

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Lucas Medeiros Pereira Barata Rossetto

Ameaças e perspectivas de conservação do Tubarão-Cabeça-Chata na Região Metropolitana
do Recife

Buri
2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Lucas Medeiros Pereira Barata Rossetto

Ameaças e perspectivas de conservação do Tubarão-Cabeça-Chata na Região Metropolitana
do Recife

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como exigência parcial para a obtenção do
grau de Bacharel em Ciências Biológicas na
Universidade Federal de São Carlos.

Orientação: Profa. Dra. Giulianna Rondineli Carmassi

Buri
2025

Rossetto, Lucas Medeiros Pereira Barata

Ameaças e perspectivas de conservação do Tubarão-Cabeça-Chata na Região Metropolitana do Recife / Lucas Medeiros Pereira Barata Rossetto -- 2025.
40f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos,
campus Lagoa do Sino, Buri

Orientador (a): Giulianna Rondineli Carmassi

Banca Examinadora: José Augusto de Oliveira David,
Alberto Luciano Carmassi

Bibliografia

1. Tubarão-cabeça-chata. 2. Impactos antrópicos. 3.
Região metropolitana de Recife . I. Rossetto, Lucas
Medeiros Pereira Barata. II. Título.



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (CCCBIO-LS)
Rod. Lauri Simões de Barros km 12 - SP-189, s/n - Bairro Aracaçu, Buri/SP,
CEP 18290-000 Telefone: (15) 32569030 - <http://www.ufscar.br>

DP-TCC-FA nº 53/2025/CCCBio-LS/CCN/R

Graduação: Defesa Pública de Trabalho de Conclusão de Curso

Folha Aprovação (GDP-TCC-FA)

FOLHA DE APROVAÇÃO

LUCAS MEDEIROS PEREIRA BARATA ROSSETTO

AMEAÇAS E PERSPECTIVAS DE CONSERVAÇÃO DO TUBARÃO-CABEÇA-CHATA
NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

Trabalho de Conclusão de Curso

Universidade Federal de São Carlos – Campus Lagoa do Sino

Buri, 12 de dezembro de 2025

ASSINATURAS E CIÊNCIAS

Cargo/Função	Nome Completo
Orientador	Giulianna Rondineli Carmassi
Membro da Banca 1	José Augusto de Oliveira David



Documento assinado eletronicamente por Jose Augusto de Oliveira David, Docente, em 16/12/2025, às 17:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Grad: Defesa TCC: Folha Aprovação 53 (2115600) SEI 23112.020081/2025-69 / pg. 1



Documento assinado eletronicamente por Giulianna Rondineli Carmassi, Docente, em 16/12/2025, às 19:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Alberto Luciano Carmassi, Docente, em 17/12/2025, às 09:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufscar.br/autenticacao>, informando o código verificador 2115600 e o código CRC 960B0952.

Referência: Caso responda a este documento, indicar expressamente o Processo nº

23112.020081/2025-69 SEI nº 2115600 Modelo de Documento: Grad: Defesa TCC: Folha Aprovação, versão de

02/Agosto/2019

Resumo

O presente estudo teve como objetivo analisar e compilar informações sobre os impactos antrópicos que afetam a população de tubarões-cabeça-chata na Região Metropolitana do Recife (RMR-PE), buscando compreender como a urbanização, a degradação de habitats e a pesca influenciam essa espécie. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica. A RMR passa por um intenso processo de transformação decorrente da urbanização acelerada, da industrialização e da ocupação desordenada, fatores que têm provocado a perda e a fragmentação de habitats costeiros e estuarinos essenciais ao tubarão-cabeça-chata (*Carcharhinus leucas*), espécie eurialina e predadora de topo que utiliza esses ambientes como áreas de reprodução, crescimento e alimentação. As pressões antrópicas sobre a espécie são múltiplas e cumulativas, organizando-se em três eixos principais. O primeiro refere-se às alterações físicas e hidrológicas associadas à expansão urbana e industrial, como a supressão de manguezais e as obras do Porto de Suape, que envolveram dragagens e canalizações capazes de modificar a hidrodinâmica de rios, comprometendo berçários estuarinos fundamentais. O segundo eixo envolve a poluição crônica decorrente da deficiência de saneamento básico e do lançamento de efluentes domésticos e industriais, processos que promovem eutrofização, redução do oxigênio dissolvido e bioacumulação de contaminantes. Esses poluentes somam-se a estressores emergentes, como a poluição sonora e luminosa, que afetam a orientação e o comportamento da espécie. O terceiro eixo diz respeito à pressão pesqueira, especialmente pela captura acidental (*bycatch*), e à redução das presas naturais, que, aliadas à degradação dos habitats, forçam o deslocamento de *C. leucas* para áreas costeiras urbanizadas, onde o descarte de resíduos orgânicos pode atrair indivíduos e aumentar as interações negativas com humanos. Esses impactos são agravados pelas mudanças climáticas, que alteram temperatura e salinidade e impõem estresses adicionais que influenciam padrões migratórios. Assim, o tubarão-cabeça-chata constitui uma espécie sentinela da vulnerabilidade dos ecossistemas costeiros pernambucanos, reforçando a necessidade urgente de estratégias integradas de conservação que priorizem o saneamento básico, o controle de efluentes, a recuperação de manguezais e a gestão pesqueira seletiva.

Palavras-chave: *Carcharhinus leucas*; ecossistemas costeiros pernambucanos; pressões antrópicas; porto de Suape.

Abstract

The present study aimed to analyze and compile information on the anthropogenic impacts affecting the population of bull sharks in the Metropolitan Region of Recife (RMR-PE), seeking to understand how urbanization, habitat degradation, and fishing activities influence this species. A literature review was conducted to support this analysis. The RMR has undergone intense transformation driven by accelerated urbanization, industrialization, and unplanned land occupation, factors that have led to the loss and fragmentation of coastal and estuarine habitats essential for the bull shark (*Carcharhinus leucas*), an euryhaline apex predator that uses these environments as breeding, nursery, and foraging grounds. Anthropogenic pressures on the species are multiple and cumulative, including physical and hydrological alterations associated with urban and industrial expansion—such as mangrove suppression and the construction works at the Port of Suape—chronic pollution resulting from deficient sanitation and the discharge of domestic and industrial effluents, as well as emerging stressors like noise and light pollution that affect the species' orientation and behavior. Fishing pressure, especially through accidental capture (bycatch) and the reduction of natural prey, combined with habitat degradation, forces *C. leucas* into urbanized coastal areas where organic waste disposal may attract individuals and increase negative interactions with humans. These impacts are further intensified by climate change, which alters temperature and salinity and imposes additional stressors that influence migratory patterns. Overall, the bull shark emerges as a sentinel species for the vulnerability of Pernambuco's coastal ecosystems, reinforcing the urgent need for integrated conservation strategies that prioritize sanitation, effluent control, mangrove restoration, and selective fisheries management.

