

ADSORVENTE PREPARADO A PARTIR DA BIOMASSA DE CASCA DE CAMARÃO PARA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES AMBIENTAIS

Adsorbent prepared from shrimp shell biomass for removing environmental contaminants

Adrize Medran Rangel¹, Eduarda Medran Rangel², Fernando Machado Machado³

¹Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil (adrizemr@hotmail.com)

²Universidade de Franca, Pelotas, Brasil

³Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil

Data da submissão: 07/10/2023 - Data do aceite: 14/12/2023

RESUMO: A técnica de adsorção é um método eficiente de tratamento de efluentes e águas, porém a escolha do adsorvente é primordial devido ao alto custo das matérias-primas, que pode tornar o tratamento caro. Recentemente, biomassas advindas de processos agroindustriais são consideradas alternativas interessantes para produção de adsorventes, seja somente o material ou como carvão ativado, devido ao baixo custo e ampla disponibilidade. Nessa esteira, a casca de camarão surge como uma interessante biomassa para produção de adsorvente. Com base na demanda de consumo, grandes quantidades de resíduos de marisco são geradas pela carcinicultura e indústrias de processamento, podendo causar poluição ambiental. O objetivo desta pesquisa é apresentar o que existe na literatura sobre a preparação de adsorventes a partir da biomassa de camarão, bem como a aplicação desse como adsorvente na descontaminação de águas com contaminantes. A metodologia desta pesquisa bibliográfica utilizou mecanismos de busca como Science Direct, Google acadêmico e Pubmed e após refinando os artigos encontrados de acordo com o objetivo. Como resultados foi possível constatar que o exoesqueleto do camarão é um material que, devido à presença de quitina em sua estrutura, funciona como precursor na obtenção do carvão ativado.

Palavras-chave: Biocarvão. Contaminação. Exoesqueleto. Meio Ambiente.

ABSTRACT: Adsorption technique is an efficient method of treating effluents and water, however the choice of adsorbent is essential due to the high cost of raw materials, which can make treatment expensive. Recently, biomasses from agro-industrial processes have been considered interesting alternatives for the production of adsorbents, either as material or as activated carbon, due to its low cost and wide availability. In this context, shrimp shells emerge as an interesting biomass for adsorbent production. Based on consumer demand, large amounts of seafood waste are generated by shrimp farming and processing sectors, which may cause environmental pollution. The objective of this research is to present what exists in the literature on the preparation of adsorbents from shrimp biomass, as well as its application as an adsorbent in the decontamination of waters with contaminants. The methodology of this bibliographic research was carried out using Internet services such as Science Direct, Google Scholar and Pubmed, then articles which were according to the objective of the research were selected. As a result, it was possible to verify that the shrimp exoskeleton is a material that due to the presence of chitin in its structure functions as a precursor in the activation of activated carbon.

Keywords: Biochar. Contamination. Exoskeleton. Environment.

Introdução

A recorrente detecção de contaminantes em corpos hídricos é uma preocupação crescente para a saúde pública e para os reguladores ambientais em todo o mundo. A presença desses contaminantes em águas pode afetar negativamente a qualidade da água potável, bem como a saúde humana e o meio ambiente.

Contaminantes são substâncias naturais ou sintéticas presentes no solo, água ou, cuja presença e os efeitos no meio ambiente são pouco conhecidos, podendo ser inorgânicos, que são um dos principais focos de preocupação para a remediação da água devido à sua simples acumulação em concentrações de mg L^{-1} (ppm) ou mesmo em níveis de $\mu\text{g L}^{-1}$ (ppb) no corpo humano e na cadeia alimentar, ou contaminantes orgânicos, nos quais os mais comumente encontrados são corantes, pesticidas/herbicidas e produtos

farmacêuticos (Jeong *et al.*, 2023). Nem todos os contaminantes estão incluídos na maioria dos programas de monitoramento de rotina pelos órgãos de meio ambiente e saúde, e tampouco estão inseridos em normativas e legislações de controle ambiental (Marson *et al.*, 2022, Azevedo *et al.*, 2023).

