de colágeno, o que representa uma oportunidade significativa para a produção de gelatina em escala industrial. Este colágeno pode ser utilizado em diversos setores, incluindo o alimentício, farmacêutico e cosmético (Charoenkool et al., 2024).

Além disso, os resíduos como cabeças, cascas e caudas do camarão podem ser secos e moídos para produzir farinha, que serve como matéria-prima para ração de peixes marinhos e aquicultura (Nirmal et al., 2020). Outra aplicação inovadora é a utilização de extratos aromáticos extraídos desses resíduos na fabricação de produtos alimentícios, agregando valor e criando novos subprodutos para a indústria (Bernardino Filho et al., 2019).

Os resíduos gerados pelo processamento de camarão contêm quantidades significativas de polissacarídeos, proteínas, carotenoides e ácidos graxos, todos eles são componentes valiosos. Esses compostos ativos desempenham funções antioxidantes, antimicrobianas, anti-hipertensivas, anti-inflamatórias e antiproliferativas. (Nirmal et al., 2020).

2.3 Compostos extraídos da casca

Os polissacarídeos, formados por longas cadeias de monossacarídeos, são essenciais para fornecer energia e suporte estrutural às células. Nos resíduos de camarão, os principais polissacarídeos são a quitina e a quitosana, que desempenham funções estruturais no exoesqueleto desses crustáceos. Esses compostos, encontrados em subprodutos da indústria de frutos do mar, têm diversas aplicações comerciais (Sanjanwala et al., 2022).

A quitina, presente em cascas de crustáceos como camarões e caranguejos, é o segundo biopolímero mais abundante no planeta, depois da celulose (Rinaudo, 2006). Altamente versátil e biocompatível, a quitina tem usos em diversos setores, incluindo saúde, onde demonstra excelente compatibilidade com organismos vivos (Hou et al., 2021; Chang et al., 2011). Além disso, ela pode substituir conservantes sintéticos, oferecendo práticas alimentares mais saudáveis, e também ser utilizada como pesticida natural, promovendo o crescimento de plantas (Sarode et al., 2019). Na indústria farmacêutica, a quitina é usada em medicamentos e medicina regenerativa (Shahbaz, 2020).

A quitina também desempenha papel importante na purificação de águas residuais, sendo usada na remoção de pesticidas, metais pesados e na dessalinização (Sarode et al., 2019; Lakshmi et al., 2024). Já a quitosana, derivada da quitina com mais de 50% de desacetilação, é amplamente utilizada em diversos setores industriais por suas propriedades sustentáveis e versatilidade (Yang et al., 2023).

2.4 Aplicações da Quitosana

A utilização de quitosana, um biopolímero extraído de resíduos de camarão, tem se destacado em diversas aplicações inovadoras e sustentáveis. Estudos recentes demonstram que a quitosana pode melhorar significativamente a biodisponibilidade de medicamentos pouco solúveis, promovendo uma taxa de dissolução mais eficiente e, portanto, um efeito terapêutico mais eficaz (Rossi, Grosso e Delerue-Matos, 2024). Essa propriedade é um reflexo do potencial da quitosana em diversas áreas de aplicação, como demonstrado em pesquisas que exploram seu uso em revestimentos comestíveis para prolongar a vida útil de frutas e vegetais. Lukum et al. (2023) comprovaram esse fato quando observaram que a quitosana extraída da casca de

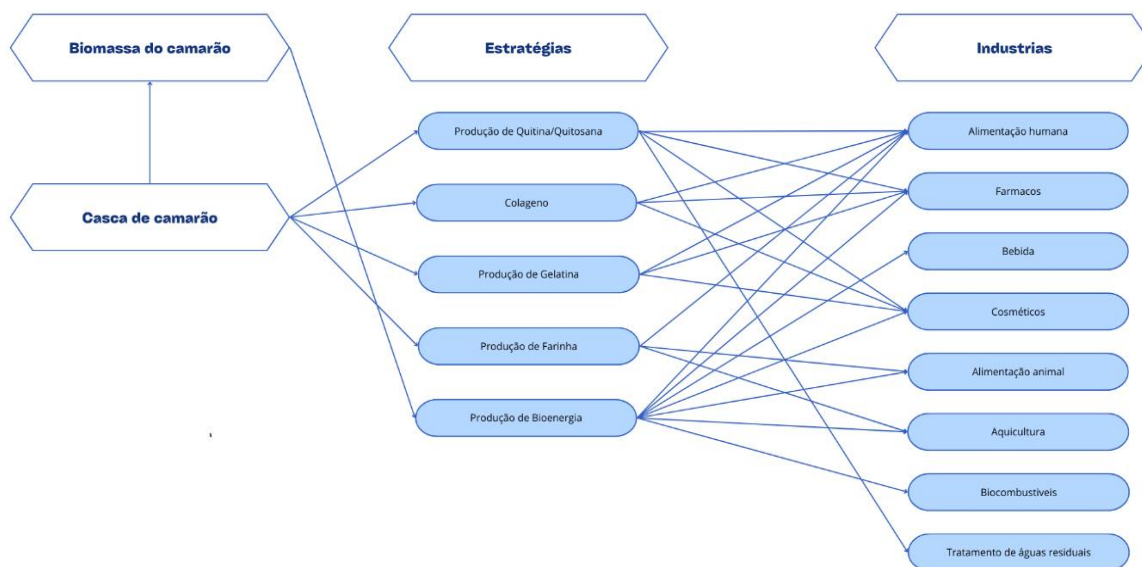
camarão pode ser usada para criar revestimentos que aumentam a longevidade dos tomates, uma técnica que pode ser expandida para outras frutas e vegetais.

