INVESTIGAÇÃO DA TRANSLOCAÇÃO DE MICROFIBRAS TÊXTEIS AO LONGO DO TEMPO EM CARANGUEJO-UÇÁ

TEMPORAL INVESTIGATION OF TEXTILE MICROFIBER TRANSLOCATION IN THE MANGROVE CRAB

Ana Beatriz Santos Passarelli, Paloma Kachel Gusso-Choueri, Júlia Lino Duz

Laboratório de Ecotoxicologia, Universidade Santa Cecília, Curso de Ciências Biológicas
E-mail para contato: anabeatriz170204@gmail.com

RESUMO – Esse estudo utiliza o caranguejo-uçá (Ucides cordatus), espécie semiterrestre dos manguezais do Atlântico Ocidental com grande importância econômica e ecológica, em função de inferir a quantidade de fibras encontradas nesse organismo. A hemolinfa, fluido circulatório desses invertebrados, é analisada uma vez que essa participa de funções vitais e do sistema imunológico. As amostras foram coletadas e mantidas em laboratório por 30 dias. Foram expostos a diferentes concentrações de microfibras em aquários controlados, com monitoramento de parâmetros físico-químicos e coleta de hemolinfa para análise microscópica. A quantificação das microfibras foi feita manualmente e os dados analisados por PERMANOVA. Os resultados indicam que as diferentes concentrações de fibras influenciaram significativamente a presença dessas partículas na hemolinfa do caranguejo-uçá, além dos riscos ambientais e à saúde humana, reforçando a necessidade de estudos sobre a degradação e impactos ecotoxicológicos das microfibras têxteis. O trabalho contribui para o entendimento da disseminação de microfibras em ecossistemas estuarinos e postula que, após uma exposição crônica desses organismos ocorrerá a presença de microfibras na hemolinfa.

Palavras-chave: Microfibra, Ecotoxicologia, *Ucides Cordatus, Fast-Fashion,* Hemolinfa.

ABSTRACT – This study uses the mangrove crab Ucides cordatus, a semi-terrestrial species from the mangroves of the Western Atlantic with significant economic and ecological importance, to assess the amount of fibers found in this organism. The hemolymph, the circulatory fluid of these invertebrates, was analyzed as it plays vital roles in physiological and immune functions. Specimens were collected and kept in laboratory conditions for 30 days. They were exposed to different concentrations of microfibers in controlled aquaria, with monitoring of physicochemical parameters and hemolymph sampling for microscopic analysis. Microfibers were manually quantified, and the data were analyzed using

PERMANOVA. The results indicate that the different fiber concentrations significantly influenced the presence of these particles in the hemolymph of Ucides cordatus, in addition to highlighting environmental and human health risks. This reinforces the need for further studies on the degradation and ecotoxicological impacts of textile microfibers. The study contributes to understanding microfiber dispersion in estuarine ecosystems and suggests that, following chronic exposure, microfibers will be present in the hemolymph.

Keywords: Microfiber, Ecotoxicology, *Ucides Cordatus, Fast-Fashion,* Hemolymph.

1 INTRODUÇÃO

As microfibras são materiais fibrosos finos que possuem diâmetro menor que 50 μm, e seu comprimento pode variar de 1 μm a 5 mm (GESAMP, 2019). As fibras também variam entre as de origem natural (por exemplo algodão e lã), sintéticas (como poliéster e náilon) e artificial (acetado de celulose) (ROMERO et al., 1995).

O impacto dos resíduos plásticos no ambiente marinho vem sendo estudado desde a década de 70, mas questões como a quantidade que chega aos oceanos através do ambiente terrestre até pouco tempo eram desconhecidas. Apesar de não ser a única, a indústria têxtil é uma das principais responsáveis pela distribuição de microfibras no meio ambiente, pois a composição do tecido que é produzido está ligada a todo tipo de efeito sobre a sustentabilidade como poluição oceânica, questões climáticas, impacto na biodiversidade e muito mais. Com diversos estudos em desenvolvimento, foi descoberto que o tipo de fibra escolhida e as técnicas têxteis fazem total diferença no resultado do produto, por conta disso atualmente para muitos profissionais da indústria essa seleção está entre as primeiras etapas de fabricação (PEREIRA et al., 2021).

