

Levantamento sobre os Microplásticos em Macau



環境保護局
Direcção dos Serviços
de Protecção Ambiental

2023.2

Tendo como objectivo impulsionar a estratégia “avaliar os riscos ambientais provocados pelos microplásticos” delineada no Planeamento da Protecção Ambiental de Macau (2021-2025), a Direcção dos Serviços de Protecção Ambiental, adiante designada por DSPA, concluiu o levantamento sobre os microplásticos em Macau, o qual foi feito pela Universidade Normal da China Oriental, sob o mecanismo do grupo de trabalho da ciência e tecnologia e indústria da conservação de energia e protecção ambiental, subordinado ao Conselho de Cooperação de Ciência e Tecnologia entre o Interior da China e Macau.

A equipa de estudo procedeu ao levantamento sobre os microplásticos em várias vertentes, em articulação com o sistema para a avaliação global dos riscos ambientais causados pelos microplásticos, tendo analisado os riscos ambientais de Macau provocados pelos microplásticos. O levantamento sobre os microplásticos e a respectiva avaliação global dos riscos ambientais resumem-se no seguinte:

I. Sobre os microplásticos

Os produtos de plástico são leves, flexíveis e duradouros, daí serem tão utilizados. Contudo, os produtos de plástico decompõem-se e degradam-se em minúsculos detritos de plástico. Uma quantidade considerável de lixos de plástico acaba à deriva nos oceanos por vários meios, o que torna a poluição marinha por plástico numa ameaça ambiental que recebe uma grande atenção popular. No relatório anual de 2014 do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, os lixos marinhos de plástico foram considerados como problemas emergentes, sendo as partículas de plástico com uma dimensão inferior a cinco milímetros definidos como “microplásticos”. A poluição por plástico veio a ser foco de abordagem nas posteriores sessões da Assembleia das Nações Unidas para o Meio Ambiente, no sentido de motivar uma resposta à crise da poluição por plástico a nível mundial.

Os microplásticos existem em várias formas e texturas, designadamente detritica, linear, fibróide, membranácea e em forma de bolha. Consulte a seguinte tabela sobre os principais componentes químicos e origens:

Componente químico dos microplásticos			Origem
Polietileno	PE	Polyethylene	Sacos de plástico, películas, recipientes
Polipropileno	PP	Polypropylene	Embalagens alimentares, produtos diários
Polistireno	PS	Polystyrene	Utensílios para a indústria de aquicultura
Politereftalato de etileno	PET	Polyethylene terephthalate	Tecidos, garrafas de plástico
Resina alquídica	AR	Alkyd resin	Vernizes, tintas
Éster de vinilo	VE	Vinyl Ester	Vernizes, tintas
Polimetilmetacrilato	PMMA	Poly (methyl methacrylate)	Vernizes, tintas
Poliacrilonitrila	PAN	Polyacrylonitrile	Fibras acrílicas, vernizes
Álcool polivinílico	PVA	Polyvinyl alcohol	Adesivos, vernizes

II. Avaliação dos riscos ambientais causados pelos microplásticos

Analisados globalmente os estudos do Interior da China e do exterior, relativos aos impactos provocados pela poluição por microplásticos no ecossistema, o estudo em causa estabelece um sistema para a avaliação global dos riscos ambientais causados pelos microplásticos através dos indicadores de pressão, estado e resposta, sendo os indicadores indicados na figura 1 seguinte:



Figura 1 Indicadores para a avaliação dos riscos ambientais causados pelos microplásticos

Tendo em conta os actuais métodos de avaliação a nível internacional, o presente estudo seleccionou o método de graduação por especialistas e o método de *analytic hierarchy process*, com base no referido sistema para a avaliação e, em articulação com os dados recolhidos através de levantamento, para proceder à avaliação global dos riscos ambientais causados pelos microplásticos em Macau.

III. Níveis dos indicadores principais para a avaliação dos riscos ambientais causados pelos microplásticos

Com o intuito de recolher os dados relativos ao teor dos microplásticos, aplicados no sistema para a avaliação global dos riscos ambientais causados pelos microplásticos, a equipa de estudo realizou uma série de trabalhos de amostras e testes em relação a produtos diários, águas residuais, corpos de água, atmosfera, praias, sedimentos à

superfície, organismos aquáticos, produtos alimentares e água potável, sendo os resultados dos testes resumidos no seguinte:

1. Teor de microplásticos nos produtos diários

As partículas de plástico vinham a ser adicionadas a alguns produtos de cuidado pessoal e cosméticos, para melhorar o efeito de limpeza ou esfoliante, como, por exemplo, esfoliantes de rosto. No presente estudo foram escolhidos 15 produtos para testar o teor dos microplásticos, nomeadamente produtos de limpeza de rosto, gel de banho, champôs, detergentes de roupa, sabonetes líquidos e removedores de maquiagem. Os resultados revelaram que os produtos escolhidos não contêm partículas de plástico.



Figura 2 Produtos diários escolhidos como amostras no estudo

2. Teor dos microplásticos nas águas residuais e capacidade de tratamento de águas residuais

No presente estudo recolheram-se amostras de afluentes e efluentes das quatro estações de tratamento de águas residuais de Macau, para efeitos de testes do teor dos microplásticos. Os resultados dos testes mostram que os microplásticos existentes nos afluentes das quatro ETAR são principalmente em forma e textura de bolha, fibra e detrito. Após o tratamento pelas ETAR, foi registada uma descida significativa do teor dos microplásticos nos efluentes das quatro ETAR, tendo até uma parte dessas ETAR atingido uma taxa de remoção dos microplásticos superior a 99%. O resultado do estudo revela que as tecnologias de tratamento utilizadas nessas ETAR são capazes de remover os microplásticos contidos nas águas residuais.