Além de sua aplicação em alimentos, a quitosana tem mostrado ser um conservante eficaz para produtos pesqueiros. Elmotyam et al. (2023) revelaram que o uso de quitosana retardou a deterioração dos pescados por vários dias, destacando seu valor na conservação de produtos do mar. Adicionalmente, o potencial da quitosana em outras áreas de tratamento de resíduos é evidente, visto que, um estudo feito por Islam et al. (2022) confirmou que a quitosana extraída dos resíduos de camarão é eficiente no desenvolvimento de microalgas, oferecendo um floculante de baixo custo e ecologicamente correto que melhora a qualidade da coleta das microalgas.

Ademais, a quitosana também está sendo explorada para substituir coagulantes químicos no tratamento de efluentes industriais, como evidenciado por Vishali et al. (2018). Contudo, a extração da quitina, um precursor da quitosana, tradicionalmente consome grandes quantidades de água e energia e envolve produtos químicos tóxicos. A biorrefinaria emerge como uma solução promissora para minimizar esses impactos ambientais, oferecendo um método mais sustentável de extração (Vicente et al., 2024). Além disso, o refinamento das cascas de camarão para a fabricação de biocombustíveis, como etanol e biodiesel, apresenta um grande potencial econômico e sustentável (Suryawanshi e Eswari, 2022). Assim, a quitosana não só exemplifica a inovação sustentável, mas também destaca a importância de integrar práticas ambientais responsáveis em diversas indústrias.

Diante do exposto, a Figura 1 apresenta o framework que ilustra as diferentes estratégias viáveis para o aproveitamento da biomassa e das cascas de camarão, destacando as interrelações resultantes da Revisão de Literatura Sistemática (RSL) deste estudo. Além disso, ele também identifica as indústrias que podem se beneficiar da reutilização desses materiais, agregando valor às suas cadeias produtivas.

Figura 1: Framework das estratégias para a reutilização da biomassa e da casca de camarão



Fonte: Elaborado pelos autores.

5 CONCLUSÃO

Este estudo abordou a reutilização dos subprodutos do camarão, com ênfase nas cascas, como uma estratégia central para promover a sustentabilidade e a EC na região da Lagoa dos Patos. A análise conduzida demonstrou que a aplicação dos princípios da EC, conforme delineado por Kirchherr, Reike e Hekkert (2017), não apenas mitiga os impactos ambientais, mas também cria oportunidades econômicas significativas para a comunidade local.

As cascas de camarão, tradicionalmente tratadas como resíduos, revelaram-se uma fonte rica de compostos valiosos como quitina e quitosana, que possuem aplicações diversificadas nas indústrias alimentícia, farmacêutica e agrícola. O potencial de transformação desses resíduos em produtos de alto valor agregado, como demonstrado por Charoenkool et al. (2024) e Sarode et al. (2019), reforça a viabilidade econômica e a relevância ambiental das práticas discutidas.

No entanto, os desafios associados ao consumo de energia e à sustentabilidade do processo de extração de quitosana, conforme observado por Vicente et al. (2024), indicam a necessidade de uma abordagem cautelosa e planejada. A implementação de biorrefinarias, como sugerido por Zuorro, Moreno-Sader e González-Delgado (2021), oferece uma solução promissora para esses desafios, integrando práticas sustentáveis que beneficiam tanto o meio ambiente quanto a economia local.