Dentre os compostos farmacêuticos, destacam-se os medicamentos psicotrópicos. Segundo Santos *et al.* (2019) essa classe de medicamentos possui ação no sistema nervoso central, podendo produzir alterações de humor, comportamento e cognição. O aumento do consumo desses medicamentos leva, conseqüentemente, ao aumento de descarte, seja pelo próprio organismo ou pelo descarte incorreto desses. Após a administração, os fármacos podem ser parcialmente excretados como composto original (forma não metabolizada) ou como metabólitos (ativos ou inativos), sendo eliminados do organismo, principalmente pela urina e fezes (Bachour *et al.*, 2020).

Devido à frequente detecção de contaminantes em corpos hídricos, diferentes rotas avançadas de remoção desses compostos vêm sendo avaliadas. Dentre as tecnologias avaliadas, destacam-se a ozonização, a radiação UV, a separação eletroquímica, a troca iônica, a filtração por membrana, a coagulação química, a osmose reversa e a adsorção. Em comparação, a técnica de adsorção tem ganhado destaque, por ser um método de tratamento de efluentes de baixo custo, fácil escalonamento e eficaz para a remoção de uma gama poluentes orgânicos (Berhane *et al.*, 2016; Maged *et al.*, 2019).

Para um processo de adsorção eficiente, a escolha do adsorvente é primordial (Machado; Bergmann, 2015). O carvão ativado (CA) é reconhecido como um adsorvente superior (devido à sua alta porosidade e área de superfície), amplamente aplicado no tratamento de efluentes industriais (Wu *et al.*, 2021).

Devido ao alto custo das matérias-primas, a aplicação em larga escala de adsorventes, tais como o CA, no tratamento de águas, pode ser cara. Recentemente, biomassas, como aquelas advindas de indústrias de alimentos e agroindústrias, são consideradas alternativas interessantes para produção de adsorventes devido ao baixo custo e ampla disponibilidade (Lakshmikandan *et al.*, 2011; Mondal *et al.*, 2017).

Desta forma a casca de camarão surge como uma interessante biomassa para produção de adsorventes (Mondal *et al.*, 2017; Rahman *et al.*, 2023). Com base na demanda de consumo, grandes quantidades de resíduos de marisco são geradas pela carcinicultura e indústrias de processamento (Fao, 2020), que devem ser valorizados para agregar valor aos produtos e para evitar a poluição ambiental. Cerca de 45 a 48% do camarão é descartado como resíduo, o que inclui a casca (carapaça do corpo) e a cabeça (Sachindra; Bhaskar, 2008). Em 2018, a produção global de frutos

do mar foi, supostamente, de 178,5 milhões de toneladas. E espera-se que a procura destes produtos aumente 60% e que atinja os 9,8 mil milhões até 2050 (Costello *et al.* 2020, Saleh *et al.* 2022).

O estado do Ceará e o do Rio Grande do Norte participam com 70% da produção brasileira de camarão. Tratando-se de cultivo, são 1,3 mil fazendas de produção, 70 mil toneladas métricas, valor de produção de R\$700 milhões (ABCC, 2016). O litoral do estado de Santa Catarina é a área mais piscícola da região Sul, sobretudo, o município de Laguna-SC (D’Incão *et al.*, 2002; Valentini *et al.*, 2012). Contudo, é o município de Rio Grande, cercanias da Lagoa dos Patos, a região que até 2015 apresentava maior crescimento da pesca camaroeira na região (Diógenes, 2015).

Embora os resíduos de casca de camarão venham sendo utilizados como fonte de proteína alternativa para produção de ração animal (Pattanaik *et al.*, 2020), a sua geração em milhões de toneladas possibilita que este resíduo possa ser utilizado para outros fins, como por exemplo, na adsorção de contaminantes ambientais.

Diante desse contexto, esta pesquisa tem como foco a trazer uma revisão sobre adsorventes a partir da biomassa de camarão e sua aplicação na remoção/degradação de contaminantes presentes em águas contaminadas.

Material e Métodos

Uma revisão de literatura é importante, porque se caracteriza como uma “pesquisa dentro da pesquisa” – um grande conjunto de dados reunidos que podem ser recuperados para contribuir em estudos futuros (Dutta, 2019).