Figura 3 A equipa de estudo recolhe amostras nas ETAR

3. Teor dos microplásticos nos corpos de água

3.1 Áreas marítimas

A equipa de estudo instalou, por meio de redes de pesca e bombas submersíveis, 26 pontos de amostras nas áreas marítimas sob a jurisdição da RAEM para recolher amostras dos corpos de água à superfície e através de tubos de ensaio. Os resultados mostram que há uma diferença considerável nos teores dos microplásticos nas amostras por tubos de ensaio, variando entre 0 e 152 partículas por metro cúbico, sendo o valor médio de 4,34 partículas por metro cúbico. Os resultados das amostras por redes de pesca revelam que o teor médio dos microplásticos existentes nos corpos de água à superfície das áreas marítimas é $0,39 \pm 0,57$ partículas por metro cúbico, sendo os componentes principais polietileno (PE), politereftalato de etileno (PET), polipropileno (PP), polistireno (PS), etc.. O teor dos microplásticos existentes nos corpos de água à superfície das áreas marítimas é inferior ao nível do teor do estudo congénere relativo ao estuário do Rio das Pérolas, no entanto, é superior aos níveis do oeste do Pacífico, do Mar da China Oriental e do Mar de Bohai. Consulte a figura 4.

Os microplásticos existentes nas áreas marítimas resultam provavelmente da fragmentação de plástico. De acordo com a análise da composição, esses microplásticos são os componentes mais comuns, nomeadamente polistireno (PS) oriundo normalmente do sector de aquicultura, polipropileno (PP) oriundo de recipientes de comida, copos e brinquedos, polietileno (PE) oriundo de sacos de plástico, películas e tubos de água, politereftalato de etileno (PET) resultando da abrasão de fibras sintéticas de roupas, garrafas de plástico, etc.

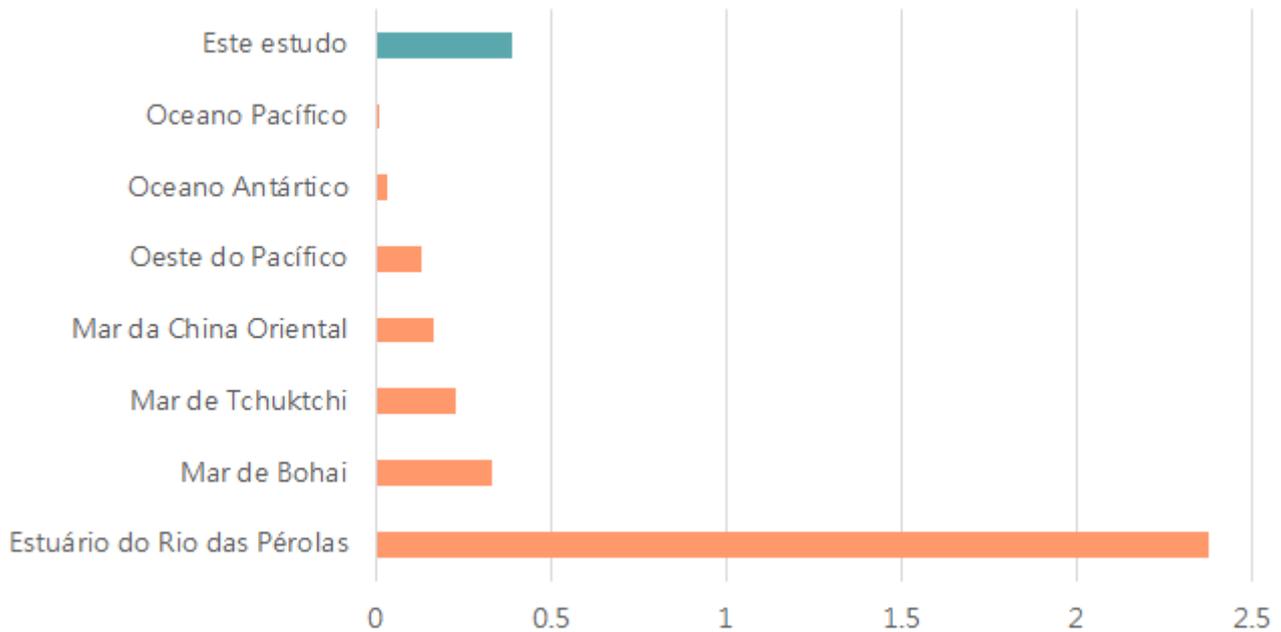


Figura 4 Comparação do teor dos microplásticos nos corpos de água à superfície das áreas marítimas com os resultados de estudos congêneres (unidade: partículas/m³)

3.2 Canal

A equipa de estudo instalou, por meio de redes de pesca, 6 pontos de amostras no Canal de Jiamakou, situado entre Macau e Hengqin, para recolher amostras nos corpos de água à superfície. Os resultados revelam que o teor dos microplásticos nas amostras de redes de pesca varia entre 0 e 1,77 partículas por metro cúbico.

O polietileno (PE) e o polipropileno (PP) são os componentes mais comuns das amostras, o que corresponde à maioria das conclusões dos estudos relativos aos microplásticos nos rios. Comparando com os resultados de estudos congêneres, o teor dos microplásticos na superfície do canal de Macau fica no nível médio (vide a figura 5). O teor dos microplásticos no canal depende do teor dos microplásticos nas águas marinhas do estuário do Rio das Pérolas e do Mar da China Meridional.

