



Diagnóstico do lixo marinho na Praia de Navegantes/SC em períodos de baixa e alta vazão do Rio Itajaí-Açu

Diagnosis of marine waste at Praia de Navegantes/SC in periods of low and high flow of the Itajaí-Açu River

Cristiane ROSA^{1*}, Walter Martin WIDMER¹

¹ Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Florianópolis, SC, Brasil.

* E-mail de contato: cristianerosa.ea@gmail.com

Artigo recebido em 9 de julho de 2020, versão final aceita em 25 de novembro de 2020, publicado em 20 de setembro de 2021.

RESUMO: O lixo marinho tem contribuído consideravelmente para a poluição marinha e é uma das tendências globais para a questão ambiental. O lixo marinho causa impactos à biota, impactos econômicos, à pesca e à estética das praias, o que demonstra a importância em se estudar mais o tema e buscar alternativas para mitigar tais problemas. Desta forma, é necessária a realização de estudos que identifiquem a composição, abundância e o comportamento desses detritos diante das variáveis meteorológicas, afim de contribuir para que ações de prevenção e mitigação sejam realizadas de forma mais efetiva. O presente estudo teve como objetivo testar hipóteses relativas à composição e origem provável do lixo marinho na praia de Navegantes/SC, em dois regimes de vazão do Rio Itajaí-Açu, assim como avaliar a abundância de *pellets* plásticos. A vasta maioria do macrolixo encontrado foi formada por itens plásticos, em quantidade significativamente maior no regime de alta vazão. A origem mais provável dos itens observados foi dos usuários da praia, também significativamente maior no regime de alta vazão. Uma quantidade expressiva de *pellets* plásticos (>20/m²) foi encontrada na praia, sem distinção entre os regimes de vazão. Esses resultados poderão contribuir para que os órgãos ambientais locais definam melhores estratégias e ações de prevenção e mitigação do lixo marinho, como por exemplo, a elaboração de uma coleção didática de lixo marinho como ferramenta de educação ambiental.

Palavras-chave: lixo marinho; bacia do Rio Itajaí-Açu; *pellets* plásticos.

ABSTRACT: Marine debris has contributed considerably to marine pollution and it is one of the global trends for the environmental issue. Marine litter causes impacts to biota, economic impacts, to fishing and to the aesthetics of beaches, which demonstrates the importance of further studying this theme and seeking alternatives to mitigate it. Thus, it is necessary to conduct studies that identify the composition, abundance and behavior of such debris

in the face of meteorological variables, in order to contribute to preventive and mitigating actions to be more effective. The present study tested hypotheses regarding the composition and probable origin of marine litter on the beach of Navegantes/SC (Brazil), in two flow regimes of the Itajaí-Açu river, as well as evaluating the abundance of plastic *pellets*. The vast majority of the macro litter was formed by plastic items, in a significantly larger quantity in the high flow regime. The most likely origin of the observed items was from beach users, which was also significantly higher in the high flow regime. Large amounts of plastic *pellets* (> 20 *pellets*/m²) were found on the beach, with no distinction between flow regimes. These results may help local environmental agencies to define better strategies and actions for the prevention and mitigation of marine litter, such as the development of a didactic collection of marine litter as an environmental education tool.

Keywords: marine waste; Itajaí-Açu River basin; plastic *pellets*.

1. Introdução

A poluição por lixo marinho se tornou uma grande preocupação para a sociedade em virtude dos impactos resultantes desses materiais no ambiente. Esse problema se agrava em virtude dos modelos e padrões de produção e consumo adotados pela sociedade contemporânea.

Com a enorme geração e consumo de produtos em conjunto com a gestão ambientalmente inadequada do ciclo de vida dos mesmos, esses materiais, quando abandonados ou descartados de maneira descuidada, são transportados até o ambiente costeiro ou marinho através dos rios, águas pluviais, drenagens, sistemas de esgoto ou vento (UNEP, 2009).

O lixo marinho pode se originar de fontes terrestres ou marinhas. As fontes terrestres incluem os resíduos descartados de forma irregular (e.g., “lixões”), localizados na zona costeira ou nas margens dos rios, as descargas das drenagens pluviais urbanas, os efluentes não tratados, o gerenciamento inadequado dos resíduos produzidos nas praias pelos usuários, resíduos industriais e os resíduos resultantes da atividade de processamento da indústria pesqueira. Já para as fontes marítimas, destacam-se o transporte marítimo, incluindo o transporte comercial, de lazer e pesquisa, a pesca (embarcações, pesca e piscicultura),

artes de pesca abandonadas, embarcações e plataformas de petróleo e gás (UNEP, 2009; Sheavly, 2010).

Embora a quantidade de publicações sobre esse tema tenha aumentado nos últimos anos, ainda poucos trabalhos têm focado as fontes, principalmente aquelas baseadas em terra provenientes de esgotos ou dos rios. Nesses casos, os rios associados às bacias de drenagem são os vetores de transporte dos resíduos para estuários e ambientes costeiros, o que ressalta a importância de se estudar o lixo marinho associando os oceanos ou, pelo menos, as regiões costeiras com as bacias hidrográficas (Araújo & Costa, 2003b; Barnes, 2002).

Krelling & Turra (2019) destacaram em seu estudo a importância em compreender a influência de alguns fatores oceanográficos e meteorológicos sobre a dispersão do lixo. Segundo os autores, é necessário abordar essas variáveis de forma individualizada, com o intuito de compreender a influência das mesmas sobre a disposição do lixo, contribuindo assim para o embasamento de ações de mitigação e monitoramento. É necessário identificar a composição do lixo que é encontrado nas praias, sua quantidade e fontes, bem como se nesses locais há a presença de lixeiras, por exemplo, para assim identificar possíveis soluções para o lixo marinho nas áreas costeiras (Araújo & Costa, 2003a).

Williams & Simmons (1996) destacaram em seu estudo que qualquer região que possua grandes rios que desaguam no mar tendem a receber grande quantidade de resíduos. Essa situação tende a se agravar em eventos de enxurradas e inundações que contribuem para maior deposição desses materiais no ambiente costeiro. Além disso, as águas pluviais drenadas através de galerias que deságuam diretamente na faixa de areia também contribuem para a entrada de lixo nas praias, e quando associado à ação dos ventos, trazem para o ambiente marinho o lixo de origem terrestre (Fernandino *et al.*, 2015).

Um estudo desenvolvido por Araújo & Costa (2007) verificou que o lixo ribeirinho é uma fonte permanente e significativa de resíduos sólidos para ambientes costeiros. Esse estudo teve como objetivo avaliar a origem da contaminação por resíduos sólidos em uma praia isolada e não turística denominada Várzea do Una, em São José da Coroa Grande (PE). Foram encontrados níveis extremamente elevados de contaminação em termos de itens/m², sendo que mais de 80% das categorias encontradas são relacionadas a resíduos de alimentação, esgoto, higiene e limpeza, em virtude da proximidade de um rio, evidenciando a falta de gerenciamento adequado dos resíduos sólidos urbanos gerados nessa bacia de drenagem. A quantidade de resíduos encontrada foi alta em todas as estações analisadas, sendo maior na estação chuvosa devido ao aumento da vazão do rio chegando à costa.

Um estudo realizado na praia da Boa Viagem (Recife) durante as estações secas e chuvosas de 2005 identificou que as principais fontes de detritos foram terrestres em todas as estações, dos quais os plásticos representaram 60% do total, sendo a contribuição ribeirinha uma contribuição contínua, independente da estação (Silva-Cavalcanti *et al.*, 2009). Como des-

tacado pelos estudos citados anteriormente, quanto maior a vazão dos rios, maior é a contribuição no acúmulo de lixo nas praias.

Embora existam diferentes sistemas de classificação do lixo marinho por tamanho, é frequente a sua divisão em cinco classes de tamanho: mega, macro, meso, micro e nanolixo (Lippiatt *et al.*, 2013). Para os objetivos deste artigo, foram consideradas três dessas categorias. O macrolixo é formado por detritos maiores que 2,5 cm. O mesolixo possui dimensões entre 2,5 cm e 5 mm e o microlixo possui dimensões menores que 5 mm, estando os *pellets* plásticos dentro dessa categoria.