Esta pesquisa bibliográfica foi feita nas bases de dados PubMed, Google Acadêmico e Science Direct, inserindo as palavras-”bio-

char+camarão”, “biocarvão+camarão”, “carvão ativado+camarão”, “adsorbent+shrimp” e após refinando os artigos encontrados de acordo com o objetivo desta pesquisa. Os artigos foram excluídos se não se concentram, especificamente, na adsorção a partir de biomassa de camarão e a aplicação em remoção de contaminantes. Foram avaliados 15 artigos dos últimos dez anos. Em vários países, o descarte incorreto de resíduos com contaminantes se tornou um grande problema, pois estes contaminantes permeiam os compartimentos ambientais (água, solo, ar e sedimento) do ecossistema, representando um grave risco à saúde humana e ambiental.

Resultados e Discussão

Alguns dos resíduos de camarão produzidos são usados localmente como alimento na aquicultura ou na alimentação de animais, mas a maioria é descartada a céu aberto em aterros sanitários (Evers; Carroll, 1998), em mar aberto (Xu *et al.*, 2013) ou incinerada (Kreag; Smith, 1975). A casca de camarão gerada pelas indústrias de frutos do mar contém proteína de quitina, gordura bruta e carbonato de cálcio, que é aperfeiçoada para a produção de carvão ativado com alta área de superfície específica e abundantes sítios ativos através da pirólise (Rodde *et al.*, 2008).

O exoesqueleto do camarão é uma biomassa interessante para a produção de adsorventes e a possível remoção de contaminantes ambientais.

O artigo de Fabbricino e Pontoni (2016), investigou a remoção de corantes por adsorção em resíduos contendo quitina. Como resíduo representativo, são testadas as cascas de duas espécies de camarão. Percentuais de remoção de até 90% para os corantes testados são obtidos em cerca de 2 h, utilizando 2,1 mg mL⁻¹ de cascas, simplesmente secas e moídas.

Resíduos de casca de camarão foram usados por Liu *et al.*, (2018) como um novo precursor para a produção de um carvão ativado poroso, em forma de rede por carbonização, processada em solução e ativação química com ácido fosfórico. O adsorbente obtido foi então empregado para a adsorção dos corantes azul de metileno e investigado, sistematicamente, o efeito do pH da solução, concentração inicial, tempo de contato e temperatura para adsorção. Os dados experimentais apresentaram capacidade máxima de adsorção de 826 mg g⁻¹, que se mostrou elevada em comparação com outros adsorventes relatados na literatura.

A pesquisa de Rech *et al.*, (2019) analisa o uso de casca natural de camarão e quitina comercial para biossorção de íons metálicos em água de escoamento superficial. Os procedimentos metodológicos envolveram tratamentos com diferentes quantidades de casca de camarão não processadas e quitina comercial (5g e 10g) para 200mL de um mecanismo de drenagem compensatória (vala de infiltração). O tempo de contato do biossorvente com o escoamento foi de 24h e foi estudada a remoção dos íons metálicos Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb e Cr. A casca de camarão não processada apresentou resultados satisfatórios na remoção de alguns íons metálicos. Os melhores resultados de biossorção obtidos foram Fe (62,8%) e Cr (55,6%) no teste com 5 g de material. Os testes com 10 g de casca de camarão fresco apresentaram resultados satisfatórios para Fe (63,4%) e Cr (62,2%). No entanto, os dois biossorventes apresentaram boa remoção de íons metálicos específicos (Fe, Mn, Zn e Cr). Esses resultados indicam a necessidade de um pré-tratamento com biossorvente antes do uso em grande escala.