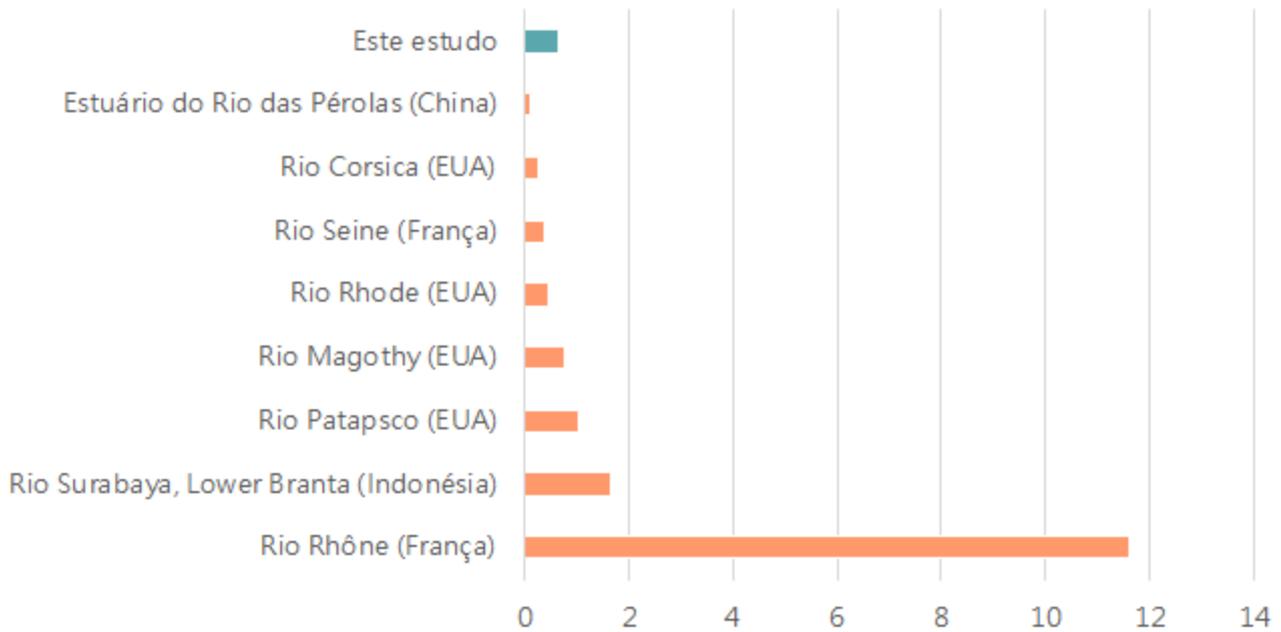


Figura 5 Comparação do teor dos microplásticos na superfície do canal com os resultados de estudos congêneres (unidade: partículas/m³)

3.3 Baías

Ao longo das costas de Macau existem as baías de Ká Hó, Hac Sá, Cheoc Van, Bacia Norte do Patane e Porto Exterior, entre outras. A equipa de estudo instalou 6 pontos de amostras nas baías por meio de redes de pescas. Os resultados revelam que o teor médio dos microplásticos nas baías é de $1,05 \pm 1,18$ partículas por metro cúbico, sendo os principais componentes polipropileno (PP), polietileno (PE), politereftalato de etileno (PET), resina alquídica (AR) e polistireno (PS). As baías de Macau e o estuário do Rio das Pérolas têm intersecções estreitas, portanto, os principais componentes dos microplásticos são semelhantes. Esses microplásticos resultam provavelmente de transportes marítimos, pesca, aquicultura, despejo ilegal no mar e outras actividades marítimas. Comparando com estudos congêneres, o teor dos microplásticos nas baías fica no nível médio, vide a figura 6.