Keywords: *Carcharhinus leucas*; coastal ecosystems of Pernambuco; anthropogenic pressures; Port of Suape.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVOS.....	8
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
4.1 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO COSTEIRA E INDUSTRIALIZAÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE.....	10
4.2 POLUIÇÃO E QUALIDADE AMBIENTAL DOS ESTUÁRIOS.....	13
4.3 DEGRADAÇÃO E PERDA DE HABITATS CRÍTICOS.....	15
4.4 PESCA ACIDENTAL E INTERAÇÕES COM HUMANOS.....	18
4.5 POLUIÇÃO SONORA, LUMINOSA E ESTRESSORES AMBIENTAIS EMERGENTES.....	21
4.6 EFEITOS CLIMÁTICOS E VARIABILIDADE AMBIENTAL.....	23
4.7 SÍNTESE GERAL E IMPLICAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO.....	25
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
REFERÊNCIAS.....	29

1. INTRODUÇÃO

Os ambientes costeiros e estuarinos brasileiros vêm passando por um intenso processo de transformação nas últimas décadas, em decorrência do crescimento urbano acelerado, da industrialização e da ocupação desordenada do litoral. Essas mudanças, que muitas vezes são associadas à ausência de planejamento ambiental, têm provocado diminuição e fragmentação de habitats, muitos destes críticos para inúmeras espécies marinhas, inclusive predadores de topo, como *Carcharhinus leucas* (tubarão-cabeça-chata), que tem tido redução de suas populações, modificando dinâmicas ecológicas que são essenciais para o equilíbrio dos ecossistemas costeiros (GARCIA; LUCIFLORA; MYERS, 2008; RIDER et al., 2021).

O tubarão-cabeça-chata é um elasmobrânquio eurialino, ou seja, tolera ampla variação de salinidade, assim, ocorre tanto em águas costeiras rasas, como baías e estuários, como também em ambientes continentais, como rios e lagos . A espécie atinge comumente cerca de 2,6 m de comprimento, podendo chegar a 4,0 m e pesar acima de 300 kg, com maturação em torno de 2,0 m de comprimento total (FISHBASE, 2025).

Sua dieta generalista e posição no topo da cadeia trófica conferem-lhe um papel ecológico de destaque, pois atua como um importante regulador das populações de suas presas, evitando desequilíbrios nas comunidades marinhas (GAUSMANN, 2021). Ao predar diferentes espécies e ocupar diversos habitats, a espécie influencia diretamente na distribuição e abundância de organismos de níveis tróficos inferiores, promovendo a estabilidade ecológica e a diversidade biológica dos ecossistemas costeiros (MATICH; HEITHAUS; LAYMAN, 2010).

No Brasil, a ocorrência da espécie é registrada desde águas costeiras da região Norte até o Sul do país, incluindo sistemas estuarinos e lagunares estratégicos para reprodução e crescimento dos indivíduos juvenis (GAUSMANN, 2021; TINHAN et al., 2020). Isso se justifica pelo potencial que esses ambientes têm para fornecer abrigo, alimento e condições abióticas ideais, como a baixa salinidade e alta turbidez, fatores que reduzem a predação e aumentam a sobrevivência dos filhotes de tubarão-cabeça-chata (HEUPEL; SIMPFENDORFER, 2008; WERRY et al., 2011). No entanto, justamente por estarem próximos a grandes centros urbanos e pólos industriais, esses habitats são também os mais vulneráveis a impactos antrópicos intensos, como poluição, dragagens, alterações hidrodinâmicas e ocupação desordenada.

Nesse cenário, um exemplo emblemático dessa problemática é a Região Metropolitana do Recife (RMR), situada no litoral de Pernambuco, que caracteriza-se por uma complexa interação entre rios, manguezais, recifes costeiros e zonas estuarinas, áreas que são historicamente utilizadas pelos indivíduos *C. leucas* (ROLLNIC; MEDEIROS, 2006; LIRA et al., 2010). A região foi afetada pela construção e expansão do Porto de Suape e de outras infraestruturas portuárias, o que modificou o regime hidrodinâmico local e, conseqüentemente, os padrões de circulação marinha, provocando a degradação de habitats essenciais para espécies costeiras (HAZIN; BURGESS; CARVALHO, 2008). Paralelamente, a poluição crônica proveniente da falta de tratamento do esgoto doméstico e pelo descarte de resíduos industriais também compromete a qualidade da água, ampliando pressões sobre a fauna marinha (SOUZA, 2004; DIAS FILHO et al., 2011; GUNKEL et al., 2007).

A perda de habitats estuarinos e a deterioração da qualidade da água influenciam diretamente a abundância e a distribuição dos tubarões-cabeça-chata, pois força deslocamentos imprevisíveis e altera os padrões migratórios (ORTEGA et al., 2009; RIDER et al., 2021). Sobre isso, estudos realizados ao longo das últimas décadas indicam que, em cenários de intensa pressão humana, há certa tendência de declínio populacional de espécies de tubarões costeiros e estuarinos, o que provoca efeitos em cascata sobre toda a rede trófica abaixo do mesmo (O'CONNELL et al., 2007; MYERS et al., 2007).

Todavia, a importância ecológica do *C. leucas* não se limita apenas ao seu papel trófico. Como espécie sentinela, sua presença ou ausência fornece indicadores robustos sobre a saúde ambiental dos ecossistemas costeiros, visto que a redução populacional dessa espécie pode indicar perda de qualidade ambiental, desequilíbrios ecológicos e falhas no manejo costeiro. Desse modo, compreender as causas e os efeitos da diminuição de seus habitats na RMR é crucial para subsidiar estratégias integradas de conservação, que conciliam desenvolvimento urbano e preservação dos ecossistemas marinhos (GARCIA; LUCIFLORA; MYERS, 2008).

2. OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo analisar e compilar informações sobre os impactos antrópicos sobre a população de tubarões-cabeça-chata na Região Metropolitana de Recife (PE), visando compreender como a urbanização, a degradação de habitats e a pesca influenciam a espécie em questão.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar os principais fatores antrópicos que influenciam a população de tubarões-cabeça-chata na Região Metropolitana de Recife, com ênfase na urbanização costeira, alterações de habitats e poluição.
2. Analisar as interações entre humanos e tubarões-cabeça-chata na região, correlacionando os incidentes com as mudanças no ecossistema marinho local.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração desta revisão bibliográfica, foram realizadas buscas em bases de dados, visando obter informações relevantes sobre os impactos antrópicos na população de tubarões-cabeça-chata (*Carcharhinus leucas*) na Região Metropolitana de Recife. As bases de dados consultadas foram: Web of Science, Science Direct, Google Scholar, SciELO e a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD).

As buscas foram conduzidas através da utilização de palavras-chave específicas: Impactos antrópicos (anthropogenic impacts); impactos ambientais (environmental impacts); urbanização costeira (coastal urbanization); Porto Suape (Suape); ataques de Tubarões (Shark attacks); *Carcharhinus leucas*; tubarão cabeça-chata (Bull Shark); Recife; Pernambuco e Brasil.

Além de isoladas, também foi utilizado o método de combinação das palavras-chave: (anthropogenic impacts OR environmental impacts OR coastal urbanization OR Suape OR Shark attacks) + (*Carcharhinus leucas* OR Bull Shark); (anthropogenic impacts OR environmental impacts OR coastal urbanization OR Suape OR Shark attacks) + (*Carcharhinus leucas* OR Bull Shark) + (Recife OR Pernambuco OR Brazil); e (*Carcharhinus leucas* OR Bull Shark) + (Recife OR Pernambuco OR Brazil)

Para garantir a relevância e atualidade, foram selecionadas as principais pesquisas publicadas nos últimos 30 anos, utilizando estudos que abordam especificamente os impactos antropogênicos na ecologia e comportamento do tubarão-cabeça-chata, com destaque para a Região Metropolitana de Recife, para que seja possível um entendimento melhor das mudanças da região. Além disso, também foram priorizadas pesquisas científicas que investigam a relação entre as atividades humanas e a interação com tubarões nas áreas costeiras.

Cinquenta documentos científicos e técnicos foram consultados, sendo: 42 artigos científicos (nacionais e internacionais) relacionados à ecologia, comportamento, impactos ambientais e dinâmica populacional de *Carcharhinus leucas*; 3 dissertações e teses provenientes de instituições brasileiras, utilizadas para compreensão aprofundada de processos locais, principalmente sobre qualidade ambiental, hidrodinâmica e degradação costeira na Região Metropolitana do Recife; e 5 relatórios técnicos e institucionais, incluindo informativos de balneabilidade, avaliações ambientais, análises de impactos socioambientais e documentos oficiais de monitoramento costeiro. Esse material permitiu uma análise abrangente, integrando dados experimentais, observacionais e diagnósticos ambientais para subsidiar a discussão acerca dos efeitos dos impactos antrópicos sobre a espécie e sobre os ecossistemas estuarinos da região.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO COSTEIRA E INDUSTRIALIZAÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

A urbanização acelerada e o avanço industrial observados nas últimas décadas na Região Metropolitana do Recife (RMR) provocaram alterações severas nas dinâmicas naturais dos ambientes costeiros e estuarinos. Sobre isso, a expansão da malha urbana, somada ao crescimento demográfico e à implantação de grandes empreendimentos, transformou paisagens originalmente dominadas por manguezais e recifes em zonas de intensa presença humana. No entanto, tal reconfiguração territorial trouxe como consequência o comprometimento dos processos ecológicos que sustentam os habitats utilizados por espécies marinhas, como o tubarão-cabeça-chata (*Carcharhinus leucas*), por ser um predador de topo que depende da integridade dos estuários e da estabilidade das zonas de transição entre os rios e o mar (HEUPEL; SIMPFENDORFER, 2008; WERRY et al., 2011).

Nesse cenário, o crescimento urbano desordenado da RMR tem sido apontado como um dos principais fatores de modificação do espaço costeiro. Isso pode ser analisado nos municípios como Recife, Jaboatão dos Guararapes e Ipojuca, que sofreram intensa ocupação das margens fluviais e áreas estuarinas no decorrer dos últimos anos, o que resultou na supressão de manguezais e no assoreamento de canais naturais (SOUZA, 2004; OLIVEIRA et al., 2021).

A degradação da qualidade ambiental na Região Metropolitana do Recife (RMR) é impulsionada por uma pressão antrópica multifacetada, onde o déficit histórico na infraestrutura sanitária atua como um vetor primário de poluição, a análise de desempenho realizada por Tomaz (2022) revela que, apesar da intensa urbanização, os índices de tratamento de esgoto na região permanecem insuficientes, perpetuando o lançamento de efluentes domésticos "in natura" nos sistemas fluviais e estuarinos utilizados pelo *Carcharhinus leucas*. Esse aporte orgânico é agravado pela contaminação química difusa proveniente do solo urbano; Lira (2023) identificou concentrações preocupantes de elementos tóxicos, classificando áreas da RMR como contaminadas por metais como Níquel (Ni) e Antimônio (Sb), que são mobilizados para os corpos hídricos através do escoamento superficial pluvial. No ambiente costeiro, Cordeiro (2021) diagnosticou que os plásticos representam a fração predominante dos resíduos sólidos na faixa de areia de Boa Viagem, atuando como fonte contínua de poluição particulada. A biodisponibilidade desses resíduos foi recentemente confirmada por Félix et al. (2025), que detectaram, pela primeira vez, a bioacumulação de microplásticos em esponjas do gênero *Tethya* nos recifes pernambucanos, evidenciando a entrada desses contaminantes na base da cadeia trófica e o consequente risco de biomagnificação para predadores de topo.