Núñez-Gómez, Rodrigues, Lapolli e Lobo-Recio (2019) buscaram estudar o equilíbrio de sorção da remoção de íons metálicos e

ácidos presentes no carvão de drenagem ácida de minas, utilizando casca de camarão *in natura* como biomaterial, bem como o comportamento do processo de remoção em fluxo contínuo. A remoção de íons metálicos em fluxo descendente contínuo foi de até 90% Fe e 88% Mn, e o pH aumentou de 3,49 para 6,77. As capacidades de adsorção de Fe e Mn resultaram em 17,43 e 3,87 mg g⁻¹, respectivamente. A modelagem química computacional (*software* Visual MINTEQ®) indicou que a sorção foi um mecanismo predominante na remediação utilizando a casca de camarão, mas com alta dependência de pH. Este estudo confirma a adequação do tratamento proposto e fornece informações valiosas para a concepção de um processo de remediação de baixo custo para drenagem ácida de minas.

Na pesquisa de Mahmoud, Mohamed e Salam (2021), um novo hidrogel de óxido de grafeno dopado com N decorado e combinado com biossorvente magnético de casca de camarão foi fabricado como um material eficaz para a remoção de cromo hexavalente (Cr(VI)). A capacidade de adsorção (350,42 mg g⁻¹) foi obtida em pH 1,0, utilizando concentração inicial de Cr(VI) (100 mg L⁻¹) e tempo de contato (180 min) à temperatura ambiente. O biossorvente pode ser reutilizado com sucesso após oito ciclos. As porcentagens de remoção de Cr(VI) foram confirmadas como 99,79%, 99,20% e 98,00% da água encanada, água do mar e esgoto, respectivamente.

Foi estudada a aplicação de um adsorvente à base de resíduos de camarão para a remoção de metribuzina, prometrina e terbutilazina em meios aquosos (Borja-Urzola et al., 2021). Estudos de adsorção confirmaram que a quitosana-calcita foi capaz de interagir com metribuzina, prometrina e terbutilazina, principalmente através da formação de pontes de hidrogênio, interações hidrofóbicas e interações dipolo-dipolo. A eficiência de

adsorção foi investigada utilizando 100 mg de adsorvente, 20 mL de solução de triazina a 50 mg L⁻¹, pH 7 e 120 min de tempo de contato. A metribuzina apresentou a maior eficiência com 84,15 ± 0,17 %, seguida da prometrina com 80,71 ± 0,07 % e, por último, da terbutilazina com 75,95 ± 0,45 %. Essa mesma tendência foi observada na quitosana-calcita, metribuzina foi de 79,22 ± 0,55 %, prometrina 76,57 ± 1,28 % e 68,35 ± 0,46 % para terbutilazina.

Compósitos à base de quitosana/sílica com diferentes proporções de massa, foram preparados por Zhong et al., (2022) utilizando hidrólise *in situ*, quitosana (de casca de camarão) como carreador, copolímero tribloco como agente direcionador de estrutura e ortossilicato de etila como fonte de silício. Os resultados indicaram que a morfologia e as propriedades dos compósitos mudaram com a introdução da sílica. As propriedades de adsorção do azul de metileno também foram investigadas, sendo a taxa de remoção de 94,01% com dosagem de adsorventes de 6 g L⁻¹, concentração inicial de 40 mg L⁻¹, valor de pH inicial de 7, temperatura de 35 °C e tempo de adsorção de 40 min. Os compósitos de quitosana/sílica preparados mostraram boa capacidade de reutilização em seis ciclos, tornando-os um material promissor na aplicação de remoção de efluentes de tingimento.

Salawu, Han e Adeleye (2022) utilizaram os resíduos de camarão e converteram em um carbono poroso (chamado CP) por meio de pirólise direta e ativação. O SPC foi caracterizado e seu desempenho para adsorver ciprofloxacina de água simulada, águas naturais e águas residuais, sendo comparado com um carvão ativado em pó comercial. O CP remove com eficiência baixas concentrações de ciprofloxacina (200 µg L⁻¹) em amostras complexas de água e na presença de vários outros contaminantes orgânicos e inorgânicos. Este estudo demonstrou um caminho sustentável e comercialmente viável para

reutilizar os resíduos do processamento de camarão.