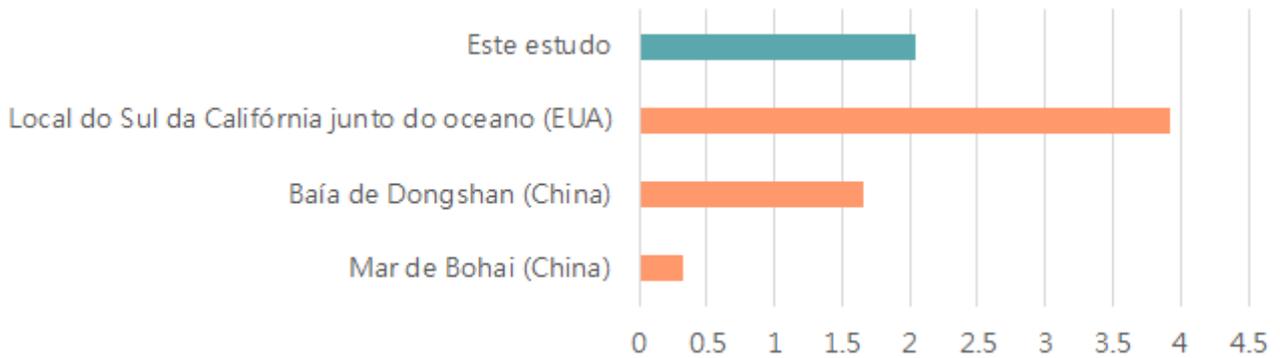
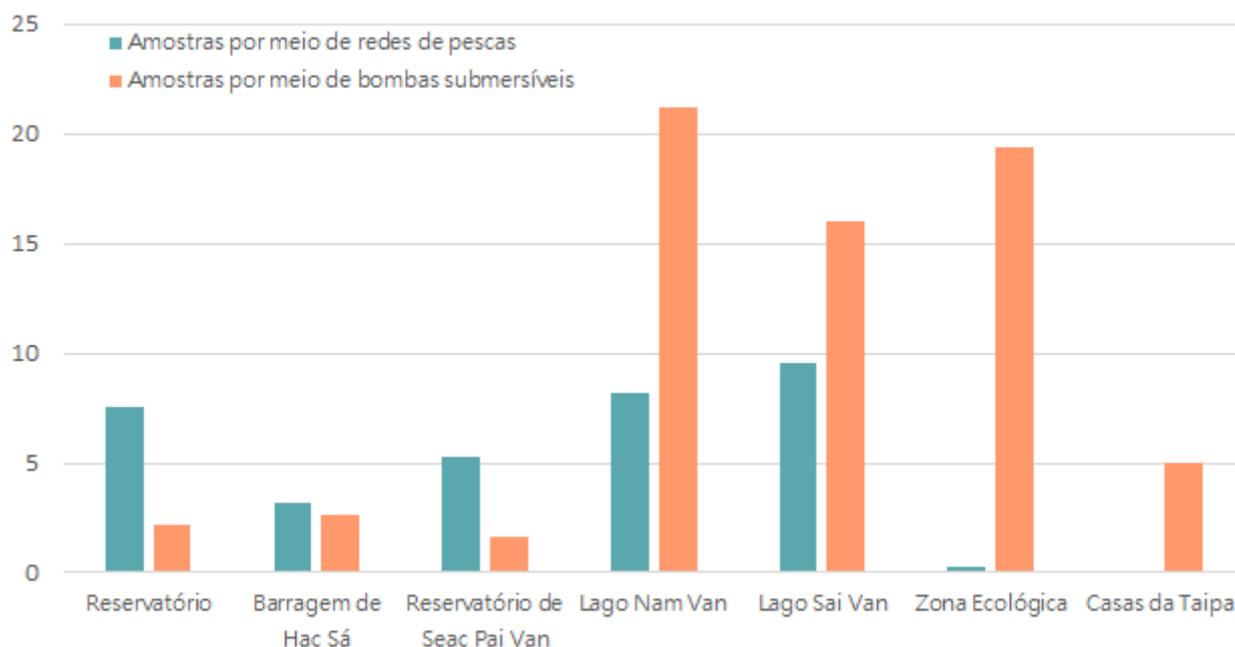


Figura 6 Comparação do teor dos microplásticos nas baías com os resultados de estudos congéneres (unidade: partículas/m³)

3.4 Águas superficiais

A equipa de estudo recolheu, por meio de redes de pescas e bombas submersíveis, amostras das águas superficiais no Reservatório, na Barragem de Hac Sá, no Reservatório de Seac Pai Van, no Lago Nam Van, no Lago Sai Van, nas Zonas Ecológicas do Cotai (Zona I) e nas Casas da Taipa. Os componentes dos microplásticos detectados são polistireno (PS), polipropileno (PP), polietileno (PE), politereftalato de etileno (PET), etc., sendo os resultados semelhantes a estudos congéneres. O PE e o PP, que representam uma proporção considerável, são componentes frequentes de embalagens de plástico de produtos diários, mas ainda foram detectados microplásticos oriundos de tintas - poliacrilonitrila (PAN) e álcool polivinílico (PVA), provavelmente resultam da sinalização das vias rodoviárias e tintas de construção civil; os de politereftalato de etileno (PET) são, possivelmente, de fibras de vestuário. Sobre o teor médio dos microplásticos nos corpos de água consulte a figura 7.



Nota: Não se realizou a recolha de amostras através de redes de pescas no ponto de amostras das Casas da Taipa, devido às restrições das condições locais.

Figura 7 Teor médio dos microplásticos nas águas superficiais (unidade: partículas/m³)

3.5 Origem dos microplásticos nos corpos de água

Considerando globalmente os resultados do levantamento e análise dos microplásticos encontrados nas áreas marítimas, no canal, nas baías e nas águas superficiais, os resíduos de plástico (por exemplo produtos descartáveis de plástico) e as fibras de vestuário são as fontes principais dos microplásticos existentes nas águas superficiais e nas baías, e os restantes resíduos de plástico encontrados no Estuário do Rio das Pérolas e no Rio de Modaomen acabam também, parcialmente, à deriva nos cursos de água de rios e mares nas áreas marítimas sob a jurisdição da RAEM.

4. Teor dos microplásticos na atmosfera

A equipa de estudo recolheu amostras de microplásticos na atmosfera nas 6 estações de monitorização do ar e nos 6 pontos instalados nas áreas marítimas sob a jurisdição da RAEM. No Outono e na Primavera os teores médios dos microplásticos na atmosfera da terra são de $4,65 \pm 3,76$ partículas por cem metros cúbicos e de $2,21 \pm 2,07$ partículas por cem metros cúbicos, respectivamente. No Verão e no Inverno os teores médios dos microplásticos na atmosfera das áreas marítimas são de $2,16 \pm 1,03$ partículas por cem metros cúbicos e de $2,68 \pm 1,38$ partículas por cem metros cúbicos, respectivamente. Comparando com estudos congéneres sobre os microplásticos no ambiente atmosférico das costas, o teor dos microplásticos na atmosfera fica num nível relativamente baixo (vide a figura 8).