Além disso, o aumento da turbidez decorrente da atividade antrópica prejudica a penetração de luz e, por conseguinte, os processos fotossintéticos, afetando a base produtiva desses ecossistemas (GUNKEL et al., 2007). Somado a isso, a perda de áreas propícias à reprodução e ao desenvolvimento dos indivíduos juvenis, para uma espécie que apresenta filopatria reprodutiva, isto é, retornam ao local exato onde nasceram para se reproduzir, pode representar um impacto direto sobre o ciclo de vida da espécie, reduzindo seu sucesso reprodutivo.

Entre os impactos mais notáveis da industrialização pernambucana, pode-se destacar a construção e expansão do Porto de Suape, um marco do desenvolvimento regional e também um dos principais agentes de transformação ambiental da costa sul da RMR. Desde o início das obras, ainda na década de 1980, o empreendimento promoveu dragagens, aterros e canalizações que alteraram significativamente a hidrodinâmica natural dos rios Ipojuca, Massangana e Tatuoca (TOMAZ, 2022; FERREIRA et al., 2023), cujas alterações hidrodinâmicas específicas e consequências para o habitat serão mais detalhadas posteriormente.

Contudo, além das mudanças físicas, o aumento do tráfego marítimo e das atividades logísticas portuárias foram fatores que intensificaram o ruído subaquático e a liberação de contaminantes. Nessa perspectiva, o estudo de Hazin, Burgess e Carvalho (2008) destacou que o período de maior movimentação de navios coincidiu com o aumento das ocorrências de tubarões nas praias urbanas de Recife.

A instalação e contínua expansão do Complexo Industrial Portuário de Suape (CIPS) impulsionaram profundas alterações na configuração geoambiental do litoral sul de Pernambuco, convertendo sistemas estuarinos preservados em áreas de intenso uso industrial. A reconstrução histórica desses impactos, realizada por Oliveira et al. (2021), demonstra que as intervenções de engenharia — notadamente as dragagens massivas e a modificação artificial das desembocaduras dos rios Ipojuca, Massangana e Tatuoca — resultaram em mudanças drásticas nas taxas de sedimentação e na hidrodinâmica local, descaracterizando o ecossistema de manguezal original. Tais intervenções são classificadas como impactos de magnitude regional e caráter irreversível, implicando na supressão direta de vegetação nativa e perda de habitats funcionais (FERREIRA; ARAÚJO, 2023). Agravando o cenário de perda física de habitat, o monitoramento ecotoxicológico de longo prazo (2003–2023) aponta para uma degradação contínua da qualidade ambiental: Silva et al. (2025) evidenciaram que, apesar de flutuações pontuais, a toxicidade dos sedimentos na área portuária persiste elevada, afetando significativamente a sobrevivência e reprodução da fauna bentônica, o que sugere um risco crônico para a base da teia trófica que sustenta predadores costeiros como o *Carcharhinus leucas*.

Para além da modificação da paisagem física e da poluição difusa, o impacto da urbanização costeira também se manifesta na impermeabilização do solo. A expansão de áreas urbanas sem drenagem adequada tem ampliado a carga de sedimentos e contaminantes que alcançam os estuários, agravando o processo de eutrofização. Estudos realizados por Ferreira et al. (2025) observaram que os níveis de fósforo e nitrogênio nos principais corpos hídricos da RMR vêm aumentando constantemente desde 2010, impulsionados pelo escoamento urbano e pela deposição de efluentes não tratados. Essa tendência contribui para a proliferação de florações de algas tóxicas e, então, para o aumento da presença de ficotoxinas como as identificadas por Edwards et al. (2023) em indivíduos de *C. leucas* capturados em ambientes estuarinos contaminados.

Outro efeito notável da urbanização e industrialização é a perda da conectividade ecológica entre os sistemas fluviais e marinhos. Com a construção de pontes, vias expressas e aterros em áreas de várzea, formaram-se barreiras físicas que dificultam a movimentação dos tubarões entre as zonas costeiras e os rios, comprometendo o ciclo reprodutivo e a dispersão dos mesmos (AJEMIAN et al., 2022). Em algumas áreas, como o estuário do rio Jaboatão, a impermeabilização das margens e o despejo contínuo de resíduos orgânicos criaram condições hostis, afastando a espécie desses berçários.

Por fim, é importante destacar que o processo de urbanização em Recife e no seu entorno ocorre sobre uma base geográfica particularmente sensível, visto que a topografia plana, os manguezais e os estuários rasos tornam a região vulnerável tanto a inundações quanto à intrusão salina. Com relação a isso, o Plano de Contingência 2024 Ação Inverno já classificava mais de 50% da faixa costeira da RMR como de vulnerabilidade alta à erosão e à perda de qualidade ambiental. Dessa forma, os fatores apresentados, juntamente com o avanço da urbanização, podem reduzir a capacidade de resiliência do ecossistema e aumentar o risco de colapso das funções ecológicas que sustentam populações de predadores de topo como *Carcharhinus leucas*.

4.2 POLUIÇÃO E QUALIDADE AMBIENTAL DOS ESTUÁRIOS

A Região Metropolitana do Recife (RMR) concentra alguns dos ambientes estuarinos mais impactados do litoral brasileiro, resultado de décadas de ocupação desordenada e deficiência em saneamento básico. Esses ecossistemas, fundamentais para a manutenção das cadeias tróficas costeiras e berçários de espécies marinhas, vêm sofrendo com a crescente poluição orgânica, química e sólida, cujos efeitos se estendem diretamente sobre as populações de *Carcharhinus leucas*. Por serem organismos de topo da cadeia e apresentarem hábitos estuarinos durante suas fases juvenis, os tubarões-cabeça-chata estão especialmente vulneráveis à bioacumulação de contaminantes e à degradação da qualidade da água (HEUPEL; SIMPFENDORFER, 2008; EDWARDS et al., 2023).

Como citado anteriormente, o lançamento de esgoto doméstico sem tratamento continua sendo uma das principais fontes de poluição hídrica nos rios Capibaribe, Tejipió, Jaboatão e Ipojuca. De acordo com relatórios recentes da COMPESA e BRK Ambiental (2024), somente cerca de 75% do esgoto gerado em Recife é coletado, e deste, pouco mais de

70% recebe um tratamento adequado. Isso significa que até 14 milhões de m³ de efluentes podem estar sendo despejados anualmente em cursos d'água da região, alterando os níveis de oxigênio dissolvido e a salinidade das áreas estuarinas, e tais condições interferem na capacidade de *C. leucas* de utilizar esses locais como centro de reprodução, uma vez que juvenis dependem de águas com estabilidade físico-química para seu desenvolvimento e sobrevivência (WERRY et al., 2011).