A pesquisa de Zafar *et al.*, (2022) avaliou a mistura de casca de camarão (CC) e celulose (C) como precursores para a síntese de carvão ativado (CC@C) com alta área superficial, estrutura de poros bem desenvolvida e estrutura estável. Na absorção de Bisfenol A (BPA), os efeitos sinérgicos da concentração de BPA, pH e tempo de retenção foram analisados pela metodologia de superfície de resposta. Para testar a reutilização do adsorvente CC@C. A eficiência máxima de remoção do BPA foi de 98,01%. O material foi reutilizado por 5 ciclos. Este trabalho forneceu um método de síntese e otimização de carvões ativados à base de biomassa para a absorção de poluentes orgânicos em águas contaminadas.

Sakib *et al.*, (2022) produziram um biocompósito à base de quitosana derivado da casca de camarão preparado por reticulação iônica. O biocompósito foi caracterizado e estudado para teste de adsorção. A adsorção é fortemente sensível ao pH, quanto mais alto o pH maior será o resultado de remoção do corante azul de metileno em solução aquosa. O biocompósito foi capaz de remover o corante azul de metileno e pode ter potencial capacidade adsorvente para os corantes aniônicos devido à presença de quitosana. Além disso, foram utilizados recursos sustentáveis para desenvolver o compósito. No geral, este biocompósito de origem local tem potencial para ser utilizado na remoção de contaminantes de águas contaminadas.

A casca de camarão cru (CC), que está incluída na categoria de resíduos, foi usada para remover cobalto (Co^{2+}), através da adsorção na pesquisa de Gök *et al.*, (2022). Em condições ótimas para CC (dose: 1 g L^{-1} , pH: 5,26, tempo: 10 min), a eficiência de remoção de Co^{2+} foi de cerca de 75 %. Os resultados deste estudo revelaram que, em termos de remoção de Co^{2+} de ambientes aquosos, o

CC pode ser usado como um adsorvente eficaz, pois sua capacidade de adsorção é comparável a outros adsorventes estudados na literatura.

No artigo de Rahman *et al.*, (2023) os autores apresentaram a quitosana, extraída e isolada de cascas de camarão como adsorvente de metais pesados de águas poluídas. A maior adsorção de arsênico, níquel e cobalto foi de 98,50, 74,50 e 47,82%, respectivamente, em pH neutro, enquanto a maior adsorção de cromo foi de 97,40% em pH 3. Foi notável a capacidade de adsorção tornando o material um adsorvente promissor, ecologicamente correto e de baixo custo para remover metais pesados tóxicos, incluindo Cr, Ni, As e Co, e podendo ser usado em muitas aplicações em larga escala para limpar águas contaminadas.

No estudo de Chen *et al.*, (2023), a casca de camarão foi usada para preparar um adsorvente econômico e ecológico para a remoção eficiente de tris(2-cloroetil) fosfato.

Os fatores ambientais, como temperatura, pH, ânions inorgânicos e matéria orgânica pouco afetaram o desempenho de adsorção. A caracterização estrutural indicou que a estrutura porosa hierárquica do biocarvão de casca de camarão é a chave para um excelente desempenho de adsorção. A alta eficiência, baixo custo e disponibilidade, tornando-o um excelente candidato a adsorvente com grande potencial para aplicação em sistemas de purificação de água.

Cabe ressaltar, de acordo com Machado *et al.* (2011) e Azevedo *et al.* (2023), que o biocarvão além de ser um material produzido a partir de resíduos sólidos, é um material que pode ser reutilizado por vários ciclos para a remoção de contaminantes ambientais. Além de ser possível recuperar a capacidade de adsorção, pode esta ser regenerada através da eluição com solvente verde, não sendo, então, o biocarvão um material descartado após sua primeira utilização.

Conclusão

Os contaminantes no meio ambiente podem representar um grande risco para os organismos vivos, principalmente os aquáticos não-alvo.

A presença de contaminantes no meio ambiente deve ser investigada e receber a devida atenção, sendo importante entender sobre a sua presença e o risco significativo para os organismos que vivem no compartimento ambiental contaminado. Por mais esforços que se fizessem, na literatura ainda não há

um número consistente sobre adsorventes à base de biomassa de camarão. Porém nas pesquisas encontradas todas conseguiram um resultado significativo na remoção do contaminante estudado utilizando adsorventes à base de biomassa de camarão.