Em suma, este estudo reafirma a importância de adotar práticas de EC no manejo de resíduos da indústria de camarão, transformando o que antes era um problema ambiental em uma oportunidade de desenvolvimento econômico e inovação sustentável. A continuidade desse tipo de pesquisa e a implementação das estratégias propostas são essenciais para garantir um futuro onde a sustentabilidade e o desenvolvimento econômico caminhem juntos.

Entre as implicações práticas, o estudo demonstra o potencial dos resíduos de camarão na produção de alimentos funcionais (Tkaczewska et al., 2024) e no tratamento de efluentes (Vishali et al., 2018), além de promover novas cadeias produtivas que geram empregos locais (Zuorro, Moreno-Sader e González-Delgado, 2021). Teoricamente, a pesquisa propõe uma estrutura de EC adaptada à indústria pesqueira (Kirchherr, Reike e Hekkert, 2017) e explora como a inovação sustentável pode ser aplicada a essa indústria (Abuzar et al., 2023). Por fim, socialmente, a pesquisa contribui para a implementação de práticas sustentáveis (Teixeira, 2021), além de contribuir para a redução da poluição marinha.

Sugere-se para futuros estudos, realizar uma análise comparativa de modelos de EC na indústria de frutos do mar, focando no reaproveitamento de subprodutos como cascas de camarão; investigar a viabilidade de produzir bioplásticos a partir de quitina e quitosana extraídas desses resíduos; e estudar o impacto socioeconômico da introdução de biorrefinarias que utilizam resíduos de camarão em comunidades costeiras.

REFERÊNCIAS

- ABUZAR et al. Potential industrial and nutritional applications of shrimp by-products: a review. *International Journal of Food Properties*, v. 26, n. 2, p. 3407-3432, 2023.
- ANDRADE, Israel de Oliveira et al. A Organização das Nações Unidas eo objetivo de desenvolvimento sustentável 14: Desafios para o Brasil na década do oceano. *Texto para Discussão*, 2023.
- BERNADINO FILHO, R. et al. Elaboration of Aromatic Extracts From the Industrial Waste of White Shrimp. *Journal of Agricultural Science*, v. 11, n. 6, p. 218, 2019.
- BRAUNGART, Michael; MCDONOUGH, William; BOLLINGER, Andrew. Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions—a strategy for eco-effective product and system design. *Journal of cleaner production*, v. 15, n. 13-14, p. 1337-1348, 2007.

- CHANG, Chunyu; CHEN, Si; ZHANG, Lina. Novel hydrogels prepared via direct dissolution of chitin at low temperature: structure and biocompatibility. *Journal of Materials Chemistry*, v. 21, n. 11, p. 3865-3871, 2011.
- CHAROENKOOL, Pollawat et al. Process Analysis and Environmental Assessment of Gelatin Production From Shrimp Shell Wastes. *Korean Journal of Chemical Engineering*, v. 41, n. 4, p. 1105-1117, 2024.
- DANTAS, Thales Eduardo Tavares et al. Convergências entre as práticas da Indústria 4.0 e os princípios da Economia Circular. *Anais [...]. XX Engema–USP-SP, São Paulo-SP*, 2018.
- EBINESAR, Allwin et al. Fungal chitosan: the importance and beneficiation of this biopolymer in industrial and agricultural process. *Microbial Polymers: Applications and Ecological Perspectives*, p. 311-340, 2021.
- EL KNIDRI, Hakima et al. Extraction, chemical modification and characterization of chitin and chitosan. *International journal of biological macromolecules*, v. 120, p. 1181-1189, 2018.
- ELMOTYAM, Abdelaziz H. et al. Potential Application of Chitosan Nanoparticles as Preservative Agent for Fishery Products. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, v. 27, n. 4, 2023.
- FLEMING, Lora E. et al. Fostering human health through ocean sustainability in the 21st century. *People and Nature*, v. 1, n. 3, p. 276-283, 2019.
- HOU, Jiabin; AYDEMIR, Berk Emre; DUMANLI, Ahu Gümrah. Understanding the structural diversity of chitins as a versatile biomaterial. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, v. 379, n. 2206, p. 20200331, 2021.
- ISLAM, Md Bashirul et al. Shrimp waste-derived chitosan harvested microalgae for the production of high-quality biocrude through hydrothermal liquefaction. *Fuel*, v. 320, p. 123906, 2022.
- KIRCHHERR, Julian; REIKE, Denise; HEKKERT, Marko. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, conservation and recycling*, v. 127, p. 221-232, 2017.
- LUKUM, Astin et al. application of shrimp shell waste chitosan as edible coating to extend the shelf-life of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). In: *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2023. p. 04008.
- MATHEW, Gincy Marina et al. Sustainable and eco-friendly strategies for shrimp shell valorization. *Environmental Pollution*, v. 267, p. 115656, 2020.
- MURRAY, Alan; SKENE, Keith; HAYNES, Kathryn. The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of business ethics*, v. 140, p. 369-380, 2017.
- NIRMAL, Nilesh Prakash et al. Trends in shrimp processing waste utilization: An industrial prospective. *Trends in Food Science & Technology*, v. 103, p. 20-35, 2020.
- PAL, Kunal et al. Selected applications of chitosan composites. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 22, n. 20, p. 10968, 2021.
- PARREIRA, Leandro Schneider Alves; GUIMARÃES, Alexandre Queiroz. ECONOMIA CIRCULAR COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL: UMA REVISÃO NARRATIVA DO CONCEITO, DA SUA TRAJETÓRIA E DAS SUAS CRÍTICAS E BARREIRAS. *RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico*, v. 1, n. 54, 2024.
- PAULI, Gunter. Technology forecasting and assessment: The case of zero emissions. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 58, n. 1-2, p. 53-62, 1998.
- RINAUDO, Marguerite. Chitin and chitosan: Properties and applications. *Progress in polymer science*, v. 31, n. 7, p. 603-632, 2006.
- ROCHA, Marina Pelegrini Mauricio da. Inserção da economia circular na indústria 4.0: utilização de big data no impulsionamento do desenvolvimento industrial sustentável das multinacionais. 2024.
- ROSSI, Nicola; GROSSO, Clara; DELERUE-MATOS, Cristina. Shrimp Waste Upcycling: Unveiling the Potential of Polysaccharides, Proteins, Carotenoids, and Fatty Acids with Emphasis on Extraction Techniques and Bioactive Properties. *Marine Drugs*, v. 22, n. 4, p. 153, 2024.