Os *pellets* plásticos são as matérias-primas que são fundidas e moldadas para criar produtos plásticos. Eles são geralmente pelotas de várias formas (e.g., esférica, ovóide, cilíndrica), tamanhos (intervalo: 1 a 5 mm de diâmetro) e cores (mais comumente, claro, branco, ou quase branco). As resinas mais comumente produzidas incluem polietileno, polipropileno e poliestireno (EPA, 1992). São acidentalmente liberados no meio ambiente durante seu processo de fabricação, manuseio e/ou transporte, os quais são encontrados em grandes quantidades no ambiente marinho (Derraik, 2002; Alves *et al.*, 2018).

Uma vez no ambiente marinho, os *pellets* podem afundar ou flutuar. Aqueles com densidade maior que a da água tendem a afundar e, as que são mais leves, a flutuar na superfície ou ficarem suspensas na coluna da água em algum lugar entre a superfície e a parte inferior (EPA, 1992). A lenta degradação desses materiais está levando ao aumento gradual de lixo marinho (Cheshire *et al.*, 2009). Este aumento gradual de lixo pode afetar direta ou indiretamente a saúde, ecologia e economia. As consequências à saúde são em decorrência da adsorção, que posteriormente pode causar efeitos tóxicos letais aos

indivíduos (e.g., peixes, moluscos e outros alimentos de origem marinha), podendo, ainda, acometer a saúde de humanos através da cadeia alimentar (Caixeta *et al.*, 2018).

Segundo o Plano Nacional de Combate ao lixo marinho (PNCLM), é fundamental a realização de pesquisas que gerem dados confiáveis sobre suas fontes, sua caracterização e distribuição ao longo da costa brasileira.

Entre os objetivos propostos no PNCLM, além da redução da geração de resíduos sólidos oriundos de fontes terrestres e marinhas, estão o impulso às pesquisas, o desenvolvimento de tecnologias e metodologias para combater o lixo no mar e a realização de atividades de educação ambiental em conjunto com a sociedade, esclarecendo os impactos resultantes do lixo no mar e sobre a importância de melhorar a gestão dos resíduos sólidos. Ainda no PNCLM, são destacadas as ações de combate ao lixo marinho e os eixos estruturantes do plano, que envolvem ações de resposta imediata, como a limpeza das praias e mares, a redução e gestão dos resíduos, o diagnóstico do lixo nos ambientes costeiros, suas fontes e formas de transportes, instrumentos de incentivo, pactos setoriais entre poder público e sociedade, a implementação de novas normas e procedimentos mais diretamente associados ao combate ao lixo no mar e também ações de educação e conscientização ambiental (Brasil, 2019).

Desta forma, o desenvolvimento deste estudo se justifica pela necessidade de diagnosticar quais os tipos e possíveis fontes do lixo são encontrados ao longo da faixa de areia da Praia Navegantes/SC. A escolha da área de estudo se deu principalmente em decorrência da localização desta praia, pois ela se encontra diretamente adjacente à desembocadura do Rio Itajaí-Açu, eixo da maior bacia hidrográfica

catarinense. Vale destacar também que pouco se sabe sobre o lixo marinho nessa praia. O único estudo identificado até o momento foi o realizado por Marin *et al.*, (2019), que realizou um estudo em 25 praias catarinenses, sendo uma delas o trecho norte da praia de Navegantes (Gravatá Norte). Esse estudo identificou que os itens plásticos corresponderam à maior parte dos itens coletados e a presença de *pellets* no Gravatá Norte (0,68 *pellets/m*²).

Assim, o objetivo deste trabalho é o de testar hipóteses relativas ao lixo marinho na Praia de Navegantes/SC. Especificamente, três hipóteses serão testadas:

a) Baseando-se na observação de que em vários locais do mundo (Derraik, 2002; Marin *et al.*, 2019), os itens plásticos são os componentes dominantes do lixo praias, propõe-se que esse seja um padrão generalizado. Dessa forma, se for feita uma amostragem representativa do lixo marinho na praia de Navegantes, espera-se encontrar um maior número de itens plásticos do que itens feitos por outros materiais, nos dois regimes de vazão.

b) A partir da observação inicial de que a gestão dos resíduos sólidos nas bacias de drenagem afeta a presença de resíduos sólidos nas praias próximas das suas desembocaduras (e.g., Araújo & Costa, 2007; Oliveira, 2013), propõe-se que esse processo também ocorra na área de estudo deste trabalho. Dessa forma, espera-se encontrar um maior número de itens de lixo marinho associados a uma origem urbana (lixo doméstico), quando comparados a outras origens mais prováveis (pesca, usuário de praia, esgoto, atividade portuária, construção civil e origem indeterminada).

c) Conforme mencionado na literatura (e.g., Williams & Simmons, 1996; Araújo & Costa 2003b; Krelling & Turra, 2019), a drenagem das bacias hidrográficas é importante fator de contribuição para

a presença de lixo marinho na zona costeira. Dessa forma, propõe-se que esse processo seja também importante para a área de estudo. Assim, espera-se encontrar mais lixo marinho na praia de Navegantes após períodos com maior vazão do Rio Itajaí.

2. Materiais e métodos

2.1. Caracterização da área de estudo

O Município de Navegantes está localizado no litoral de Santa Catarina, com área territorial de 111,653 km². Ele possuía 60.556 habitantes em 2010, com população estimada para 2018 de 79,285 habitantes (IBGE, 2010).

A praia de Navegantes possui aproximadamente 10.000 metros de comprimento e largura média de 28 metros (Figura 1). Limita-se ao sul pelos molhes de estabilização da desembocadura do Rio Itajaí-Açu e, ao norte, pela ponta da Enseada, estando exposta as ondulações de sul e sudeste (Menezes *et al.*, 2003). Ao sul, recebe descargas fluviais do rio Itajaí-açu e, ao norte, do Rio Gravatá. A bacia do Rio Gravatá é formada pelo rio principal, o Rio Gravatá, com 8,58 km de extensão e seus afluentes, o Ribeirão das Pedras e o Córrego Guaporuma (Leal, 2012).

A bacia do Rio Itajaí-Açu possui área total de cerca de 15.000 km², sendo a maior bacia hidrográfica catarinense. O maior curso d'água da bacia é o

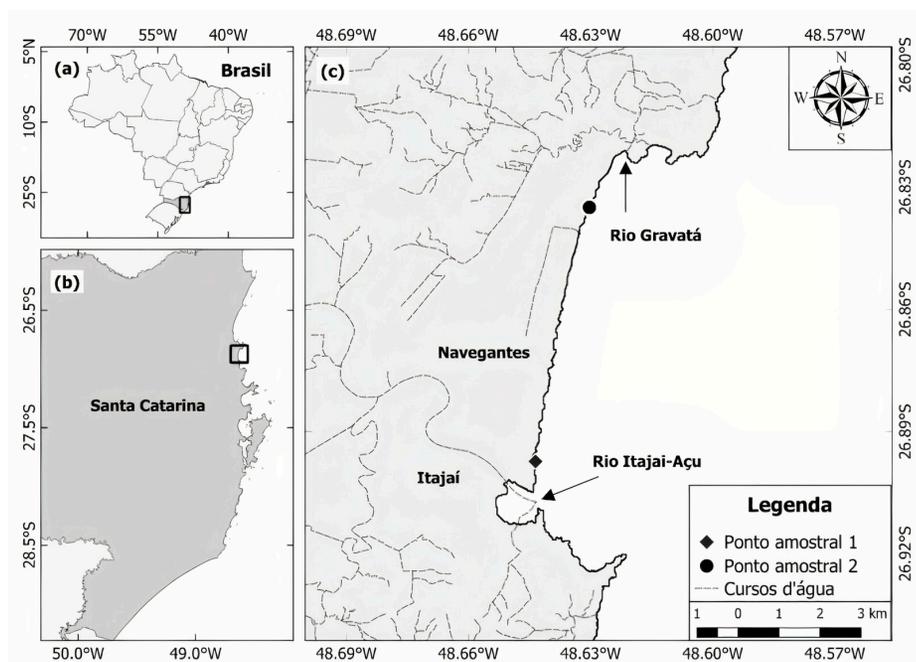


FIGURA 1 – (a) Mapa do Brasil destacando o estado de Santa Catarina; (b) Mapa de Santa Catarina com a delimitação da Bacia do Rio Itajaí-Açu; (c) Mapa de localização da área de estudo destacando os dois pontos amostrais na Praia de Navegantes/SC.