Para evitar todos os problemas ambientais associados à contaminação por compostos tóxicos devemos fazer a nossa parte e eliminar o problema na fonte, seja ao descartar, seja industrial ou doméstico. A informação e a conscientização são os caminhos iniciais e eficazes para que esse impacto ambiental seja minimizado.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO. O Piauí é um dos três estados que mais produz camarão atualmente. Parnaíba: **ABCC online**, 2016. Disponível em: <http://abccam.com.br/site/author/abcc/>. Acesso em: 20 ago. 2018.
- AZEVEDO, C. F.; MACHADO, F. M.; SOUZA, N. F.; SILVEIRA, L. L.; LIMA, E. C.; ANDREAZZA, R.; BERGAMNN, C. P. Comprehensive adsorption and spectroscopic studies on the interaction of carbon nanotubes with diclofenac anti-inflammatory, **Chemical Engineering Journal**, Volume 454, Part 2, 2023, 140102, ISSN 1385-8947, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.140102>.
- AZEVEDO, C. F. de; RODRIGUES, D. L. C.; SILVEIRA, L. L.; LIMA, E. C.; OSORIO, A. G.; ANDREAZZA, R.; PEREIRA, C. M. P. de; POLETTI, T.; MACHADO, F. M. Comprehensive adsorption and spectroscopic studies on the interaction of magnetic biochar from black wattle sawdust with beta-blocker metoprolol. **Bioresource Technology**, v. 388, p. 129708, 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129708>.
- BACHOUR, R.; GOLOVKO, O.; KELLNER, M.; POHL, J. Behavioral effects of citalopram, tramadol, and binary mixture in zebrafish (*Danio rerio*) larvae. **Chemosphere**, v. 238, p. 124587, 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124587>.
- BERHANE, T. M.; LEVY, J.; KREKELER, M.P.S.; DANIELSON, N.D. Adsorption of bisphenol A and ciprofloxacin by palygorskite-montmorillonite: effect of granule size, solution chemistry and temperature. **Clay Sci.**, 132-133, p. 518-527, 2016.
- BORJA-URZOLA, A.; GARCÍA-GÓMEZ, R. S.; BERNAL-GONZÁLEZ, M.; DURÁN-DOMÍNGUEZ-DE-BAZDA, M. Chitosan-calcite from shrimp residues: a low-cost adsorbent for three triazines removal from aqueous media. **Materials Today Communications**, v. 26, p. 102131, mar. 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mtcomm.2021.102131>
- CHEN, S.; CAI, H.; DU, X.; WU, P.; TAO, X.; ZHOU, J.; DANG, Zhi; LU, G. Adsorption behavior of hierarchical porous biochar from shrimp shell for tris(2-chloroethyl) phosphate (TCEP): sorption

experiments and dft calculations. **Environmental Research**, v. 219, p. 115128, fev. 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2022.115128>.

COSTELLO, C.; CAO, L.; GELCICH, S.; CISNEROS-MATA, M. Á.; FREE, C. M.; FROELICH, H. E.; GOLDEN, C. D.; ISHIMURA, G.; MAIER, J.; MACADAM-SOMER, I.. The future of food from the sea. **Nature**, v. 588, n. 7836, p. 95-100, 2020. <http://dx.doi.org/10.1038/s41586-020-2616-y>.

D'INCAO, F. Camarões de alto valor comercial do Rio Grande do Sul. **Cadernos de Pesca**, v.5, p.1-10, 2002.

DIÓGENES, A. R. **As camaroeiras, as pescadeiras e o arreio: pesca artesanal do camarão e conservação ambientais em comunidades de várzea no município de Paritins-AM**. 2014. 139p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 8, n. 3, p. 499-520, 2019. 518 Sustentabilidade na Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas, Parintins-AM, 2014.

DUTTA, M. The Importance of Scholarly Reviews in Medical Literature. **Ear, Nose & Throat Journal**, v. 98, n. 5, p. 2019.251-252, 2019.

EVERS, DJ, CARROLL, DJ. Ensilagem de resíduos de camarão preservados em sal com palha de capim e melação. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 17, 241e249. 1998.