Segundo dados do Informativo de Balneabilidade da Agência Estadual do Meio Ambiente (CPRH) (2025), praias como Boa Viagem, Pina, Candeias e Suape permaneceram impróprias para banho em mais de 70% das coletas realizadas entre janeiro e setembro de 2025, com valores de coliformes termotolerantes superiores a 1.000 NMP/100mL, indicadores que refletem a contaminação crônica das águas costeiras por esgoto doméstico e resíduos urbanos. Ademais, estudos mais antigos porém ainda reconhecidos, como o de Souza (2004), já apontavam o mesmo problema duas décadas atrás, demonstrando que a falta de infraestrutura sanitária é um fator persistente que afeta a saúde dos ecossistemas marinhos e, conseqüentemente, das espécies que deles necessitam.

O trabalho de Gunkel et al. (2007) evidenciou que a poluição industrial é uma variável determinante na deterioração ambiental dos estuários da RMR, através da identificação de altas concentrações de compostos nitrogenados e fósforo no rio Ipojuca, provenientes do setor sucroalcooleiro. Esses nutrientes em excesso promovem a eutrofização, processo em que o aumento de matéria orgânica leva à proliferação de algas e cianobactérias, e essa alteração compromete diretamente a fotossíntese aquática, pois reduz o oxigênio dissolvido e pode gerar floração de microalgas tóxicas. Além disso, outro estudo realizado por Edwards et al. (2023) detectou nove tipos de ficotoxinas presentes em 82% dos tubarões-cabeça-chata juvenis coletados em ambientes estuarinos contaminados, incluindo a microcistina, responsável por inibir enzimas essenciais (fosfatases) que regulam a divisão e o crescimento celular e levam à necrose hepática, e também o ácido domóico, que causa uma excitação excessiva nos neurônios (excitotoxicidade), resultando em danos neurológicos, confirmando que *C. leucas* atua como espécie-sentinelas de contaminação em zonas costeiras tropicais.

No entanto, além da poluição orgânica e eutrofização, há ainda o acúmulo de metais pesados nos sedimentos e na biota estuarina. Sabe-se que Costa et al. (1998) já havia

identificado a presença de chumbo, mercúrio e cádmio nos aquíferos e sedimentos da RMR, especialmente em áreas próximas aos complexos industriais de Suape e Jaboatão. Posteriormente, Oliveira et al. (2021) e Lira (2023) demonstraram que a contaminação metálica ainda persistia e estava associada tanto à redução da biodiversidade local quanto à presença de deformidades em organismos bentônicos e em espécies de elasmobrânquios, já que esses metais podem ser responsáveis por alterações hormonais, infertilidade e comprometimento do sistema imunológico, fatores que afetam diretamente a manutenção das populações.

Outra ameaça crítica da região é a poluição sólida, pois a quantidade de resíduos plásticos que chega ao litoral pernambucano vem crescendo anualmente, alimentada pelo manejo inadequado de resíduos urbanos, e até então não foram elaboradas estratégias que visem impedir a alavancagem desse índice. Silva-Cavalcanti et al. (2016) registraram densidades médias de 2.000 itens/m² de microplásticos nas praias de Boa Viagem e Pina, Silva et al. (2023) e Félix et al. (2025) atualizaram esses valores, mostrando que tampas plásticas e fragmentos rígidos compõem mais de 40% dos resíduos encontrados em 2022–2023. Esses materiais, além de apresentarem um processo lento de decomposição, fragmentam-se em partículas microscópicas e são facilmente ingeridos por peixes e crustáceos, que fazem parte da cadeia alimentar de *C. leucas*, colaborando com a bioacumulação ao longo da cadeia trófica.

A interação entre diferentes formas de poluição tem resultado em uma degradação multifatorial dos estuários da RMR, comprometendo progressivamente sua integridade ecológica. De acordo com Ferreira et al. (2025), há uma correlação direta entre o aumento das cargas poluentes e a redução de indicadores biológicos essenciais, como a diversidade ictiofaunística e a densidade de invertebrados bentônicos. Nesse contexto, os tubarões-cabeça-chata podem sofrer os efeitos dessas alterações por meio da diminuição de suas presas, da modificação das rotas migratórias e da maior exposição a ambientes contaminados, agravada pela presença crescente de substâncias químicas emergentes — incluindo drogas ilícitas e hormônios detectados em águas costeiras ao redor do país — que podem comprometer seus padrões de alimentação e orientação (HAUSER-DAVIS et al., 2024; FIOCRUZ, 2024).

Os impactos da poluição estuarina sobre *C. leucas* não se limitam aos efeitos fisiológicos, visto que há também implicações comportamentais e ecológicas mais amplas. Nessa perspectiva, ambientes poluídos tendem a apresentar menor complexidade estrutural e menor disponibilidade de refúgios, tornando os indivíduos mais suscetíveis à predação e reduzindo as taxas de sobrevivência (WERRY et al., 2011), além da baixa transparência da água e do aumento da turbidez, que podem interferir na percepção sensorial desses animais que são dependentes de estímulos visuais e elétricos para detectar presas e predadores. Portanto, a poluição que atinge os estuários da RMR atua de forma sinérgica e cumulativa, alterando a base trófica, o comportamento e a fisiologia do tubarão-cabeça-chata, isto é, esses ambientes degradados, que antes funcionavam como zonas de crescimento e abrigo, vêm se transformando em áreas de extremo risco ecológico.