Os ambientes aquáticos são cobertos por diversos tipos de vida, consequentemente estes seres são afetados pela poluição causada por microfibras, entre eles estão os peixes, artrópodes, crustáceos, aves marinhas e outros (ESPINOSA et al., 2015), por conta da fácil contaminação essa presença também afeta as plantas aquáticas e toda a cadeia alimentar aquática (CUI et al., 2022). A ingestão e o acúmulo destes materiais dentro dos organismos apresentam um grande risco a saúde e podem causar danos a reprodução dos animais, digestão, sistema imunológico, absorção de nutrientes e até mesmo problemas fisiológicos (OLIVEIRA et al., 2023).

Não é só a vida aquática que tem sofrido com as consequências desses contaminantes estarem se espalhando cada vez mais, a contaminação da fauna marinha através da cadeia alimentar é considerada uma das principais fontes de microfibras para os seres humanos, e o consumo das fibras sintéticas é capaz de causar diversos perigos ao organismo por conta da presença de diversos aditivos químicos; presentes em suas matrizes, como por exemplo, Ftalatos, Bisfenol A, corantes, retardadores de chama, amaciantes entre outros (MISHRA et al., 2019).

Ucides cordatus (caranguejo-uçá), é um crustáceo semiterrestre que vive exclusivamente nas áreas de manguezal, com distribuição no Atlântico Ocidental, da Flórida (EUA) até Laguna, Santa Catarina (Brasil) (MELO, 1996). Esse animal possui forte importância econômica no litoral brasileiro (JANKOWSKY *et al.* 2006) por servir como fonte de renda e auxiliar na segurança alimentar para a população que depende da sua extração e comercialização (IBAMA 1994, GLASER & DIELE 2004, PASSOS & DI BENEDITTO 2005).

O caranguejo-uçá é um excelente bioindicador de poluição em manguezais (PINHEIRO, M.A.A. *et al*., 2013) podendo apresentar um considerável número de resquícios do ambiente em seu organismo, inclusive na hemolinfa. A hemolinfa faz parte do sistema circulatório dos invertebrados, nela há hemocianina, uma proteína a base de cobre, em vez da hemoglobina à base de ferro, servindo como transporte de nutrientes, hormônios, resíduos metabólicos e participa do sistema imunológico ajudando na defesa (FREDRICK & RAVICHANDRAN, 2012). Em zonas costeiras aquáticas, avaliar a hemolinfa dos invertebrados ajuda a visualizar uma parte dos efeitos pré-patogênicos e condições de saúde desses organismos (NOBRE *et al*., 2024).

O objetivo da pesquisa é avaliar a translocação, ao longo do tempo, de microfibras têxteis, de algodão e poliéster, na hemolinfa da espécie de crustáceo *Ucides cordatus* expostos a duas diferentes concentrações destes materiais.

A hipótese do presente estudo postula que frente a uma exposição crônica será verificada a ocorrência de microfibras na hemolinfa do caranguejo-uçá, sugerindo que esses organismos estão vulneráveis à contaminação por microfibras em seu habitat.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho é parte da dissertação de mestrado no PPG-ECoMar da orientadora Júlia, para a realização do experimento, exemplares da espécie *Ucides Cordatus* foram coletados por catadores autorizados no Litoral sul de São Paulo, na Estação Ecológica Juréia-Itatins, e direcionados até o laboratório de Ecotoxicologia da UNISANTA. Os caranguejos foram aclimatados em um período de 15 dias até o início do experimento. Foram conduzidos dois experimentos: um com fibra de poliéster e outro a de algodão. Durante todo o processo, a alimentação dos animais foi feita através de folhas de *Rhizofora mangle*, coletadas do mesmo local de origem dos caranguejos.