FONTE: Elaboração dos autores com base nos dados do IBGE (2018) e SIGSC.

Rio Itajaí-Açu, formado pela junção dos rios Itajaí do Oeste e Itajaí do Sul, no município de Rio do Sul. Está distribuída em 52 municípios, dos quais 47 têm sua sede dentro da bacia (Fundação Agência de Água do Vale do Itajaí, 2010).

O Rio Itajaí-Açu possui uma vazão média de 420 m³/s, com picos que podem atingir mais de 3.000 m³/s (Schettini *et al.*, 2005). Deságua na extremidade sul da Praia de Navegantes, podendo influenciar a qualidade da água 20 km ao norte de sua desembocadura, uma vez que a pluma do rio se espalha para o norte e nordeste. Com isso, o rio tende a contribuir para a dispersão de detritos, transportando-os ao longo da costa e especialmente para as praias do norte (Schettini, 2002). Destaca-se, também, que neste rio localiza-se o complexo portuário do Rio Itajaí-Açu.

No que tange a gestão de resíduos sólidos municipais, destacam-se neste estudo dois municípios: Itajaí e Navegantes.

No município de Itajaí, segundo o IBGE (2010), o percentual de pessoas que residem em domicílios providos por serviço de coleta de lixo no município foi de 98,80%. Do total dos domicílios do município, apenas 1,38% adotavam, em 2010, outras formas de destinação do lixo doméstico, tais como jogar em rios, lago, mar ou terrenos baldios ou queimar ou enterrar na propriedade.

Quanto ao gerenciamento dos resíduos sólidos, o município de Navegantes, segundo o IBGE (2010), gera mais de 50.000 toneladas/ano, sendo que de 98% até 100% da população é atendida pela cobertura da coleta convencional, e mais de 80% é atendido pela cobertura da coleta seletiva.

Dois pontos amostrais foram definidos, sendo o ponto de amostragem 01 localizado em frente à

Avenida João Sacavém, e o Ponto 02, em frente à Rua Julia C. do Nascimento.

A praia de Navegantes é uma praia dissipativa, com declividade entre 2,5 e 3,5 graus, apresenta ondas do tipo mergulhante e deslizante, com altura média de quebra de onda entre 0,8 e 0,9m e período entre 8 e 15 segundos (Klein; Menezes, 2001). Ao longo da praia, verificam-se pequenas dunas e uma faixa de vegetação de restinga que acompanha grande parte da orla da cidade. A orla da praia é procurada como opção de lazer para moradores e turistas como um espaço para a prática de surf, banhos, caminhadas, passeios de bicicleta e encontros. O local consta com a presença de lixeiras para coleta de resíduos em locais estratégicos, como ao longo do calçadão, praças e na faixa de areia. Na faixa de areia essas lixeiras são representadas por tubos de cimento onde os detritos são depositados de forma desordenada, como pode ser visualizado na Figura 2.



FIGURA 2 – Uma das lixeiras identificadas na faixa de areia durante as atividades de campo.

FONTE: Os autores.

O regime de maré astronômica da região é caracterizado como de micromaré do tipo misto, predominantemente semidiurno, com amplitude média de 0,8 m com mínimas de 0,3m durante os períodos de quadratura, e 1,2 m durante os períodos de sizígia (Schettini *et al.*, 1998). A variação do nível do mar decorrente da maré astronômica é também influenciada por forçantes meteorológicas locais e remotas. Pressão atmosférica e tensão de cisalhamento são os principais agentes, sendo que o último é consideravelmente mais importante (Schettini, 2002).

As ondas de E-NE, com período de pico de 5 a 10 s, ocorrem predominantemente no verão e possuem altura variável entre 0,5 e 1,5 m. Ondulações de maior energia, com altura média variável entre 1,5 a 3,5 m e períodos de pico de 8 a 15 s, são provenientes do quadrante S-SE (Alves & Melo, 2001).

Segundo classificação de Köppen, o clima predominante é subtropical – Cfa, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida, com precipitação média anual variando entre 1700-1900 mm (EPAGRI, 2002).

Os principais sistemas meteorológicos responsáveis pelas chuvas no estado são as frentes frias, os vórtices ciclônicos, os cavados de níveis médios, a convecção tropical, a ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) e a circulação marítima (Monteiro, 2001).

Rodrigues *et al.* (2004) e Araújo *et al.* (2006) descrevem que, em média, três a quatro frentes frias mensais atingem a costa do estado catarinense, vindas do sul do continente devido a sua posição

subtropical, com um intervalo aproximado de oito dias.

Monteiro (2001) destaca que, para o estado de Santa Catarina, no verão, a intensidade do calor, associada aos altos índices de umidade, favorece a formação de convecção tropical, bandas de nuvens muito desenvolvidas que ocasionam pancadas de chuvas. Com a passagem das frentes frias, estas intensificam a convecção tropical, o que resulta em tempestades. A estação do outono tende a ser menos chuvosa, devido aos bloqueios atmosféricos que são mais frequentes e impedem a passagem das frentes frias. No inverno acontece o contrário, pois as frentes frias se prolongam no interior do continente, sendo os municípios litorâneos com menores índices pluviométricos que refletem condições de tempo mais estáveis, devido ao fortalecimento da Alta Subtropical do Atlântico Sul, que exerce uma subsidência do ar na faixa leste do Estado, inibindo a formação de nuvens mais desenvolvidas verticalmente. Já na primavera, o tempo é mais instável, ocasionado principalmente pelos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), fenômenos que se formam, em sua maioria, sobre o norte da Argentina durante a madrugada e deslocam-se rapidamente para leste, resultando em pancadas de chuva forte com trovoadas e granizo isolado.

2.2. Amostragem do lixo marinho

Para testar as hipóteses mencionadas, foram realizadas coletas em período de baixa mar e com o Rio Itajaí-Açú em regime de vazão baixa/regular e em regime de alta vazão.

Os dados de vazão foram obtidos através da estação fluviométrica de Indaial disponibilizados no

HidroWeb da Agência Nacional de Águas (ANA). Essa estação fluviométrica possui dados disponíveis no período de 1929 a 2014 e está localizada a 90km da foz do Rio Itajaí-Açu, cobrindo 70% da bacia de drenagem (Schettini, 2002). Mesmo compreendendo que a vazão determinada pela estação de Indaial não é a mesma da desembocadura do Rio Itajaí-Açu, estes dados foram utilizados como indicativos da vazão na bacia de drenagem, pois estes são disponibilizados com maior representatividade. Para esta mesma estação, também estão disponíveis no site do INMET dados de precipitação total no período de 1988 a 2018.

Devido ao fato de não existirem dados de vazão em tempo real, testou-se a correlação entre essas médias mensais de vazão com os valores mensais de precipitação total para o mesmo período de tempo. Tanto o teste paramétrico de Pearson como o teste não paramétrico de Spearman indicaram uma correlação significativa ($p < 0,05$) entre essas duas variáveis.

A partir da correlação entre as médias de vazão com os valores mensais de precipitação foi possível definir um indicador diário de pluviosidade para o estabelecimento das campanhas. Através dos 30 anos de dados diários de precipitação adquiridos no INMET, foi utilizada a distribuição de probabilidade gama no intuito de identificar o percentual de chuva acumulada nos dias anteriores as coletas. A distribuição de probabilidade gama é normalmente utilizada para a análise de dados de Precipitação (Wilks, 2006). Os períodos de alta e baixa descarga fluvial foram considerados a partir dos valores de pluviosidade acumulados nos quatro dias anteriores à amostragem. O valor de precipitação acumulado destes dias foi utilizado para comparar com os percentis encontrados na distribuição gama para

cada mês. O critério de até quatro dias para amostragem foi baseado no que foi proposto no estudo de Krelling & Turra (2019).

A metodologia adotada para amostragem do macrolixo foi baseada em um protocolo proposto pelo Programa de Detritos Marinhos da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) – órgão do governo federal norte-americano, visando identificar o estoque de detritos existente (Opfer *et al.*, 2012). A partir da linha superior da praia foi fixado um ponto inicial. A partir desse ponto, cinco transectos aleatórios com 5m de largura foram definidos, até a linha d'água, em dois pontos para quatro ocasiões de coleta em cada regime de vazão.