4.3 DEGRADAÇÃO E PERDA DE HABITATS CRÍTICOS

A degradação dos habitats costeiros e estuarinos da Região Metropolitana do Recife representa um dos maiores desafios para a manutenção da biodiversidade marinha local. Esses ambientes, compostos por manguezais, recifes de arenito, planícies de maré e estuários, desempenham funções ecológicas essenciais, como filtragem natural da água, abrigo e berçário de espécies que com o avanço da urbanização, a conversão de áreas naturais em zonas industriais e a construção de estruturas portuárias têm comprometido diretamente a dinâmica populacional de espécies como o tubarão-cabeça-chata (*Carcharhinus leucas*). Isso porque essa espécie, que depende altamente de habitats estuarinos durante as fases de desenvolvimento iniciais de vida, encontra na RMR condições cada vez mais desfavoráveis para sua reprodução e desenvolvimento (HEUPEL; SIMPFENDORFER, 2008; WERRY et al., 2011).

Os estuários da RMR, historicamente reconhecidos como zonas de alta produtividade biológica, vêm sendo progressivamente degradados por ações humanas. A destruição de manguezais, substituídos por áreas urbanas e de superdesenvolvimento econômico, reduziu drasticamente a disponibilidade de áreas de abrigo e alimentação para os juvenis de *C. leucas*, e segundo Oliveira et al. (2021), mais de 60% dos manguezais originais nas proximidades do Complexo Industrial-Portuário de Suape foram modificados ou substituídos por estruturas artificiais nas últimas quatro décadas. Essa alteração física não apenas pode diminuir o espaço disponível para o recrutamento da espécie, como também compromete o equilíbrio trófico local, afetando a interação ecológica com outras espécies.

O conceito de área de berçário é fundamental para compreender a importância dos estuários e zonas de mangue para a sobrevivência de *C. leucas*. De acordo com Heupel, Carlson e Simpfendorfer (2007), um berçário é caracterizado por apresentar alta densidade de indivíduos jovens, permanência prolongada e retorno recorrente dos mesmos indivíduos ou gerações subsequentes. No caso da RMR, rios como o Jaboatão, o Ipojuca e o Capibaribe atendiam a esses critérios, oferecendo águas calmas, rasas e ricas em nutrientes, mas a deterioração da qualidade da água e o assoreamento dos canais têm levado à perda funcional desses ambientes como berçários. Ademais, determinada condição é agravada por obras de dragagem e pela impermeabilização das margens, que alteram a morfodinâmica natural e eliminam áreas rasas, que são fundamentais para o refúgio dos neonatos contra predadores.

As alterações hidrodinâmicas provocadas pela construção e ampliação do Porto de Suape foram um marco na degradação ambiental dos estuários da RMR. Estudos de Oliveira et al., (2021) e Diniz et al. (2020) demonstram que as intervenções realizadas nos rios Ipojuca, Massangana e Merepe alteraram a circulação das marés e o regime de sedimentação, reduzindo a renovação da água e aumentando a retenção de poluentes. O represamento desses sistemas fluviais ocasionou mudanças na salinidade, interferindo diretamente na distribuição de *C. leucas* e afetando seu crescimento e sobrevivência, bem como a perda da transição gradativa entre água doce e salgada, que expõe os juvenis a condições fisiologicamente estressantes (PILLANS et al., 2005).

Outro aspecto relevante é o assoreamento dos estuários e recifes costeiros, agravado pelo desmatamento e pelo despejo de sedimentos. A remoção da vegetação ciliar e o despejo de resíduos sólidos favorecem o acúmulo de sedimentos finos, reduzindo a profundidade e a oxigenação da água. Dessa forma, essa modificação física diminui a complexidade do habitat e a diversidade de microambientes disponíveis, o que prejudica diretamente a reprodução de espécies de menor porte que compõem a dieta dos *C. leucas* (SNELSON; MULLIGAN; WILLIAMS, 1984).

As transformações nos recifes de arenito também merecem destaque por serem formações naturais que funcionam como barreiras contra a erosão costeira e áreas de alimentação para várias espécies de peixes. No entanto, estudos como o de Tomaz, (2022) e Rollnic e Medeiros (2006) revelaram que os recifes localizados em Boa Viagem, Piedade e

Candeias vêm sendo afetados pela deposição de sedimentos e pela contaminação orgânica. Por causa disso, a degradação desses recifes provoca o deslocamento de espécies de presas, reduzindo a disponibilidade alimentar para o tubarão-cabeça-chata e alterando sua distribuição espacial. Esse desequilíbrio contribui para o aumento de registros de indivíduos em áreas urbanas e rasas, onde os recursos alimentares artificiais, como descartes de pescado, podem ser mais abundantes.

O impacto da degradação de habitat também se manifesta em escala comportamental. Rider et al. (2021) observaram que os *C. leucas* comumente demonstram um comportamento de filopatria, isto é, retorno recorrente às mesmas áreas para se reproduzir ou alimentar, o que significa que a destruição de uma área conhecida pela espécie pode representar a perda de uma porção significativa da população local. Quando o habitat de um grupo é degradado, os indivíduos tendem a se concentrar em áreas remanescentes de melhor qualidade, aumentando a competição intraespecífica e a pressão sobre os recursos disponíveis, além de elevar a vulnerabilidade dos juvenis a predadores e também à captura acidental por pescadores.

Ainda assim, o processo de degradação também tem implicações fisiológicas. A exposição prolongada a ambientes contaminados, combinada à escassez de alimento e à falta de refúgios, pode gerar estresse metabólico e alterar parâmetros hormonais, reduzindo a taxa de crescimento e comprometendo a reprodução (GALLAGHER; HAMMERSCHLAG, 2020). Esses efeitos, embora muitas vezes subletais, acumulam-se ao longo do tempo e acabam culminando num declínio populacional, que pode ser observado em áreas costeiras fortemente antropizadas, ou seja, a perda de habitat não se limita à dimensão espacial, mas também se estende ao comprometimento funcional e biológico das populações.

De forma geral, pode-se observar que os estuários e recifes da RMR encontram-se em um estado avançado de degradação, com perda de conectividade, redução de complexidade e acúmulo de contaminantes. Esses fatores combinados têm diminuído drasticamente a capacidade desses ecossistemas de sustentar populações de tubarão-cabeça-chata e de outras espécies marinhas de importância ecológica. Apesar disso, a restauração dessas áreas, por meio de reflorestamento de manguezais, desassoreamento controlado e gestão integrada das zonas costeiras, é imprescindível para reverter a tendência de colapso funcional desses habitats. E o tubarão-cabeça-chata, por sua alta sensibilidade a alterações ambientais e

posição no topo da cadeia alimentar, representa um bom indicador das consequências da perda de integridade ecológica na região.