As duas partes do experimento ocorreram da mesma forma, os animais foram colocados aleatoriamente em 15 aquários diferentes, distribuídos em 6 por recipiente, todos com 10 litros de água salobra 25, em um local aerado. Os diferentes tratamentos, foram divididos em: 1) Controle, água isenta de contaminação; 2) Concentrações nominais i) 0,0001 g; ii) 0,1 g. Ao decorrer dos 30 dias de experimento, os parâmetros de salinidade, pH, amônia e oxigênio dissolvido foram monitorados, temperatura mantida em 23 ± 1°C e iluminação equilibrada, 12h claro e 12h escuro. Para a coleta da hemolinfa, foram utilizadas seringas de 1 mL acopladas a agulhas 21 gauge (0,8 x 40 mm). A extração foi realizada a partir da maior quelípode do organismo de cada indivíduo, foi coletado um volume total de 1 mL de hemolinfa, o qual foi transferido para microtubos e imediatamente congelado a -20 °C, visando à preservação das amostras. Para a análise, as amostras foram retiradas do congelador e aclimatadas à temperatura ambiente. Em seguida, com o auxílio de uma pipeta, o conteúdo foi distribuído sobre lâminas de microscopia e coberto com lamínulas. As preparações foram então examinadas em microscópio óptico. As microfibras foram contadas manualmente com o auxílio de um contador, e os dados foram organizados em planilhas no software Microsoft Excel. As microfibras foram identificadas visualmente com base em características morfológicas, como espessura e estrutura superficial, distinguindo-se de partículas orgânicas ou minerais.

A significância das diferenças observadas entre os tratamentos foi avaliada por meio da Análise de Variância Permutacional (PERMANOVA), sendo conduzido um delineamento trifatorial, possibilitando a análise do efeito isolado de cada fator (tempo, tipo de microfibra e concentração), bem como sua interação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises estatística estão apresentados na Tabela 1. Foi realizado uma PERMANOVA trifatorial, incorporando os dois tipos (Ty) de fibras e suas respectivas concentrações (co) e seus tempos (Ti). A análise de variância (PERMANOVA) revelou diferenças significativas apenas para o fator concentrações (Psedu-F = 53,386; p = 0,007), indicando que as concentrações de microfibra encontrada na hemolinfa do caranguejo-uçá, foi a principal responsável pela variação observada. O fator tipo (Pseudo-F = 24,751; p = 0,124) e o fator tempo (Pseudo-F = 12,521; p = 0,302) não apresentaram diferenças significativas assim como os fatores dependentes entre si (Ty x Co; Ty x Ti; Co x Ti; Ty x Co x Ti) (Tabela 1).

Tabela 1: *PERMANOVA resultados baseados na quantificação de microfibras na hemolinfa do caranguejo-uçá (Ucides cordatus) em análises multivariadas. df = graus de liberdade; MS = quadros médios; P(perm) = valor de p permutacional; perms = número de permutações únicas. Ty = tipo de microfibra; Co = Concentração (0,0001g/L e 0,1g/L); Ti = Tempo*

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Ty	1	1737,2	1737,2	24.571	0,124	998
Co	2	7548,8	3774,4	53.386	0,007	999
Ti	3	2655,8	885,26	12.521	0,302	999
TyxCo	2	1272,6	636,32	0,90004	0,415	999
TyxTi	3	1559,3	519,75	0,73516	0,519	997
CoxTi	6	4317	719,5	10.177	0,421	998
TyxCoxTi**	4	3621	905,26	12.804	0,314	999
Res	80	56559	706,99			

O teste pareados (Tabela 2) indicaram que tanto as duas concentrações de microfibras (0,0001g/L e 0,1g/L) diferiram significativamente do grupo controle (p = 0,028 e p = 0,009, respectivamente), no entanto não foram observadas diferenças significativas entre os dois tratamentos (p = 0,157).