FIGURA 3 – Ponto 1 de amostragem. Nesse ponto, na área delimitada entre as duas setas vermelhas, foram delimitados os cinco transectos aleatórios, cada um com 5 metros de largura.

FONTE: Os autores.

Todos os detritos antropogênicos maiores que 2,5cm foram tabulados em planilha. Inicialmente, os detritos amostrados foram categorizados por composição de materiais, considerando oito categorias: plástico, metal, vidro, borracha, madeira, pano/tecido, orgânico e outros/inclassificáveis.

As amostragens foram realizadas entre os meses de junho de 2019 e janeiro de 2020, sendo que para as coletas referentes aos períodos de baixa vazão, foram realizadas nos dias 15/06/2019, 10/08/2019, 25/08/2019 e 31/08/2019. Já para o período de alta vazão, as amostragens foram feitas nos dias 22/09/2019, 16/11/2019, 12/01/2020 e 19/01/2020. Vale destacar que no dia 16/11/2019 não possível amostrar o ponto 02 devido à faixa de areia estar tomada por pessoas, sendo esta coleta para este ponto refeita no dia 29/01/2020.

Após a categorização da composição, foi definida a fonte mais provável desses materiais (Tabela 1), conforme sugerido por Earll *et al.* (2000) e Araújo & Costa (2007).

Para a amostragem dos *pellets plásticos*, foi utilizado um amostrador quadrado de 0,25m de lado lançado na linha de deixa em cada transecto. Após o lançamento, foram removidos quaisquer detritos da superfície maiores que 2,5cm, e coletados os 3cm superiores de areia dentro do quadrante. A areia coletada foi peneirada em malha de aço inoxidável de 5mm acima de um balde (Lippiatt *et al.*, 2013). Os *pellets* encontrados foram tabulados em planilha.

2.3. Análises estatísticas

A hipótese relativa aos materiais foi testada com a Análise de Variância (ANOVA) com dois fatores, sendo que o primeiro fator fixo (materiais) apresentou 08 níveis (plástico, metal, vidro, borracha, madeira, pano/tecido, orgânico e outros), e o segundo fator fixo (vazão) apresentou dois níveis (vazão regular ou baixa e vazão alta). Para cada combinação desses dois fatores, foram realizadas 40 réplicas (5 transectos x 2 pontos x 4 coletas).

A hipótese referente à origem mais provável foi testada com uma ANOVA de dois fatores. O primeiro fator fixo (origem) foi composto por oito níveis (pesca, usuário de praia, esgoto, lixo doméstico, porto, construção civil e origem indeterminada). O segundo fator fixo (vazão) apresentou dois níveis (vazão regular ou baixa e vazão alta). Em combinação desses dois fatores foram efetuadas 40 réplicas (5 transectos x 2 pontos x 4 coletas).

A hipótese sobre os regimes de vazão foi testada tanto para o macrolixo como para os *pellets* (microlixo), utilizando-se o teste *t*, comparando as quantidades médias de resíduos nos dois regimes de vazão, cada um com 40 réplicas.

TABELA 1 – Categorias das origens prováveis dos resíduos e sua respectiva descrição.

Categoria	Descrição (exemplos)
Pesca	Redes, cordas, etiquetas de peixe, ganchos, flutuadores.
Usuário de Praia	Pontas de cigarro, palitos de sorvete, copos de plástico, canudos, cascas de coco, panfletos e recipientes de bebida.
Esgoto	Cotonetes, preservativos, absorventes femininos, fraldas descartáveis.
Lixo doméstico	Embalagens de alimentos de uso doméstico (Ex. embalagem de óleo, farinha de trigo), embalagens de produtos de limpeza, embalagens de produtos de higiene pessoal.
Porto	Resíduos com rótulos internacionais, exemplo garrafa com rótulo de origem internacional.
Construção Civil	Tijolos, restos de madeira serrada, fragmentos de cimento.
Origem indeterminada	Resíduos de difícil identificação ou que não foi possível identificar a fonte provável.

FONTE: Adaptado: Earll *et al.* (2000) e Araújo & Costa (2007).

Previamente à ANOVA, testes de normalidade dos dados e da homogeneidade das variâncias foram realizados. Mesmo no caso da violação desses pressupostos, a ANOVA é robusta para desenhos amostrais balanceados e com grande n amostral (Underwood, 1997). Foram também empregados testes pareados para distinguir as diferenças, nos casos em que a ANOVA indicou resultados significativos para os fatores ou para a interação entre os dois fatores.

3. Resultados

Foi identificado um total de 1.433 itens, sendo 509 itens nas amostragens de baixa vazão e 924 itens no período de alta vazão. Isso resulta numa densidade média de 0,13 itens/m². Para o período de baixa vazão no ponto 1, foram amostrados 236 itens (0,08 itens/m²; \pm EP=0,01, $n=40$). Já no ponto 2, foram amostrados 273 itens (0,09 itens/m²; \pm EP=0,01; $n=40$). No período de alta vazão no ponto 1, foram amostrados 491 itens (0,12 itens/m²; \pm EP=0,01, $n=40$). Já no ponto 2, foram amostrados 433 itens (0,22 itens/m²; \pm EP=0,02; $n=40$).

3.1. Materiais

A abundância de itens plásticos foi significativamente maior do que a abundância dos itens de outros materiais, nos dois regimes de vazão (Figura 4). No período de baixa vazão foram encontrados 464 itens (0,07 itens/m²; \pm EP=0,01 itens/m²). Já para o período de alta vazão, foram identificados 830 itens (0,15 itens/m²; \pm EP=0,02 itens/m²), enquanto que as densidades de itens de outros materiais foram inferiores nos dois regimes de vazão.

Porém, as densidades dos itens de diferentes materiais não se mantiveram homogêneas na comparação entre os dois regimes de vazão, indicada pela interação significativa entre os dois fatores (Tabela 2). A abundância dos itens plásticos foi significativamente maior no regime de alta vazão do que no regime de baixa vazão, diferentemente dos demais materiais, que não apresentaram diferenças significativas quando comparados entre os dois regimes de vazão.

Na Figura 5 são apresentados alguns dos itens encontrados ao longo das coletas. Destacam-se nesta figura os itens de plásticos, vidro e madeira.

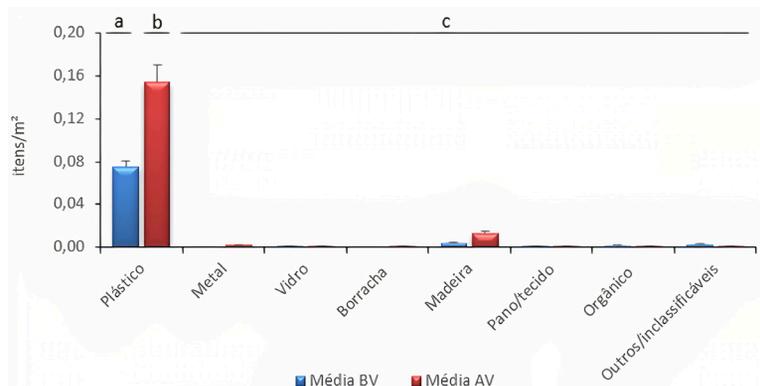


FIGURA 4 – Médias (+E.P.; $n=40$) das densidades do lixo marinho de diferentes materiais encontrados na Praia de Navegantes/SC em dois regimes de vazão. BV = Baixa vazão; AV = Alta vazão; Barras identificadas com a mesma letra indicam diferenças não significativas (a, b, c) ($p>0,05$; testes pareados de Tukey).

FONTE: Própria.

TABELA 2 – Resultados ANOVA para Hipótese I com dois fatores. GL = Graus de Liberdade; SQ = Soma dos Quadrados; MQ = Média dos Quadrados; *** = $p < 0,001$.

Fator	GL	SQ	MQ	Valor F	Significância
Material	7	0.88	0.12	151.16	***
Vazão	1	0.02	0.02	24.84	***
Interação Material/Vazão	7	0.10	0.01	18.45	***
Resíduos	624	0.52	0.0008		

FONTE: Própria.