- SAKAI, Shin-ichi et al. International comparative study of 3R and waste management policy developments. *Journal of material cycles and waste management*, v. 13, p. 86-102, 2011.
- SALDANHA, J. B. Os oceanos na transição para a sustentabilidade. *GeoINova*, n. 11, p. 11-32, 2005.
- SANJANWALA, Dhruv et al. Polysaccharide-based hydrogels for drug delivery and wound management: a review. *Expert Opinion on Drug Delivery*, v. 19, n. 12, p. 1664-1695, 2022.
- SARODE, Shruti et al. Overview of wastewater treatment methods with special focus on biopolymer chitin-chitosan. *International journal of biological macromolecules*, v. 121, p. 1086-1100, 2019.
- SHAHBAZ, Umar. Chitin, characteristic, sources, and biomedical application. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, v. 21, n. 14, p. 1433-1443, 2020.
- SHAMSHINA, Julia L. et al. Agricultural uses of chitin polymers. *Environmental Chemistry Letters*, v. 18, n. 1, p. 53-60, 2020.
- SURYAWANSHI, Nisha; ESWARI, J. Satya. Shrimp shell waste as a potential raw material for biorefinery—a revisit. *Biomass Conversion and Biorefinery*, v. 12, n. 5, p. 1977-1984, 2022.
- TEIXEIRA-COSTA, Barbara E.; ANDRADE, Cristina T. Chitosan as a valuable biomolecule from seafood industry waste in the design of green food packaging. *Biomolecules*, v. 11, n. 11, p. 1599, 2021.
- TEIXEIRA, Cynthia Helena Soares Bouças et al. A economia circular na era da 4ª revolução industrial—uso da tecnologia rumo à transição. 2021.
- TKACZEWSKA, Joanna et al. Valorisation of prawn/shrimp shell waste through the production of biologically active components for functional food purposes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 104, n. 2, p. 707-715, 2024.
- VICENTE, Filipa A. et al. Energy demand distribution and environmental impact assessment of chitosan production from shrimp shells. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 192, p. 114204, 2024.
- VISHALI, S. et al. Shrimp shell waste—a sustainable green solution in industrial effluent treatment. *Desalination and Water Treatment*, v. 104, p. 111-120, 2018.
- YANG, Yadong et al. Chitosan nanocarriers containing essential oils as a green strategy to improve the functional properties of chitosan: A review. *International journal of biological macromolecules*, v. 236, p. 123954, 2023.
- ZUORRO, Antonio; MORENO-SADER, Kariana Andrea; GONZÁLEZ-DELGADO, Ángel Darío. Evaluating the feasibility of a pilot-scale shrimp biorefinery via techno-economic analysis. *Journal of Cleaner Production*, v. 320, p. 128740, 2021.