Tabela 2: *PAIRWISE resultados do efeito da cocentração. P(perm) = valor de p permutacional; perms = número de permutações únicas*

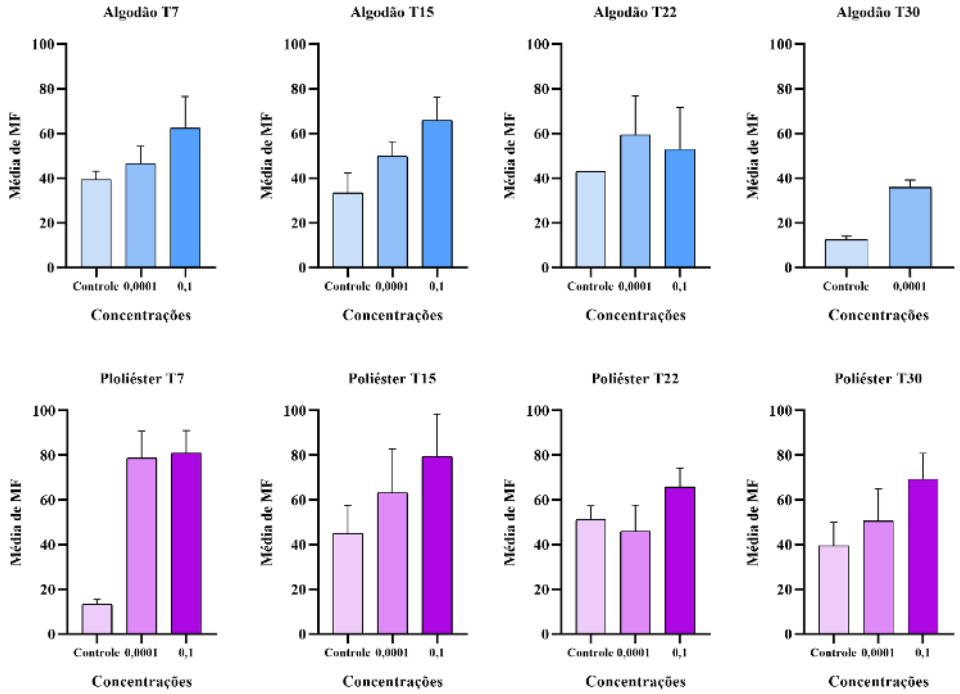
Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
[Controle], [0,0001]	22.703	0,028	996	0,028
[Controle], [0,1]	27.628	0,005	997	0,009
[0,0001], [0,1]	14.215	0,157	998	0,152

A Figura 1 mostra as médias das variações de microfibras em hemolinfa em função do tipo de fibra, concentrações testadas e do tempo de exposição. Para o algodão, houve um aumento nas concentrações (0,0001 e 0,1g/ L) em comparação ao controle em todos os tempos (T3, T7, T15, T22 e T30). Para o poliéster houve uma diferença acentuada quando comparado o controle e as duas concentrações no T3, mas sem muita diferença entre elas. A partir do T7 observa-se um aumento na média de MF na maior concentração (0,1g/L), tento uma continuidade do mesmo resultado nos outros tempos (T15, T22 e T30).

Estudos anteriores sobre microfibras mostraram que as peças de roupa feitas de celulose geraram mais microfibras que as de poliéster, no entanto, quando expostas a condições de biodegradação aquática aeróbica, fibras de algodão e raylon se degradaram, enquanto as de poliéster não conseguiram (ZAMBRANO *et al.,* 2019). Sua natureza não biodegradável e alta resistência à tração provavelmente leva a uma maior persistência no ambiente, fixação nas brânquias de animais chegando também ao trato digestivo (SIDDIQUI *et al.,* 2023), ou até desnutrição por conta da falsa sensação de saciedade ao serem ingeridas (STIENBARGER et *al.,* 2021).

Os problemas nutricionais causados pelos microplásticos já vêm sendo estudados por mais tempo, assim pode-se afirmar que afetam o crescimento dos organismos, testado e confirmado em espécies como o peixe *Ambassis dussumieri* (NAIDOO e GLASSOM, 2019), invertebrados como *Daphnia magna* (Besseling et al., 2014), e até minhocas (HUERTA LWANGA *et al.,* 2016).