FIGURA 5 – Figuras (a; b; c; d) indicam algumas das variedades de resíduos encontrados ao longo das coletas.

FONTE: Rosa & Widmer (2020).

3.2. Origens mais prováveis

Diferentemente do esperado, a maioria dos itens coletados que puderam ter sua origem provável identificada foi associada aos “Usuários de praia”. Isso foi válido tanto para o regime de baixa vazão, com uma densidade média de 0,05 itens/m² (\pm EP = 0,005; n=40), como para o regime de alta vazão do rio, com densidade média de 0,10 itens/m² (\pm EP=0,014; n=40).

As diferenças entre as densidades dos itens de diferentes origens prováveis não se mantiveram homogêneas na comparação entre os dois regimes de vazão, indicada pela interação entre os dois fatores (Tabela 3).

As densidades de itens provavelmente originados pelos usuários de praias foram significativamente diferentes na comparação entre os dois regimes de vazão. O mesmo ocorreu com a classe de resíduos cuja origem é indeterminada. Para as demais origens, não houve diferença significativa entre a alta e baixa vazão do rio. Materiais de origem doméstica e portuária apresentaram baixas densidades nos dois regimes de vazão.

Na Figura 7 são apresentados alguns dos itens encontrados ao longo das coletas. Destacam-se nesta figura os itens cuja origem provável é associada aos usuários de praia.

TABELA 3 – Resultados ANOVA para Hipótese II com dois fatores. GL = Graus de Liberdade; SQ = Soma dos Quadrados; MQ = Média dos Quadrados; *** = $p < 0,001$.

Fator	GL	SQ	MQ	Valor F	Significância
Fonte	6	0,38	0,06	80,2	***
Vazão	1	0,02	0,02	28,6	***
Interação Fonte/Vazão	6	0,03	0,005	7,3	***
Resíduos	546	0,43	0,001		

FONTE: Própria.

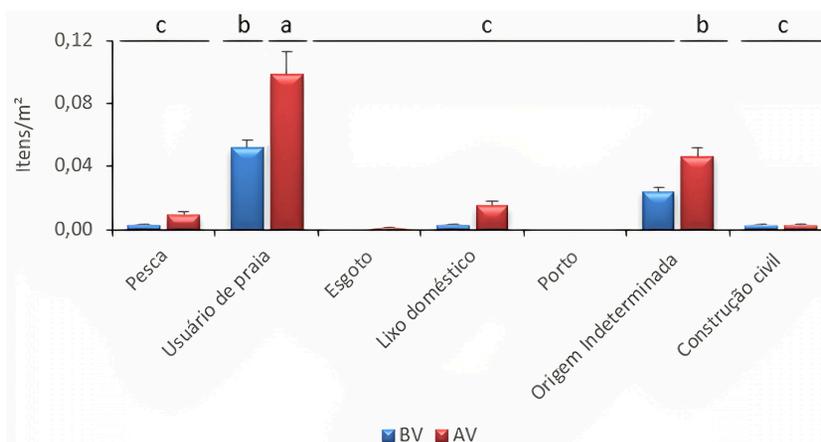


FIGURA 6 – Médias (\pm E.P.; n=40) das densidades do lixo marinho com suas respectivas origens prováveis, encontrados na Praia de Navegantes/SC nos períodos de baixa vazão (BV) e alta vazão (AV) do Rio Itajaí-Açu. Barras identificadas pela mesma letra indicam diferenças não significativas (a, b, c) (Testes Pareados de Tukey).

FONTE: Própria.

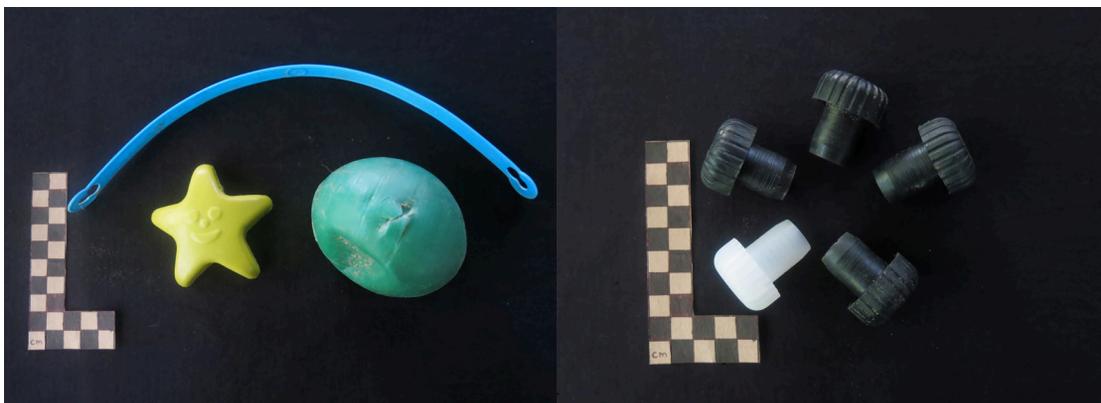


FIGURA 7 – Figura (a; b) indicam os itens de origem provável de usuário de praia.
 FONTE: Rosa & Widmer (2020).

3.3. Regimes de vazão

O valor médio de $0,08 \pm 0,006$ itens/m² de macrolixo obtido durante o período de baixa vazão foi bem inferior à média encontrada de $0,17 \pm 0,02$ itens/m², relativa ao período de alta vazão (Figura 8). Essa diferença é estatisticamente significativa (teste t; $t = -3,6$; 78 GL, $p < 0,001$).

Quanto ao microlixo, foi encontrada uma quantidade média de $20 \pm 4,82$ pellets/m² (média \pm EP) no período de baixa vazão, enquanto que no período de alta vazão foram encontrados $24,80 \pm 6,20$ pellets/m² (média \pm EP). A diferença entre essas duas médias não é estatisticamente significativa (teste t; $t = -0,6$; 78 g.l.; $p > 0,05$).

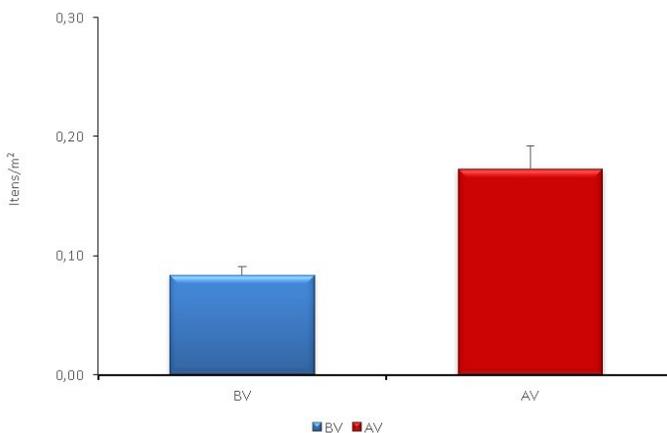


FIGURA 8 – Médias (+E.P.; n=40) das densidades de macrolixo encontrados na Praia de Navegantes/SC nos períodos de baixa e alta vazão do Rio Itajaí-Açu.

FONTE: Própria.

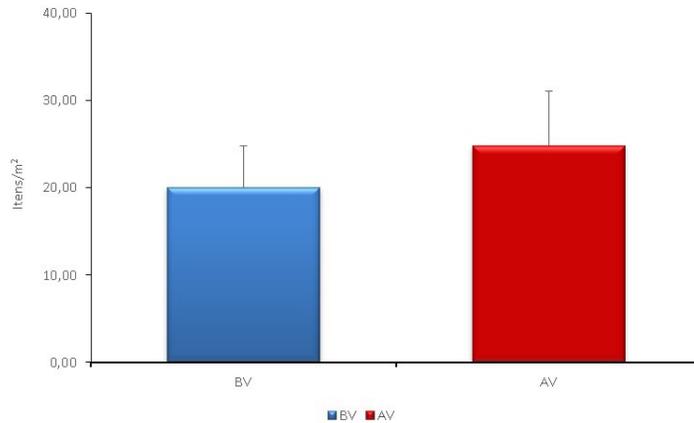


FIGURA 9 – Médias (+E.P.; n=40) das densidades de *pellets* plásticos encontrados na Praia de Navegantes/SC nos períodos de baixa vazão (BV) e alta vazão (AV) do Rio Itajaí-Açu.