Os microplásticos detectados são detritos e fibras, sendo a maioria fibras de politereftalato de etileno (PET), que são materiais frequentes nos tecidos e recipientes de líquidos e, provavelmente, resultam da secagem de roupas. Os outros componentes, tais como polipropileno (PP) e polietileno (PE), são polímeros aplicados para diversos fins e normalmente utilizados em embalagens de plástico e tecidos (por exemplo cordas, roupas interiores térmicas e tapetes). A resina alquídica (AR), o éster de vinilo (VE) e o polimetilmetacrilato (PMMA) são componentes importantes de vernizes e tintas, normalmente utilizados em metais ou madeiras para efeitos de impermeabilização ou à prova de insectos. Esses polímeros encontrados na atmosfera das áreas marítimas resultam geralmente de vernizes de embarcações.

Para além disso, a equipa de estudo procedeu ainda à análise através do método de trajectória retrógrada da corrente do ar e os resultados revelam que os microplásticos das áreas marítimas são, provavelmente, provenientes das áreas marítimas a leste de Hainan ou das costas de Guangdong. A RAEM situa-se nas intersecções marítima e terrestre entre o Interior da China e o Mar da China Meridional, sendo influenciada pela Monção Asiática, portanto a origem e o percurso dos microplásticos da atmosfera no Verão e no Inverno sofrem alterações sazonais resultantes do sistema da monção do Leste Asiático.

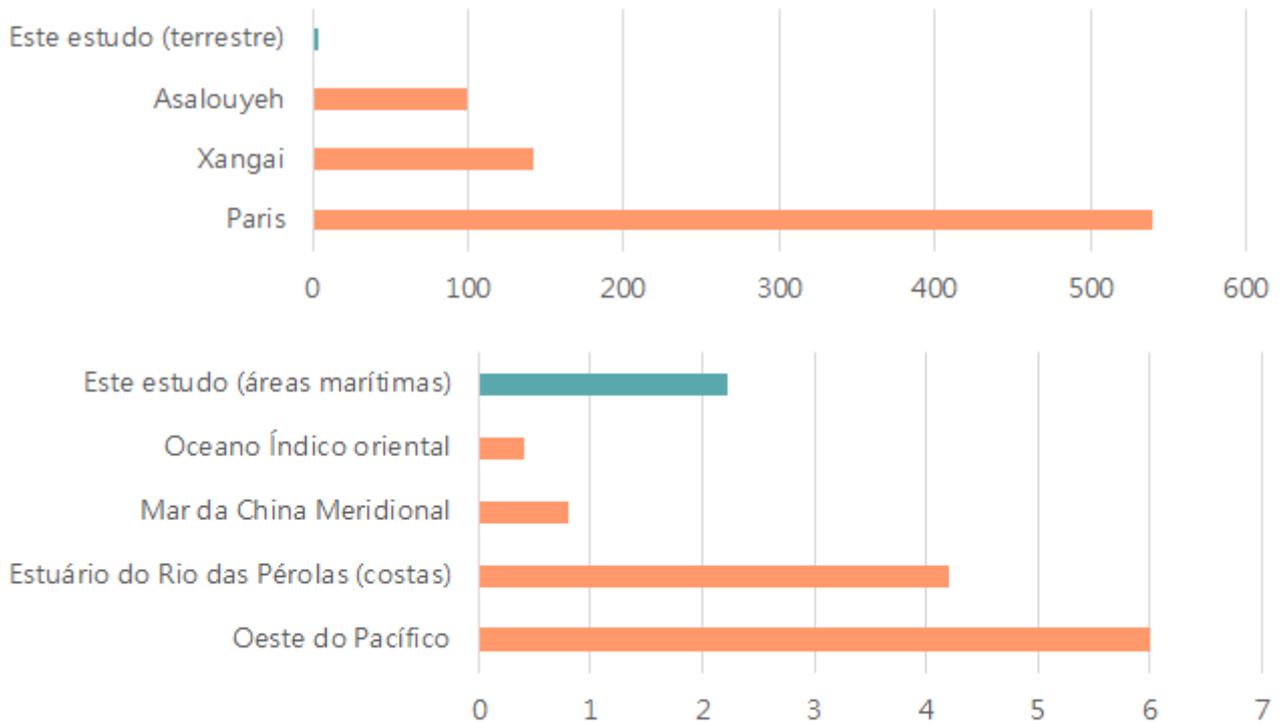


Figura 8 Comparação do teor dos microplásticos na atmosfera com os resultados de estudos congêneres (unidade: partículas/100 m³)

5. Teor dos microplásticos nas praias e nos sedimentos à superfície

5.1 Praias

A equipa de estudo instalou 3 conjuntos de amostragem transversal respectivamente na praia de Cheoc-Van e na praia de Hac Sá (o corte transversal fica colocado de modo perpendicular à linha costeira, cada um na linha da costa de maré alta, na linha da costa de maré média e na linha da costa de maré baixa), para efeitos de recolha de amostras.

O teor dos microplásticos detectado na praia de Cheoc Van foi, em média, entre 29,56 e 35,54 partículas por kg na Primavera e no Outono. A composição é semelhante, sendo constituída principalmente por bolhas de polistireno (PS) e, no Outono, encontrou-se uma quantidade pequena de náilon e, na Primavera, uma quantidade pequena de acrilonitrila butadieno estireno (ABS), o que revela que os microplásticos da

praia de Cheoc Van resultam principalmente da aquicultura e das actividades humanas na praia.