***Figura 1**: Média da quantificação das microfibras de algodão (azul) e poliéster (roxo) encontradas nas hemolinfas do caranguejo-uçá (Ucides cordatus) em diferentes concentrações, controle, 0,0001g/L e 0,1g/L.*



A ingestão das partículas demonstrou gerar um fardo energético adicional aos organismos, onde pode ter sido necessário um redirecionamento da energia que deveria ser usada para o crescimento para manter o funcionamento de outras funções, tais como eliminar os contaminantes do organismo (NAIDOO e GLASSOM, 2019; LUCIO *et al.,* 2019).

Um estudo que examinou microfibras em outro tipo de caranguejo, *Carcinus Maenas,* observou uma redução na energia disponível para o crescimento quando expostos a cordas de polipropileno (WATTS *et al.,* 2015). Existe a hipótese de que alguns polímeros, como o náilon, podem conter fagoestimulantes que atraem os antozoários (ALLEN *et al.,* 2017), levando isso em consideração, trabalhos com anêmonas do mar mostraram que a preferência alimentar já pode estar relacionada ao consumo de certos tipos de fibras (DE ORTE, M.R. *et al.,* 2019). Na ausência de camarão, a maioria das anêmonas branqueadas (60%) ingeriu microfibras de náilon, mas entre as anêmonas simbióticas foi apenas 25%. Na presença do camarão elas consumiram

qualquer tipo de fibra. Pode-se dizer que essa se tornou uma estratégia das anêmonas branqueadas para compensar sua deficiência energética (DE ORTE, M.R. *et al.,* 2019).

Quão longe as microfibras e os microplásticos conseguem chegar nos organismos marinhos ainda é incerto e está apto para discussões, mas há registros de microplásticos no hepatopâncreas de caranguejos. Segundo o estudo de Sourav Bar et al (2025), a média de partículas por grama de hepatopâncreas foi de 0,97 para o caraguejo-mangue-gigante (*Scylla serrata)*, 0,93 para o caranguejo-nadador-de-três-manchas (*Portunus sanguinolentus) e* 3,84 para os caranguejos de água doce (*Parathelphusa convexa).* Essa variação indica que há uma diferença entre as espécies de caranguejo em relação à exposição aos poluentes plásticos.

Ainda, os resultados obtidos reforçam a importância de se considerar a problemática das fibras têxteis no contexto do "*One health"* já que o caranguejo-uçá é importante no contexto de segurança econômica e alimentar para diversas populações ribeirinhas, garantindo assim sua alimentação e sua fonte de renda, e para muitos turistas que costumam alimenta-se desse animal durante suas férias no litoral. Do ponto de vista da saúde ambiental, estudos de Mirsha et al (2019) cerca de 150 milhões microfibras entram no Oceano Atlântico diariamente, contribuindo continuamente para a poluição do ecossistema e consequentemente acabam sendo ingeridas pelos animais, incluído o caranguejo-uçá, podendo causar efeitos fisiológicos ao longo do tempo, podendo comprometer a sobrevivência e o bem-estar do animal (MAZZONI *et al.*, 2024; MOTA *et al.*, 2021; LUCIO *et al.,* 2019). Além disso, como o estudo demostra, os achados de microfibras na hemolinfa do caranguejo, é preocupante para a saúde humana, visto que a alimentação se dá principalmente pelo quelípode do animal, mesmo local de onde foi retirada a hemolinfa, e assim como outros contaminantes achados no corpo humano, as microfibras podem persistir no mesmo e causar efeitos ao longo do tempo (CRIADO, 2018; MOTA *et al.,* 2021; LUCIO *et al.,* 2021).

De toda forma, as condições para biodegradação das fibras têxteis em ambientes aquáticos e a capacidade de absorção desses materiais nos ecossistemas naturais marinhos e de água doce ainda é incerta (ZAMBRANO *et al,*. 2020). Essas incertezas evidenciam a necessidade de investigações que abordem as condições físico-químicas e as taxas de degradações, além dos potenciais efeitos ecotoxicológicos não apenas das microfibras presentes no meio ambiente, mas também das microfibras que acabam entrando nos tecidos de diversos organismos.