4.4 PESCA ACIDENTAL E INTERAÇÕES COM HUMANOS

A pesca é uma das atividades humanas que mais impactam as populações de elasmobrânquios em todo o mundo, e a Região Metropolitana do Recife (RMR) não é exceção. Apesar de o tubarão-cabeça-chata (*Carcharhinus leucas*) não ser um alvo comercial primário, a captura acidental dessa espécie em artes de pesca voltadas a outros peixes é um problema crescente. A presença constante de redes de emalhe, espinhéis e linhas de fundo nas áreas costeiras e estuarinas pernambucanas resulta em uma taxa significativa de *bycatch* - captura não intencional de espécies marinhas que não são o alvo da pesca comercial - que afeta especialmente juvenis e fêmeas gestantes (AFONSO et al., 2011). Por serem predadores de topo com crescimento lento, maturação tardia e baixa fecundidade, os tubarões-cabeça-chata possuem uma recuperação populacional extremamente limitada, o que torna qualquer aumento de mortalidade acidental um risco real de declínio local da espécie (BARCELLOS et al. 2025).

Estudos recentes realizados no litoral nordestino indicam que a pesca artesanal é responsável por boa parte das capturas acidentais de elasmobrânquios. Segundo Afonso et al. (2011), a utilização de espinhéis pelágicos e redes de espera em áreas próximas a desembocaduras de rios e portos favorece a captura de *C. leucas*, que utilizam esses ambientes como zonas de alimentação e desenvolvimento da fase inicial da vida. Então, a captura acidental, quando associada ao uso de anzóis inadequados, aumenta ainda mais a mortalidade pós-liberação. Experimentos conduzidos por Cooke e Suski (2004) e replicados por Afonso et al. (2011) demonstraram que o uso de anzóis circulares reduz a perfuração interna e o dano nos órgãos vitais, diminuindo a mortalidade em até 35% em comparação aos anzóis do tipo “J”, porém a adoção desse tipo de equipamento ainda é limitada nas comunidades pesqueiras da RMR, que optam por utilizar materiais de baixo custo e técnicas tradicionais.

Além da mortalidade direta, a redução das presas disponíveis por sobrepesca também afeta indiretamente a população de tubarões-cabeça-chata. Com o esgotamento dos estoques de peixes demersais e estuarinos, resultado da exploração intensiva, os tubarões são obrigados a modificar seus padrões alimentares e migratórios. Segundo Ferretti et al. (2010) e

Myers et al. (2007), o declínio de tubarões em diferentes ecossistemas costeiros está relacionado a efeitos tróficos em cascata, que desestabilizam o equilíbrio das cadeias alimentares, e no caso da RMR, a diminuição das presas naturais, associada à poluição e à urbanização, tem forçado *C. leucas* a explorar novos ambientes urbanos e portuários, onde o descarte de resíduos orgânicos se torna a única fonte alternativa de alimento.

Essa mudança de comportamento alimentar está associada a um fenômeno de atração antropogênica, em que tubarões são atraídos por estímulos químicos gerados por efluentes ou restos orgânicos. O estudo de Hazin, Burgess e Carvalho (2008) analisou o aumento dos registros de tubarões nas praias urbanas de Recife e relacionou esse fenômeno tanto ao descarte de resíduos provenientes das atividades do Porto de Suape quanto ao escoamento de matéria orgânica dos rios contaminados. Nesse contexto, os autores destacam que a construção de canais e a dragagem portuária redirecionaram o fluxo de nutrientes e resíduos para o litoral, criando áreas de alta atratividade para tubarões, e tal aproximação entre *C. leucas* e as zonas urbanas acabou por aumentar o risco de interações negativas com humanos, especialmente em praias de grande uso recreativo, como são as de Boa Viagem e Piedade.

A sobreposição entre áreas de uso humano e zonas de ocorrência de *C. leucas* tornou-se um problema socioambiental recorrente. O histórico de incidentes entre banhistas e tubarões em Recife, especialmente entre as décadas de 1990 e 2010, foi amplamente documentado por Hazin, Burgess e Carvalho (2008), que identificaram 47 ataques confirmados no período, dos quais cerca de 60% ocorreram nas imediações da praia de Boa Viagem. Esses eventos estão associados não apenas à presença acidental de tubarões, mas à mudanças ecológicas mais amplas, visto que devido à alteração da hidrodinâmica costeira, os tubarões passaram a circular em áreas antes pouco frequentadas. Isso reforça que os incidentes não podem ser interpretados como um aumento da agressividade da espécie, mas sim como reflexo da degradação ambiental e do deslocamento forçado de indivíduos em busca de alimento.

A pesca industrial também contribui para o impacto cumulativo sobre a espécie. A expansão de frotas que operam nas plataformas continentais de Pernambuco e Alagoas resulta na captura de tubarões de grande porte, inclusive adultos reprodutivos, em “long lines” e arrastos de fundo (NIELLA; AFONSO; HAZIN, 2017), capturas estas que reduzem o número de fêmeas maduras e comprometem o recrutamento de juvenis nas áreas costeiras. Por causa

da característica de filopatria reprodutiva dos *C. leucas* (RIDER et al., 2021), a remoção de fêmeas gestantes dessas populações locais pode ter efeitos em longo prazo, reduzindo a variabilidade genética e a reprodução na região.

É importante ressaltar que o aumento das interações entre tubarões e humanos na RMR não é uma consequência exclusiva da adaptação da espécie, mas também da intensificação do uso humano do litoral. O crescimento da atividade recreativa, esportiva e náutica em áreas antes pouco ocupadas aumentou a exposição das pessoas a ambientes onde *C. leucas* naturalmente circula, e essa aproximação é, portanto, bilateral: enquanto as pressões antrópicas empurram os tubarões em direção à costa, o avanço humano sobre o ambiente marinho amplia as chances de contato. A coexistência pacífica entre humanos e tubarões depende, assim, de estratégias de gestão costeira e educação ambiental que planejem o descarte correto de resíduos e controlem o uso de áreas críticas durante períodos de maior presença da espécie.