FONTE: Própria.

Destacam-se na Figura 10 os *pellets* plásticos encontrados ao longo das coletas realizadas na praia de Navegantes/SC.



FIGURA 10 – Pequena amostra dos *pellets* plásticos encontrados ao longo das coletas.

FONTE: Rosa & Widmer (2020).

4. Discussão

4.1. Materiais

A abundância de itens plásticos foi significativamente maior do que a abundância dos itens de outros materiais, nos dois regimes de vazão. As densidades relacionadas aos outros materiais foram inferiores para os dois regimes de vazão. No entanto, as diferenças entre as abundâncias de materiais não se mantiveram homogêneas na comparação entre os dois regimes de vazão, o que é indicado pela interação significativa entre os fatores Material e Vazão. Os itens plásticos foram mais abundantes no regime de alta vazão, diferentemente dos outros materiais. Isso pode estar relacionado à maior descarga do Rio Itajaí Açu, sugerindo que a descarga fluvial pode influenciar na ocorrência de itens plásticos na área de estudo. Estudos como o de Williams & Simmons (1996) e Araújo & Costa

(2007) mencionam que qualquer região que possua grandes rios que desaguam no mar tendem a receber grande quantidade de resíduos, principalmente após eventos de enxurradas, inundações e, conseqüentemente, ao aumento da vazão dos rios que contribuem para maior deposição desses materiais no ambiente costeiro.

A maior abundância de itens plásticos é coerente com resultados de outros estudos (e.g., Derraik, 2002; Araújo & Costa, 2003a; Widmer & Hennemann, 2010; Magalhães & Araújo, 2012; Krelling & Turra, 2019), que também relatam a predominância de itens plásticos no lixo marinho praias.

Marin et al. (2019) identificaram que os itens plásticos corresponderam à maior parte (69%) dos itens coletados em 25 praias de Santa Catarina; já na maioria das praias, os itens de plásticos corresponderam a mais de 80% do total de itens coletados. Os mesmos autores identificaram na Praia de Gravatá (Ponto 02 amostrado neste estudo) a predominância de itens plásticos.

Magalhães & Araújo (2012) destacam que a predominância de itens plásticos pode ser justificada pelo baixo custo de fabricação e flexibilidade de formas, o que incentiva o uso desses materiais. Além disso, o plástico é extremamente durável, de difícil degradação e de fácil flutuação, características que acabam favorecendo sua dispersão pelo ambiente.

A pequena quantidade de garrafas ou fragmentos de vidro e a ausência de latas de alumínio identificados neste estudo também são identificados por outros autores. Widmer & Hennemann (2010) destacaram que isso pode estar associado a uma consequência socioeconômica, em virtude de possuírem valor econômico como materiais recicláveis e serem coletados e vendidos por muitos catadores.

Nessa perspectiva, o presente estudo reforçou o conceito de que os oceanos estão cada vez mais contaminados por plásticos, destacando a importância de se reduzir o consumo de materiais plásticos descartáveis e de uso único, e de que ações de conscientização sobre essa temática são necessárias. Ressalta-se também, que a indústria plástica também se coloque mais ativamente como protagonista de iniciativas e ações de minimização da presença dos resíduos plásticos nas praias, se apoiando no princípio da logística reversa.

A combinação de problemas socioeconômicos, a urbanização desordenada e intensa, hábitos consumistas cada vez mais presentes no dia a dia da população contribuem para a problemática do lixo marinho. As ações de educação e conscientização ambiental tendem a contribuir para a redução dos problemas do lixo marinho nas praias. Este estudo também indica que ações de educação ambiental voltadas ao problema do lixo marinho no município de Navegantes podem dar ênfase nos itens plásticos, devido à sua predominância.

Muitos dos resíduos plásticos são potencialmente recicláveis, o que indica a necessidade de incentivo para as atividades de reciclagem, às cooperativas, contribuindo para uma forma de renda aos moradores e melhoria na qualidade de vida dos moradores da região e contribuindo para a redução desses materiais em locais indevidos (Magalhães & Araújo, 2012).

4.2. Origens

Contrariamente ao que foi hipotetizado, a maioria dos resíduos encontrados tem origem provável associada ao uso direto da praia pelos

frequentadores da mesma. Essas quantidades foram maiores no regime de alta vazão do que no regime de baixa vazão. O regime de alta vazão coincidiu parcialmente com a alta temporada turística, quando a praia é intensamente visitada, o que pode também ter influenciado na maior ocorrência de lixo na praia.

Embora a presença de resíduos tipicamente de origem ribeirinha tenha sido menor, esta fonte não pode ser desconsiderada. Apesar de não ter sido claramente detectado neste estudo, os eventos de grande vazão dos rios tendem a transportar uma grande quantidade de resíduos até as praias, tornando essencial as ações de controle dos resíduos domésticos em toda a bacia hidrográfica (Magalhães & Araújo, 2012). Para estudos futuros, uma recomendação seria realizar amostragens em momentos de baixa e alta vazão só no verão, ou amostragens dos dois casos em todas as estações do ano. Outra recomendação para estudos futuros seria a realização de amostragens de lixo marinho através do uso de ecobarreiras no Rio Itajaí-Açu, com o intuito de barrar o lixo flutuante que pode chegar à praia através da descarga do Rio. Pode-se citar como exemplo o Projeto Ecobarreira Arroio Dilúvio, localizado em Porto Alegre/RS (<https://www.ecobarreiradiluvio.com.br/>).

Não foram encontrados itens de origem portuária nas oito coletas, mesmo a área de estudo estando bem próxima de dois importantes terminais portuários da região. Apesar disso, segundo o site Global Garbage (Barreto, 2005), a falta de fiscalização e de estrutura de muitos portos brasileiros faz com que muitos navios joguem seus resíduos sólidos diretamente no mar, como forma de economizar recursos financeiros, visto que muitas vezes é preciso pagar uma taxa para que o porto receba e destine os resíduos de maneira correta. Porto (2011) avalia

que a gestão dos resíduos nos portos organizados brasileiros ainda está abaixo da expectativa, reforçando a necessidade de maior fiscalização, carência na recepção desses resíduos, na fase de monitoramento e a inexistência de instalações portuárias de recepção de resíduos (exigência legal).

Foram também encontrados itens de origem provável de pesca, o que pode estar associado à ocorrência de pescadores artesanais na Praia do Gravatá e à atividade pesqueira do porto de Itajaí, um dos maiores pólos pesqueiros do Brasil. A ocorrência desses materiais pode estar associada ao descarte intencional e às perdas acidentais, além de servirem como indicadores de uma elevada concentração de pesca artesanal e do direcionamento inadequado dos resíduos gerados pela comunidade e dos pescadores que a utilizam (Carvalho-Souza & Tinôco, 2011).

Diante desses resultados, pode-se agora planejar ações junto aos moradores e turistas que frequentam a praia de Navegantes, visando sua conscientização para o descarte adequado dos seus resíduos. A título de exemplo, é possível imaginar as seguintes sugestões de ações de conscientização desses atores sociais sobre o problema do lixo marinho: (i) campanhas municipais de educação ambiental presenciais com os usuários da praia no verão; (ii) campanhas digitais de educação ambiental (por exemplo, via SMS, 'whatsApp', redes sociais); (iii) treinamento de boas práticas ambientais juntos aos comerciantes da praia (quiosques e vendedores ambulantes); (iv) orientação de boas práticas ambientais para os inquilinos de temporada promovidas pelas imobiliárias; e (v) mensagens de cunho ambiental nos carnês de IPTU.

4.3. Regimes de vazão

O regime de vazão se relacionou de forma diferenciada sobre as densidades médias de micro e de macrolixo. Para o microlixo (*pellets*), apesar da média para o regime de alta vazão ter sido superior à média referente ao regime de baixa vazão, tal diferença não foi considerada estatisticamente significativa.

Diferentemente, a densidade média de macrolixo no regime de alta vazão foi o dobro do valor médio no regime de baixa vazão, diferença essa que é estatisticamente significativa. Isso pode estar relacionado à maior descarga do Rio Itajaí -Açu, sugerindo que a descarga fluvial pode influenciar uma maior ocorrência de itens na área de estudo. Nesse caso, tais itens encontrados na Praia de Navegantes não puderam ser claramente identificados como sendo de origem doméstica. Apesar disso, é importante frisar que a boa gestão de resíduos urbanos é uma medida de prevenção efetiva para se reduzir significativamente as quantidades de resíduos lançados no ambiente costeiro e marinho.