Apesar dos recentes avanços, ainda persistem lacunas substanciais no conhecimento acerca do comportamento, dentinho e potenciais impactos desses materiais em diferentes compartimentos ambientais, sendo necessário o desenvolvimento de investigações multidisciplinares, que permitem compreender de forma mais aprofundada as vantagens e limitações associadas ao uso de têxteis produzidos pela indústria do *Fast Fashion.* Tal compreensão é fundamental não apenas para avaliar os riscos ecológicos e socioambientais decorrentes, mas também para subsidiar políticas públicas e estratégias de produções mais sustentáveis no setor têxtil.

4 CONCLUSÃO

Foi possível observar que o número de fibras que chegaram até o sistema circulatório dessa espécie é grande, mostrando-se significativo e apresentando um problema para a biodiversidade, visto que se esperava que os danos causados pela poluição não estivessem alcançando níveis tão profundos nesses animais.

5 REFERÊNCIAS

ALLEN, A.S, SEYMOUR, A.C, RITTSCHOF, D. (2017). Chemoreception drives plastic consumption in a hard coral. Mar pollut Bull. Elsevier; 124; 198-205. pmid:28743368

BESSELING, E.; WANG, B.; LUERLING, M.; KOELMANS, A. A. (2014). Nanoplastic affects growth of S. obliquus and reproduction of D. magna. Environ. Sci. Technol. 48, 14065.

CRIADO, M. Á. (2018). Os microplásticos chegaram ao intestino humano. El País, v. 29.

CUI, R.; KWAK, J.; AN, Y.J. (2022). Acute and multigenerational effects of petroleum and cellulose based microfibers on growth and photosynthetic capacity of Lemna minor. Marine Pollution Bulletin, v. 182.ˆ

DE ORTE, M.R., CLOWEZ, S., CALDEIRA, K., (2019). Response of bleached and symbiotic sea anemones to plastic microfiber exposure. Environ. Pollut. 249, 512–517.

ESPINOSA, C.; ESTEBAN M. A.; CUESTA, A. (2015). Microplastics in aquatic environments and their toxicological implications for fish. Toxicology-New Aspects to This Scientific Conundrum, v. 113.

FREDRICK WS, RAVICHANDRAN S (2012). Hemolymph proteins in marine crustaceans. Asian Pac J Trop Biomed. Jun;2(6):496-502.

GESAMP (2019). Guidelines or the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean (Kershaw P.J., Turra A. and Galgani F. editors), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 99, 130p.

GLASER, M. & K. DIELE (2004). Asymmetric outcomes: Assessing central aspects of the biological, economic and social sustainability of a mangrove crab fishery, Ucides cordatus (Ocypodidae), in North Brazil. Ecological Economics 49 (3): 361373.

HUERTA LWANGA, E.; GERTSEN, H.; GOOREN, H.; PETERS, P.; SALANKI, T.; VAN DER PLOEG, M.; BESSELING, E.; KOELMANS, A. A.; GEISSEN, V. (2016). Microplastics in the Terrestrial Ecosystem: Implications for Lumbricus Terrestris (Oligochaeta, Lumbricidae). Environ. Sci. Technol. 50 (5), 2685−2691.

IBAMA (1994). Lagosta, Caranguejo-Uçá e Camarão-do-Nordes-te. Brasília, Coleção Meio Ambiente, Série Estudos-Pesca, vol. 10, 190p.

JANKOWSKY, M.; J.S.R. PIRES & N. NORDI (2006). Contribuição ao manejo participativo do Caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (L., 1763), em Cananéia, SP. Boletim do Instituto de Pesca 32 (2): 221-228.

LI L., FREY M., BROWING K. J. (2010). Biodegradability study on cotton and polyester fabrics. *J. Engineered Fibers Fabrics 5.* doi: 10.1177/155892501000500406

LUCIO, FABIOLA TERRA et al. (2019). Disponibilidade e influência dos microplásticos nos seres vivos e ambientes: uma revisão. Conexão Ciência (Online), v. 14, n. 1, p. 47-55.