O teor dos microplásticos detectado na praia de Hac Sá foi, em média, entre 43,56 e 1129,76 partículas por kg na Primavera e no Outono. A composição é semelhante, entretanto, nas amostras do Outono, a concentração de bolhas de polistireno (PS) foi muito superior à da Primavera. A praia de Hac Sá situa-se na baía a sul de Macau e as bolhas de microplásticos à deriva, oriundos de aquicultura perto do mar, acabam na praia devido à acção da maré. Para além disso, no Verão, os microplásticos mais leves são levados pela monção sudeste para a praia, mas, acima de tudo, muitos cidadãos e turistas vão à praia de Hac Sá para todo o tipo de actividades durante as férias do Verão, portanto, no Outono, acumula-se uma certa quantidade de microplásticos na praia, o que eleva o nível dos microplásticos no Outono.

5.2 Sedimentos à superfície

A equipa de estudo instalou 11 pontos de amostragem nas áreas marítimas sob jurisdição da RAEM para recolher amostras de sedimentos à superfície. O teor médio dos microplásticos no Verão e no Inverno foi, respectivamente, de 22,15 partículas por kg e de 10,32 partículas por kg, compostos principalmente por polipropileno (PP), polietileno (PE) e seus copolímeros.

6. Teor dos microplásticos nos organismos aquáticos, produtos alimentares e água potável

6.1 Organismos aquáticos

A equipa de estudo recolheu as amostras através de aquisição nos mercados locais e de amostragem *in loco*, tendo tratado e analisado as amostras no laboratório, de forma a conhecer o estado e as características dos microplásticos dentro dos organismos aquáticos, nomeadamente peixes, bivalves (mexilhões, ostras, etc.), crustáceos (camarões, caranguejos).

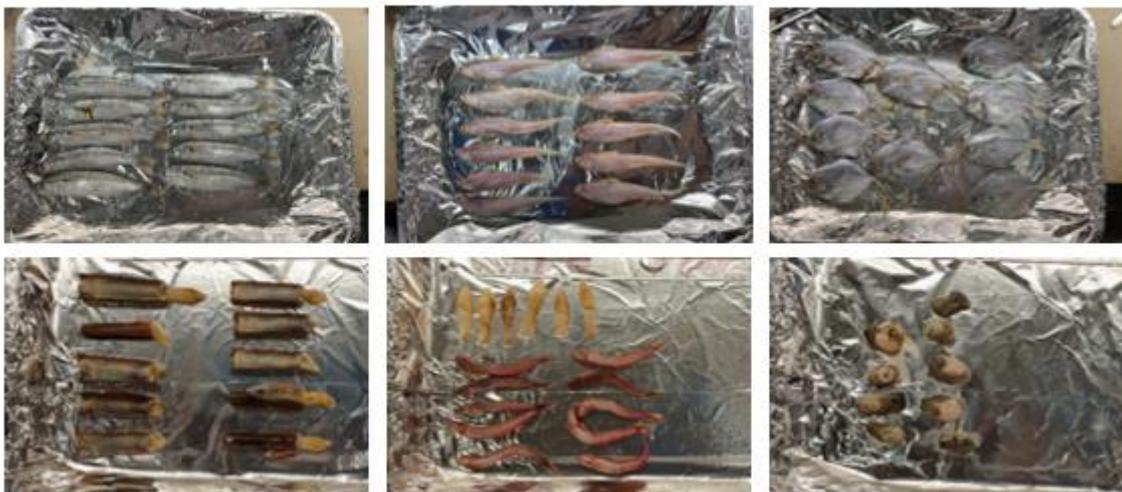


Figura 9 Amostras de organismos aquáticos adquiridos nos mercados locais

Após os testes das 30 amostras adquiridas nos mercados, foram detectados 3 detritos de microplástico, a saber uma fibra de PET dentro de um *penaeus monodon* (camarão) e 2 fibras de PET dentro de um *meretrix lusória* (amêijoia), como mostra a figura 10.



Figura 10 Os microplásticos detectados dentro dos organismos aquáticos

Nas amostras recolhidas *in loco* não se detectou qualquer microplástico dentro dos peixes, mas sim nos corpos de *portunus trituberculatus* (caranguejo) e *stomatopoda* (tamarutaca). O teor dos microplásticos dentro de *portunus trituberculatus* é de 0,2 em cada caranguejo, sendo o teor dos microplásticos de 0,3 em cada tamarutaca.

Comparando os resultados do presente estudo com outros estudos congêneres, tal como o mostrado na figura 11, o teor dos microplásticos nos organismos aquáticos fica num nível baixo, embora as medidas de controlo e garantia de qualidade tomadas nos estudos sejam diferentes, mas os resultados ainda são comparáveis.