Com as chuvas, há um maior aporte de água dos rios (pelo aumento da vazão) para o mar, e o lixo descartado indevidamente acaba sendo carregado para os ambientes costeiros. Observa-se que a ocorrência de chuvas provoca um incremento da poluição na praia por itens que não se relacionam com o uso da praia, mas que chegaram até ela através dos rios (Magalhães & Araújo, 2012). Como pode ser observado na Figura 6, identificou-se uma maior densidade de lixo doméstico na alta vazão em relação à baixa vazão (apesar da diferença não ser significativa) e também pode-se notar um aumento significativo na densidade de itens de origem inde-

terminada na alta vazão, que pode estar relacionado com itens originados na bacia de drenagem. O aumento significativo do lixo de usuários da praia é uma evidência de que o uso recreativo da praia contribui para o aumento do lixo praiado encontrado no regime de alta vazão, que coincidiu parcialmente com a estação turística do verão.

É possível que a origem portuária e/ou naval dos *pellets* não seja influenciada pelo regime de vazão do rio, enquanto que a maior vazão, associada ao maior uso da praia na alta estação turística, explique a diferença encontrada para itens maiores. Tais resultados dão suporte ao caráter transfronteiriço envolvido tanto na dinâmica costeira para o microlixo como na bacia hidrográfica para o macrolixo. Os resultados também reforçam a importância de se amplificar os esforços gerenciais de limpeza na praia nos períodos de maior vazão.

Uma das possíveis explicações para as grandes diferenças nas densidades de macro e microlixo se refere provavelmente à metodologia: enquanto o macrolixo foi coletado em todo o transecto desde a vegetação até a linha d'água, o microlixo foi coletado especificamente na linha de deixa, onde tais itens tendem a se concentrar.

O microlixo (*pellets plásticos*) esteve presente na Praia de Navegantes em todas as oito datas de coleta. Marin *et al.*, (2019) identificaram em seu estudo 0,68 *pellets*/m², valor este distinto do encontrado durante a realização desta pesquisa. Tal diferença pode estar relacionada ao tipo de amostragem empregada. Nesta pesquisa, a amostragem de *pellets* plásticos foi realizada com o uso de um amostrador quadrado de 0,25m de lado lançado na linha de deixa em cada transecto, onde foram coletados 3cm superiores de areia dentro do quadrante, ou seja, os *pellets* amostrados não estavam

apenas na superfície, mas também nas camadas subsuperficiais da areia. No estudo Marin *et al.*, (2019) os *pellets* coletados estavam na superfície da areia em um transecto amostral paralelo à linha de costa, com 100m², escolhido aleatoriamente, na marca do swash (marca da pela maré no seu ponto mais alto). A amostragem foi feita na maré baixa.

Destaca-se também, conforme observado por Manzano (2009) nas praias de Santos, no litoral paulista, uma variação vertical na abundância de *pellets* com a profundidade do sedimento, observando as maiores concentrações nas camadas mais superficiais, indicando deposição recente desse material.

5. Conclusão

O presente estudo identificou e quantificou o lixo marinho na praia de Navegantes em termos dos seus materiais constituintes, suas origens mais prováveis, relacionando-os com dois regimes de vazão do Rio Itajaí.

A vasta maioria de itens foi composta por material plástico, tanto na alta como na baixa vazão do rio. Diferentemente do esperado, foram os itens cuja origem provável é relacionada aos usuários da praia que predominaram nos dois regimes de vazão, com valores médios maiores no regime de alta vazão. Itens de origem provável doméstica e portuária se apresentaram em baixas densidades neste estudo. Confirmou-se a ocorrência de *pellets* plásticos em grandes densidades nos dois regimes de vazão. Sugere-se que o microlixo nessa praia seja mais investigado, inclusive em camadas mais profundas do sedimento.

As quantificações deste estudo poderão ser usadas para comparações com estudos futuros, per-

mitindo assim uma avaliação da evolução temporal da presença do lixo marinho na praia de Navegantes. Isso é particularmente relevante para uma praia em que muito pouco se conhece sobre a dinâmica do lixo marinho. Os presentes resultados poderão também ser usados pelas autoridades municipais para a definição de estratégias para o gerenciamento dos resíduos sólidos praias, incluindo estratégias de educação ambiental dos usuários de praia em termos da destinação adequada dos resíduos sólidos, com especial atenção aos itens plásticos.

Neste sentido, elaborou-se em paralelo a este estudo uma Coleção Didático Científica de Lixo marinho (Rosa & Widmer, 2020) como uma ferramenta de educação ambiental na escala municipal. Tal coleção ilustra os principais materiais encontrados neste monitoramento, dando destaque aos itens plásticos originados possivelmente pelos usuários da praia, ressaltando o caráter transfronteiriço do lixo marinho na bacia hidrográfica, além de alertar sobre a presença confirmada de altas quantidades de microlixo na praia. A coleção também faz algumas orientações aos cidadãos e às autoridades. Dessa forma, o presente estudo pretendeu contribuir para o atingimento de alguns dos objetivos da Estratégia de Honolulu e do Plano Brasileiro de Combate ao Lixo no Mar.

Referências

ANA - Agência Nacional de Águas. *Hidroweb: Sistemas de informações hidrológicas*, 2005. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 16 de maio de 2020.

Alves, J. H. G. M.; Melo, E.; Measurement and modeling of wind waves at the northern coast of Santa Catarina, Brazil. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 49, 13-28, 2001. doi: 10.1590/s1413-77392001000100002

- Alves, F. A.; Viana, E.; Ueno, H. M.; Simões, A. F.; Fonseca Filho, H. Caracterização de pellets plásticos em praias do litoral norte do estado de São Paulo. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 7, 300-314, 2018. doi: 10.19177/rgsa.v7e12018300-314
- Araújo, M.; Costa, M. Análise quali-quantitativa do lixo deixado na baía de Tamandaré-PE-Brasil por excursionistas. *Gerenciamento Costeiro integrado, Pernambuco - Brasil. Turismo*, 58-61, 2003a.
- Araújo, M. C. B.; Costa, M. F. Contribuição do lixo ribeirinho na contaminação de praias do litoral sul de Pernambuco, In: *IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário / II Congresso do Quaternário de Países de Línguas Ibéricas / II Congresso sobre Planejamento e Gestão da Zona Costeira dos Países de Expressão Portuguesa*, Recife, 2003b.
- Araújo, S. A.; Haymussi, H.; Reis, F. H.; Silva, F. E. *Caracterização climatológica do município de Penha*, SC. 11-28, 2006. Disponível em: <<http://www.avesmarinhas.com.br/bases%20ecologicas-cap%C3%ADtulo%201.pdf>>. Acesso em: 16 de maio de 2020.
- Araújo, M. C.; Costa, M. An analysis of the riverine contribution to the solid wastes contamination of an isolated beach at the Brazilian Northeast. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 18, 6-12, 2007. doi: 10.1108/14777830710717677
- Barnes, D. K. Biodiversity: invasions by marine life on plastic debris. *Nature*, 416, 808-809, 2002. doi: 10.1038/416808a
- Barreto, F. P. *Maré de lixo globalizado*. Jornal da tarde, São Paulo, 2005. Disponível em: http://www.globalgarbage.org/site_antigo/public_html/index.php. Acesso em: 16 de maio de 2020.
- Brasil. *Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana: Plano de Combate ao Lixo no Mar* [recurso eletrônico]. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial, Coordenação-Geral de Gerenciamento Costeiro. – Brasília, DF: MMA, 2019.
- Caixeta, D.; Caixeta, F.; Menezes Filho, F. Nano e microplásticos nos ecossistemas: impactos ambientais e efeitos sobre os organismos. *Enciclopédia Biosfera*, 15, 19-34, 2018. doi: 10.18677/EnciBio_2018A92
- Carvalho-Souza, G. F.; Tinoco, M. S. Avaliação do Lixo Marinho em Costões Rochosos na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 11, 135-143, 2011.
- Cheshire A. C.; Adler E.; Barbière J.; Cohen Y.; Evans S.; Jarayabhand S.; Jeftic L., et al. *Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter*. UNEP/IOC Regional Seas Reports and Studies, 186, *IOC Technical Series* n. 83: 120, 2009. Disponível em: <<https://www.peacepalacelibrary.nl/ebooks/files/334579929.pdf>>. Acesso em: 16 de maio de 2020.
- Derraik, J.G.B., The pollution of the marine environment by plastic debris. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 842-852, 2002. doi: 10.1016/s0025-326x(02)00220-5
- Earll, R.C., Williams, A.T., Simmons, S.L., Tudor, D.T., Aquatic litter, management and prevention—the role of measurement. *Journal of Coastal Conservation*, 6, 67-78, 2000. doi: 10.1007/BF02730470
- EPA – United States Environmental Protection Agency. *Plastic pellets in the aquatic environment: sources and recommendations – Final report*. EPA 842 – B – 92 – 010. Office of Water (WH – 556F). 108, 1992. Disponível em:<<http://www.globalgarbage.org/13%20EPA%20Plastic%20Pellets.pdf>>. Acesso em: 16 de maio de 2020.
- EPAGRI. *Atlas climatológico digital do estado de Santa Catarina*. Florianópolis, 2002. CD-ROM.
- Fernandino, G.; Elliff, C. I.; Silva, I. R. Degree of pollution by benthic litter in beaches in Salvador, Bahia, Brazil. *Scientia Plena*, 11, 1-9, 2015. Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/2398/1161>
- Fundação Agência De Água Do Vale Do Itajaí. *Caderno síntese: Plano de Recursos hídricos da Bacia do Itajaí para que a água continue a trazer benefícios para todos*. Blumenau, 2010. Disponível em:<http://www.aguas.sc.gov.br/base-documental-rio-itajai/noticias-rio-itajai/item/download/173_162158b668453a53c5b010ac0aa1f41f>. Acesso em: 29 de março de 2019.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