FABBRICINO, M.; PONTONI, L. Use of non-treated shrimp-shells for textile dye removal from wastewater. **Journal Of Environmental Chemical Engineering**, v. 4, n. 4, p. 4100-4106, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2016.08.028>.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Shellfish consumption per capita** [WWW Document] URL <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS> (2020)

GÖK, G.; KOCYIGIT, H.; GÖK, O.; CELEBI, H. The use of raw shrimp shells in the adsorption of highly polluted waters with Co²⁺. **Chemical Engineering Research And Design**, v. 186, p. 229-240, 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cherd.2022.07.041>.

KREAG, R., SMITH, F., 1975. **Seafood Solid Waste in Oregon: Disposal or Recovery?**, Oregon State University Extension Marine Advisory Program Report, vol. 395. Universidade Estadual de Oregon, Corvallis, OR.

LAKSHMIKANDAN, M., MURUGESAN, A. G., WANG, S., ABOMOHR, A. E. F., JOVITA, P. A., KIRUTHIGA, S. Sustainable biomass production under cO₂ conditions and effective extraction of wet microalgae liquids for biodiesel production, **J. Clean. Prod.**, v. 247, 119398, 2020.

LIU, X.; HE, C.; YU, X.; BAI, Y.; YE, L.; WANG, B.; ZHANG, L. Net-like porous activated carbon materials from shrimp shell by solution-processed carbonization and H₃PO₄ activation for methylene blue adsorption. **Powder Technology**, v. 326, p. 181-189, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2017.12.034>.

MACHADO, F. M.; BERGMANN, C. P.; FERNANDES, T. H.M.; LIMA, E. C.; ROYER, B.; CALVETE, T.; FAGAN, S. B. Adsorption of Reactive Red M-2BE dye from water solutions by multi-walled carbon nanotubes and activated carbon. **Journal of Hazardous Materials**, v. 192, n. 3, p. 1122-1131, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.06.020>.

MACHADO, F. M.; BERGMANN, C. P. **Carbon Nanomaterials as Adsorbents for Environmental and Biological Applications**. 1. ed. New York City: Springer International Publishing, 2015. v. 1. 122p.

MAGED, A.; IQBAL, J.; KHARBISH, S.; ISMAEL, I.; BHATNAGAR, A. Ajustando a remoção de tetraciclina de solução aquosa em mineral de argila em camadas 2:1 ativado : Caracterização, sorção e estudos mecanísticos. **J. Hazard. Mate.**, v. 384, 121320, 2019.