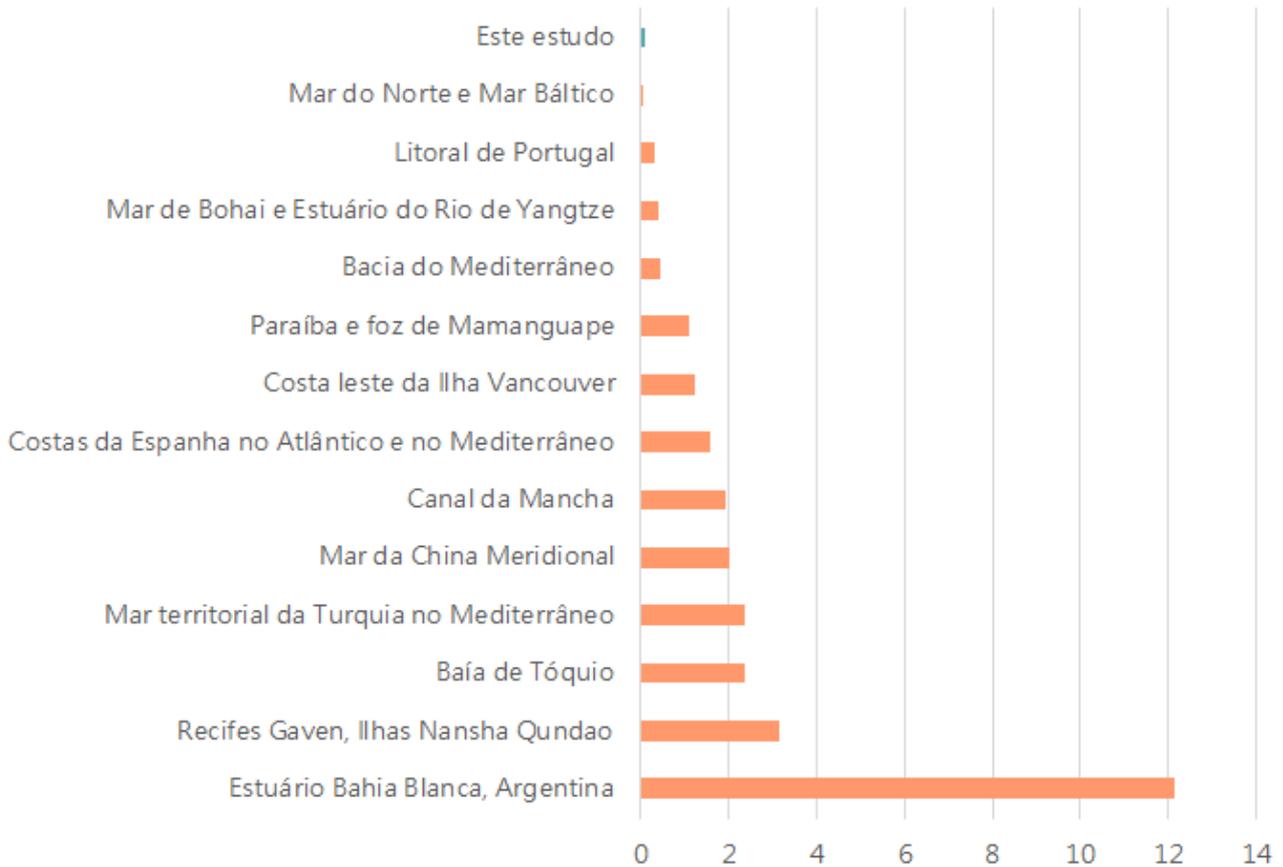


Figura 11 Comparação do teor dos microplásticos nos organismos aquáticos com os resultados de estudos congéneres (unidade: partículas/cada)

Os microplásticos dentro do trato gastrointestinal dos organismos aquáticos não conseguem passar por membrana celular, portanto, os microplásticos ingeridos estão somente presos na cavidade digestiva dos organismos aquáticos e, normalmente, são logo excretados. Actualmente, as influências potenciais da ingestão dos microplásticos por organismos aquáticos ainda estão a ser estudadas.

6.2 Produtos alimentares

A equipa de estudo escolheu 5 tipos de produtos alimentares, a saber sal de cozinha, açúcar, vinagre, molho de soja e cerveja, com base no grau de riscos de poluição de comida por microplásticos e na popularidade desses produtos, tendo seleccionado, de

forma aleatória, 2 a 3 marcas em cada tipo como amostras para efeitos de testes, sendo a taxa dos microplásticos dessas amostras de 30,95%.



Figura 12 Produtos alimentares seleccionados como amostras do estudo

Nas amostras do sal de cozinha, o teor médio dos microplásticos é de $43,33 \pm 48,07$ partículas por kg e, em comparação com os estudos das outras regiões relativos ao teor dos microplásticos no sal marinho, o teor dos microplásticos nas amostras do sal deste estudo fica num nível médio-baixo. O valor do teor dos microplásticos depende, provavelmente, das maneiras de produção, das quais o sal grosso é o sal sem processamento e contém mais impurezas, enquanto o sal refinado resulta do processamento, portanto, contém poucas impurezas.

Nas amostras do açúcar, o teor médio dos microplásticos é de $3,33 \pm 4,71$ partículas por kg, sendo apenas detectados microplásticos na amostra de açúcar mascavado e não se encontram microplásticos nas restantes amostras de açúcar branco. Concluiu-se através de análise que, a razão talvez tenha a ver com a maneira de processamento do açúcar. Como o açúcar branco é mais processado do que o açúcar mascavado, tem menos impurezas.

Nas amostras de produtos alimentares líquidos apenas se detectou uma quantidade pequena de microplásticos em poucas quantidades das amostras de vinagre e de

cerveja. O teor dos microplásticos das amostras de cerveja deste estudo é muito inferior ao nível do teor dos microplásticos das cervejas artesanais de estudos congéneres.

6.3 Água potável

A equipa de estudo escolheu, de forma aleatória, 15 marcas de água engarrafada e 7 marcas de água em barril (incluindo águas mineral, purificada, destilada) como amostras, tendo recolhido amostras em 8 pontos de água da torneira para efeitos de testes. Nas amostras de água potável o teor médio dos microplásticos é de 0,02 partículas por litro, o que é consideravelmente inferior aos resultados de estudos congéneres, como o mostrado na figura 13.

O teor dos microplásticos na água potável tem a ver com a fonte de água (isto é, a qualidade inicial de água), o método quantitativo e o procedimento de tratamento. De uma forma geral os adultos (com peso de 60 kg) precisam de ingerir 2 litros de água diariamente, enquanto os bebés (com peso de 5 kg) necessitam de 0,75 litros de água por dia, pelo que, calculando com base nesses dados cada pessoa pode ingerir com a água potável cerca de 0,015 a 0,04 microplásticos diariamente e, tendo em conta a diversidade das vias de ingestão de água, o volume potencial de microplásticos ingeridos com a água potável representa um risco relativamente baixo para a saúde humana.