- IBGE Cidades, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/navegantes/panorama>>. Acesso em: 29 de março de 2019.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *IBGE Mapas*, 2018. Disponível em: <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>>. Acesso em: 29 de março de 2019.
- Instituto Safeweb. *Projeto Ecobarreira Arroio Diluvio*. Disponível em: <<https://www.ecobarreiradiluvio.com.br/>>. Acesso em: 10 novembro 2020.
- Klein, A.H.F.; Menezes, J.T. Beach morphodynamics and profile sequence for a headland bay coast. *Journal of Coastal Research*, 17, 812-835, 2001. Disponível em: <https://journals.flvc.org/jcr/article/view/81507/78646>
- Krelling, A. P.; Turra, A. Influence of oceanographic and meteorological events on the quantity and quality of marine debris along an estuarine gradient. *Marine Pollution Bulletin*, 139, 282-298, 2019. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.12.049
- Leal, K. P. *Bacias Hidrográficas do Rio Gravatá e Rio Iriri, município de Navegantes e Penha (SC): Caracterização ambiental e recomendações para orientar políticas públicas*. Itajaí, Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Univali, 2012.
- Lippiatt, S.; Opfer, S.; Arthur, C. Marine Debris Monitoring and Assessment: Recommendations for Monitoring Debris Trends in the Marine Environment. *NOAA Marine Debris Program*: Novembro, 2013. Disponível em: <https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/Lippiatt%20et%20al%202013.pdf>
- Magalhães, S. E. F.; Araújo, M. C. B. de. Lixo marinho na praia de Tamandaré (PE–Brasil): caracterização, análise das fontes e percepção dos usuários da praia sobre o problema. *Tropical Oceanography*, 40, 193-208, 2012. doi: 10.5914/to.2012.0070
- Marin, C. B.; Niero H.; Zinnke, I.; Pellizzetti, M. A.; Santos, P. H.; Rudolf, A. C.; Beltrão M.; Waltrick, D. S.; Polette, M. Marine debris and pollution indexes on the beaches of Santa Catarina State, Brazil. *Regional Studies In Marine Science*, 31, 1-10, 2019. doi: 10.1016/j.rsma.2019.100771
- Manzano, A. B. *Distribuição, taxa de entrada, composição química e identificação de fontes de grânulos plásticos na Enseada de Santos, SP, Brasil*. São Paulo. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, 2009.
- Menezes, J. T. de, et al., Caracterização morfológica e sedimentar para um projeto de alimentação na Praia de Navegantes/Gravatá, SC. In: *IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário / II Congresso do Quaternário de Países de Línguas Ibéricas / II Congresso sobre Planejamento e Gestão da Zona Costeira dos Países de Expressão Portuguesa, Recife*, 2003.
- Monteiro, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. *Geosul*, Florianópolis, 16, 69-78, 2001. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/14052/12896>
- Porto, M. M. “A gestão ambiental portuária: o estado da arte”. *1º Seminário sobre Gestão Ambiental Portuária – foco em resíduos*. Brasília-DF, 2011.
- Oliveira, A. de L. *Análise de Política Pública sobre o Lixo Marinho em Diferentes Níveis Governamentais*. São Paulo, Dissertação (Mestrado em Ciência) Universidade de São Paulo, 2013.
- Opfer, S. C.; Arthur, C.; Lippiatt, S. NOAA Marine debris shoreline survey field guide, National Oceanic and Atmospheric Administration Office of Response and Restoration Marine Debris Program, *NOAA, Silver Spring*, MD, USA, 2012. Disponível em: <<https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/ShorelineFieldGuide2012.pdf>> Acesso em: 16 de maio de 2020.
- Rosa, C.; Widmer, W. M. *COLIXO – Praia de Navegantes*, 2020.
- Rodrigues, M. L. G.; Franco, D.; Sugahara, S. Climatologia de Frentes Frias no Litoral de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Geofísica*, 22, 135-151, 2004. doi: 10.1590/S0102-261X2004000200004
- Schettini, C.A.F. Caracterização Física do Estuário do Rio Itajaí-Açu, SC. RBRH - *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 7(1), 123-142, 2002. doi: 10.21168/rbrh
- Schettini, C.A.F.; Kuroshima, K.N.; Pereira Fo., J.; Rörig, L.R.; Resgalla Jr., C. Oceanographic and ecological aspects

-
- of the Itajaí-Açu river plume during a high discharge period. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. Itajaí, 1998.
- Schettini, C.A.F., Resgalla Jr, C., Pereira Filho, J., Silva, M.A.C., Truccolo, E.C., Rörig, L.R., Variabilidade temporal das características oceanográficas e ecológicas da região de influência fluvial do rio Itajaí-Açu. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 9, 93–102, 2005. doi: 10.14210/bjast.v9n2.p93-102
- Sheavly, S. B. National marine debris monitoring program: Lessons Learned. *US Environmental Protection Agency*; 2010. Disponível em: http://www.portaldasportas.it/dati_plastica/Marine_Debris_2010.pdf. Acesso em: 10 novembro 2020.
- Silva-Cavalcanti, J. S.; Araújo, M. C. B. De; Costa, M. F. da. Plastic litter on an urban beach — a case study in Brazil. *Waste Management & Research*, 27, 93-97, 2009. doi: 10.1177/0734242X080888705
- SIGSC – *Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina*. Disponível em: < <http://sigsc.sds.sc.gov.br/>>. Acesso em: 29 de março de 2019.
- UNEP - United Nations Environment Programme. *Marine Litter: A Global Challenge*. Nairobi: UNEP, 2009. Disponível em: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7787/-Marine%20Litter_%20A%20Global%20Challenge%20%282009%29-2009845.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 29 de março de 2019.
- Underwood, A. J. *Experiments in Ecology – Their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press, 1997.
- Williams, A.T.; Simmons, S.L. The degradation of plastic litter in rivers: implications for beaches. *Journal of Coastal Conservation*, 63-72, 1996. doi: 10.1007/BF02743038
- Wilks, D. S. *Statistical methods in the atmospheric sciences*. Academic press, 2006.
- Widmer, W. M.; Hennemann, M. C. Marine Debris in the Island of Santa Catarina, South Brazil: Spatial Patterns, Composition, and Biological Aspects. *Journal Of Coastal Research*, 993-1000. 2010. doi: 10.2112/JCOAS-TRES-D-09-00072.1