MAZZONI, TALITA SARAH et al. 2024). A invisibilidade dos microplásticos-uma macroameaça ao meio ambiente e à saúde humana. Saneamento, Saúde e Ambiente Volume 2, p. 82.

MELO, G.A.S. (1996). Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro. São Paulo, Ed. Plêiade/FAPESP, 604p.

MISHRA, S.; RATH, C.C.; DAS, A.P (2019). Marine microfiber pollution: A review on present status and future challenges. Marine Pollution Bulletin, v.140.

NAIDOO T., GLASSOM D. (2019). Decreased growth and survival in small juvenile fish, after chronic exposure to environmentally relevant concentrations of microplastic. *Mar. Pollut. Bull.* 145, 254-259. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.02.037

NOBRE CR, DE SOUZA PAÇO M, DE ALMEIDA DUARTE LF, DOS SANTOS BARBOSA ORTEGA A, MORENO BB, DE CAMARGO TFT, PARREIRA LM, DA COSTA SOUZA I, MONFERRÁN MV, WUNDERLIN DA, FERNANDES MN, PEREIRA CDS (2024). Systemic effects of settleable atmospheric particulate matter (SePM) on swamp ghost crab Ucides cordatus. Sci Total Environ. 24 Aug 15;938:173295.

OLIVEIRA, C.R.S.; SILVA JÚNIOR, A.H.; MULINARI, J.; FERREIRA, A.J.S.; SILVA, A (2023). Fibrous microplastics released from textiles: Ocurrence, fate and remediation strategies. Journal of Contaminant Hidrology, Volume 256.

PASSOS, C.A. & A.P. DI BENEDITTO (2005). Aspectos da captura comercial do caranguejo-uça, Ucides cordatus (L., 1763), no manguezal de Gargaú, RJ. Biotemas 18 (1): 223-231.

PEREIRA, SANDRA MAIA RODRIGUES; ROMEIRO FILHO, EDUARDO; MENDONÇA, ROSANGELA MIRIAM LEMOS OLIVEIRA (2021). Da moda para os oceanos. Modapalavra e-periódico, v. 14, n. 34, p. 137-160.

PINHEIRO, M.A.A., DUARTE, L.F.A., TOLEDO, T.R. *et al* (2013). Habitat monitoring and genotoxicity in Ucides cordatus (Crustacea: Ucididae), as tools to manage a mangrove reserve in southeastern Brazil. Environ Monit Assess 185, 8273–8285.

ROMERO, L. L., VIEIRA, J. O. W. M., MEDEIROS, L. A. R. D., & MARTINS, R. F. (1995). Fibras artificiais e sintéticas.

STIENBARGER C. D., JOSEPH J., ATHEY S. N., MONTELEONE B., ANDRADY A.L., WATANABE W. O., et al. (2021). Direct ingestion, trophic transfer, and physiological effects of microplastics in the early life stages of centropristis striata, a comercially and recreationally valuable fishery species. *Environ. Pollut.* 285, 117653. doi: 10.1016/j.envpol.2021.117653

WATTS A. J. R., URBINA M. A., CORR S., LEWIS C., GALLOWAY T. S. (2015). Ingestion of plastic microfibers by the crab *Carcinus maenas* and its effect on food consumption and energy balance. *Environ. Sci. Technol.* 49, 14597-14604. doi: 10.1021/acs.est.5b04026

ZAMBRANO M. C., PAWLAK, J.J., DAYSTAR, J., ANKENY, M., CHENG, J.J., VENDITTI, R.A. (2019). Microfibers generated from the laundering of cotton, rayon and

polyester based fabrics and their aquatic biodegradation. Mar. Pollut. Bull. 142, 394–407. https:// doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2019.02.062.

ZAMBRANO M. C., PAWLAK, J.J., DAYSTAR, J., ANKENY, M., GOLLER C. C., VENDITTI, R.A. (2020). Aerobic deogradation in freshwater and marine environments of textile microfibers generated in clothes laundering: Effects of cellulose and polyester-based microfibers on the microbione. *Mar. pollut. Bull.* 151, 110826. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110826