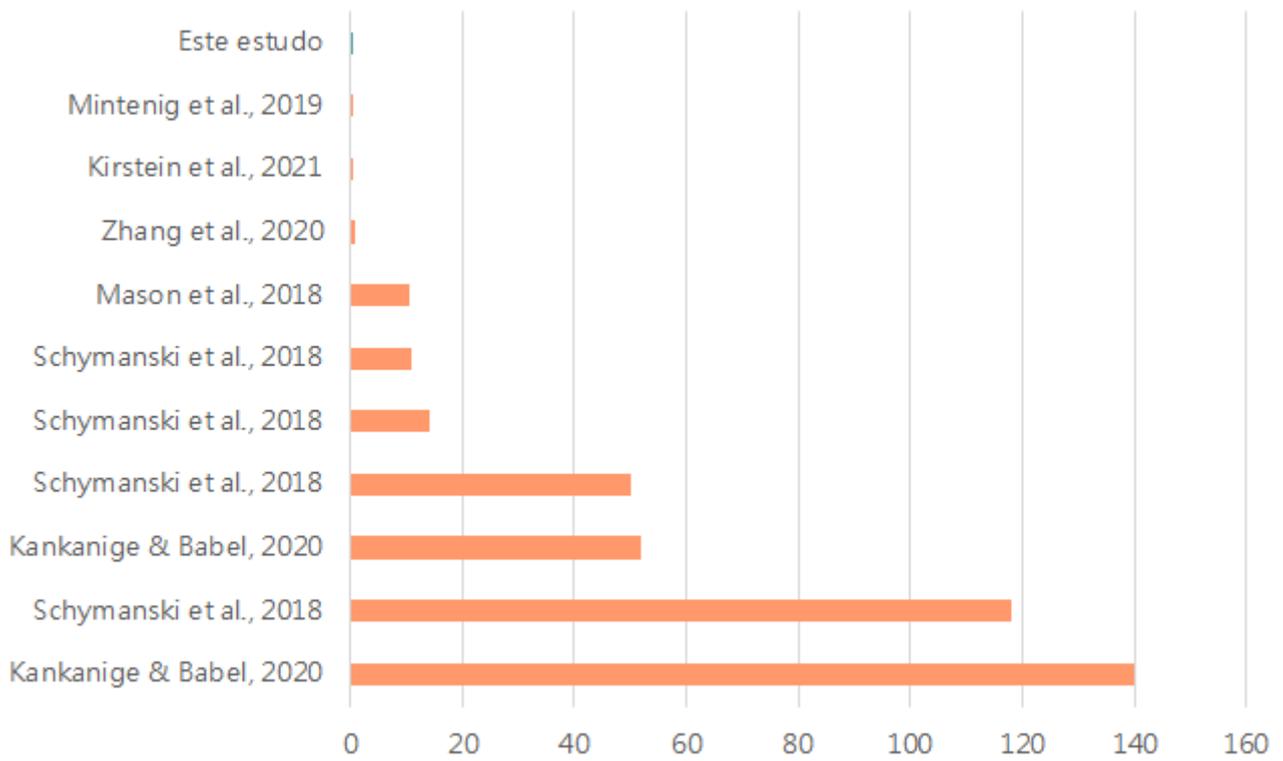


Figura 13 Comparação do teor dos microplásticos na água potável com os resultados de estudos congêneres (unidade: partículas/litro)

IV. Resumo

De acordo com os resultados de avaliação baseada no sistema para a avaliação global dos riscos ambientais causados pelos microplásticos, a maioria dos indicadores foi classificada como “com baixo risco”, o que reflecte que os actuais riscos ambientais causados pelos microplástico na RAEM são relativamente baixos e os microplásticos não provocam muitos impactos ao meio ambiente de Macau.

A DSPA tem vindo a impulsionar os trabalhos de redução de plásticos em diversas vertentes nos últimos anos, tendo elaborado sucessivamente a Lei n.º 16/2019 “Restrições ao fornecimento de sacos de plástico”, o Despacho do Chefe do Executivo n.º 222/2020, que proíbe a importação e o trânsito na RAEM dos utensílios de mesa descartáveis de esferovite (caixas para comida, tigelas, copos e pratos), o Despacho do Chefe do Executivo n.º 122/2021, que proíbe a importação e o trânsito na RAEM das palhinhas e agitadores descartáveis de plástico não-biodegradáveis para bebidas e o Despacho do Chefe do Executivo n.º 175/2022, que proíbe a importação e o trânsito na RAEM das facas, garfos e colheres descartáveis de plástico não-biodegradáveis. Para além disso, foi lançada uma série de actividades de sensibilização e educação em relação à redução de plástico, nomeadamente “Reduzir o uso de sacos de plástico poderá dar prémios”, “Reduzir o plástico é muito fácil” e “Trazer consigo a sua própria garrafa de água reutilizável é fácil”, sendo criado um ambiente social favorável à redução de plástico. À medida da concretização e implementação dos referidos trabalhos, a consciência da sociedade foi sendo visivelmente reforçada. No futuro, a prática de redução de plástico será mais promovida e reforçada conforme o Planeamento da Protecção Ambiental de Macau (2021-2025), de forma a avançar ordenadamente com outras medidas de controlo de utensílios de mesa de plástico descartáveis não-biodegradáveis.

-fim-