- MAHMOUD, M. E.; MOHAMED, A. K.; SALAM, M. A. Self-decoration of N-doped graphene oxide 3-D hydrogel onto magnetic shrimp shell biochar for enhanced removal of hexavalent chromium. **Journal Of Hazardous Materials**, v. 408, p. 124951, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124951>.
- MARSON, E.O.; PANIAGUA, C.E.S.; JÚNIOR, O.G.; GONÇALVES, B.R.; SILVA, V.M.; RICARDO, I.A.; STARLING, M.C.V.M; AMORIM, C.C.; TROVÓ, A.G. A review toward contaminants of emerging concern in Brazil: Occurrence, impact and their degradation by advanced oxidation process in aquatic matrices. **Sci.Total Environ**, v. 25, n. 836, p.155605, 2022. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.155605
- MONDAL, A. K.; KRETSCHMER, K.; ZHAO, Y.; LIU, H.; FAN, H.; WANG, G. Naturally Porous Carbon Nitrogen doped from shrimp shell waste for ion batteries performance lithium batteries and supercapacitors, **Microporous Mesoporous Mater.**, v. 246, p.72-80, 2017.
- NUÑEZ-GÓMEZ, D.; RODRIGUES, C.; LAPOLLI, F. R.; LOBO-RECIO, M. Á.. Adsorption of heavy metals from coal acid mine drainage by shrimp shell waste: isotherm and continuous-flow studies. **Journal Of Environmental Chemical Engineering**, v. 7, n. 1, p. 102787, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2018.11.032>.
- PATTANAİK, S. S.; SAWANT, P. B.; XAVIER, K.A. M.; DUBE, K.; SRIVASTAVA, P. P.; DHANABALAN, V.; CHADHA, N.K. Characterization of carotenoprotein from different shrimp shell waste for possible use as supplementary nutritive feed ingredient in animal diets. **Aquaculture**, v. 515, p. 734594, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734594>.
- RAHMAN, A.; HAQUE, M. A.; GHOSH, S.; SHINU, P.; ATTIMARAD, M.; KOBAYASHI, G. Modified Shrimp-Based Chitosan as an Emerging Adsorbent Removing Heavy Metals (Chromium, Nickel, Arsenic, and Cobalt) from Polluted Water. **Sustainability**, v. 15, n. 3, p. 2431, 2023. <http://dx.doi.org/10.3390/su15032431>.
- RECH, A. S.; RECH, J. C.; CAPRARIO, J.; TASCA, F. A.; RECIO, M. Á. L.; FINOTTI, A. R.. Use of shrimp shell for adsorption of metals present in surface runoff. **Water Science and Technology**, v. 79, n. 12, p. 2221-2230, 2019. <http://dx.doi.org/10.2166/wst.2019.213>.
- RODDE, R.H; EINBU, A.; VÂRUM, K.M. A seasonal study of the chemical composition and quality of chitin of shrimp shells obtained from northern shrimp (*Pandalus borealis*). **Carbohydr. Polim.**, v.71, 388-393, 2008.
- SACHINDRA, N. M, BHASKAR, N., 2008. Atividade antioxidante in vitro de licor de bioresíduos fermentados de camarão. **Biorecurso Tecnol.**, v. 99, issue 18, p. 9013-9016, 2008.
- SAKIB, M. N.; HANO, N.; TAKAFUJI, M.; AHMED, S. Preparation of chitosan/laterite/iron oxide-based biocomposite and its application as a potential adsorbent for the removal of methylene blue from aqueous solution. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, v. 17, p. 100658, 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enmm.2022.100658>.
- SALAWU, O. A.; HAN, Z.; ADELEYE, A. S. Shrimp waste-derived porous carbon adsorbent: performance, mechanism, and application of machine learning. **Journal Of Hazardous Materials**, v. 437, p. 129266, 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129266>.
- SALEH, N. E.; WASSEF, E. A.; ABDEL-MOHSSEN, H. H. Sustainable Fish and Seafood Production and Processing. **Sustainable Fish Production and Processing**, p. 259-291, 2022. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-824296-4.00002-5>.
- VALENTINI, H.; D'INCÃO, F.; RODRIGUES, L. F.; DUMONT, L. F. Evolução da pescaria industrial de camarão-rosa (*Farfantepenaeus brasiliensis* e *F. paulensis*) na costa Sudeste e Sul do Brasil, 1968-1989. **Atlântica**, v. 34, n. 2, p.157-171, 2012.

WU, W., CHEN, Z., HUANG, Y., LI, J., CHEN, D., CHEN, N., SU, M. Red mud for efficient adsorption of U(VI) from aqueous solution: influence of calcination on performance and mechanism. **J. Hazard Mater.**, v. 409, Artigo 124925, 2021.

XU, Y., BAJAJ, M., SCHNEIDER, R., GRAGE, S.L, ULRICH, A.S, WINTER, J., GALLERT, C., 2013 Transformação da estrutura da matriz de cascas de camarão durante a desproteinização e desmineralização bacteriana. **Microb. Cell Factories** 12, 90.

ZAFAR, F. F.; BARATI, B.; RASOULZADEH, H.; SHEIKHMOHAMMADI, A.; WANG, S.; CHEN, H. Adsorption kinetics analysis and optimization of Bisphenol A onto magnetic activated carbon with shrimp shell based precursor. **Biomass and Bioenergy**, v. 166, p. 106604, 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106604>, 2022.

ZHONG, T; XIA, M; YAO, Z; HAN, C. Chitosan/Silica Nanocomposite Preparation from Shrimp Shell and Its Adsorption Performance for Methylene Blue. **Sustainability**, v. 15, n. 1, p. 47, 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su15010047>.