Sob essa perspectiva, medidas de mitigação têm sido discutidas em diferentes escalas. A implementação de modificações nos equipamentos de pesca, como a introdução de anzóis circulares, redes seletivas e dispositivos de liberação rápida, é uma das alternativas eficazes para reduzir a mortalidade de *C. leucas* (COOKE; SUSKI, 2004; AFONSO et al., 2011). Além disso, o monitoramento contínuo das capturas e a criação de zonas de exclusão pesqueira em estuários de importância ecológica também são medidas fundamentais para conservar as populações locais, e no contexto da RMR, a gestão integrada entre pesca, urbanização e conservação se torna um caminho urgente e viável para garantir a sobrevivência dessa espécie-chave nos ecossistemas costeiros.

4.5 POLUIÇÃO SONORA, LUMINOSA E ESTRESSORES AMBIENTAIS EMERGENTES

Entre os impactos antrópicos menos visíveis, mas de crescente relevância ecológica, podem ser citadas a poluição sonora e luminosa e os estressores ambientais emergentes, como contaminantes químicos e farmacológicos. Esses fatores vêm alterando de forma silenciosa, porém contínua, os padrões de comportamento e a fisiologia de espécies costeiras. No caso do tubarão-cabeça-chata (*Carcharhinus leucas*), predador sensorialmente delicado, essas interferências podem provocar efeitos diretos sobre a capacidade de navegação, predação e

reprodução, comprometendo sua função ecológica nos estuários da Região Metropolitana do Recife (DUARTE et al., 2021; DAVIES; SMYTH, 2018).

Além da contaminação química e física, a expansão urbano-industrial na costa de Pernambuco introduziu estressores sensoriais crônicos no habitat do *Carcharhinus leucas*, especificamente as poluições luminosa e sonora. No que tange à iluminação artificial noturna, Carroll e Harvey-Carroll (2023) alertam que o excesso de luz em áreas costeiras interfere diretamente na fisiologia de elasmobrânquios, desregulando ritmos circadianos metabólicos e alterando a eficiência de forrageio em predadores visualmente orientados. Simultaneamente, o ambiente acústico subaquático, historicamente negligenciado, apresenta riscos comportamentais severos devido ao tráfego naval intenso em Suape e Recife. Superando as análises puramente mecânicas de décadas passadas, Chapuis et al. (2019) demonstraram biologicamente que ruídos antropogênicos artificiais provocam respostas imediatas em tubarões costeiros, resultando na redução da atividade inquisitiva e no deslocamento espacial forçado para evitar as fontes de ruído. Além da contaminação química e física, a expansão urbano-industrial na costa de Pernambuco introduziu estressores sensoriais crônicos no habitat do *Carcharhinus leucas*, especificamente às poluição luminosa e sonora. No que tange à iluminação artificial noturna (ALAN), Carroll e Harvey-Carroll (2023) alertam que o excesso de luz em áreas costeiras interfere diretamente na fisiologia de elasmobrânquios, desregulando ritmos circadianos metabólicos e alterando a eficiência de forrageio em predadores visualmente orientados. Simultaneamente, o ambiente acústico subaquático, historicamente negligenciado, apresenta riscos comportamentais severos devido ao tráfego naval intenso em Suape e Recife. Superando as análises puramente mecânicas de décadas passadas, Chapuis et al. (2019) demonstraram biologicamente que ruídos antropogênicos artificiais provocam respostas imediatas em tubarões costeiros, resultando na redução da atividade inquisitiva e no deslocamento espacial forçado para evitar as fontes de ruído.

A poluição sonora submarina, resultante do tráfego marítimo intenso, dragagens portuárias e embarcações de pesca, tornou-se um dos agentes centrais de perturbação ambiental nos ecossistemas costeiros pernambucanos. O Porto de Suape e a zona portuária do Recife, ao operarem continuamente, emitem sons de frequência entre 50 e 500 Hz, faixa de sensibilidade auditiva de diversos elasmobrânquios (DUARTE et al., 2021). Com isso, os ruídos interferem na orientação espacial e na comunicação vibracional de tubarões, afetando

sua habilidade de detectar campos elétricos e sons de baixa intensidade gerados por presas e correntes.(KALMIJN.,1988).

De acordo com estudos laboratoriais e de campo, níveis de ruído superiores a 140 dB e 1 μ Pa provocam respostas de fuga e desorientação em tubarões juvenis (DUARTE et al., 2021). Assim, considerando que os estuários da RMR funcionam como abrigo no início da vida para *C. leucas*, a exposição constante a ruídos dessa magnitude pode gerar um quadro crônico de estresse acústico e evasão de áreas antes utilizadas para reprodução e alimentação.

Ademais, as consequências da exposição ao ruído são amplas e incluem tanto alterações comportamentais quanto respostas fisiológicas. O estudo de Gallagher e Hammerschlag (2020) analisou as respostas ao estresse em diferentes espécies de elasmobrânquios submetidas a condições de captura e ruído e observou aumento significativo dos níveis plasmáticos de cortisol e glicose, além de reflexos motores reduzidos e menor taxa de sobrevivência pós-exposição. Embora esses efeitos tenham sido registrados em contextos de captura, o mesmo mecanismo de estresse pode ser desencadeado por ruídos contínuos de alta intensidade, e *C. leucas*, que fazem uso recorrente dos mesmos habitats, o estresse sonoro prolongado pode interferir em funções metabólicas críticas (RIDER et al., 2021).

Outro fator crescente de impacto é a poluição luminosa nas zonas costeiras urbanizadas, pois a iluminação artificial intensa de áreas como Boa Viagem, Pina e Candeias modifica o regime natural de luz e sombra nos estuários e praias adjacentes. De acordo com Davies e Smyth (2018), a luz artificial altera o comportamento de alimentação e a fotossensibilidade de organismos marinhos, atrapalhando espécies predadoras que dependem de estímulos luminosos e elétricos para caçar. Em Recife, a iluminação pública voltada diretamente para o mar, somada à luz das embarcações, cria zonas de brilho constante, eliminando o ciclo natural de escuridão que regula o ritmo circadiano de várias espécies, e isso afeta diretamente o comportamento dos tubarões, que apresentam maior atividade noturna nos estuários e recifes costeiros.

Os estressores emergentes como compostos químicos e farmacológicos detectados recentemente nas águas costeiras, representam uma nova fronteira de preocupação ambiental. Pesquisas recentes da Fiocruz (2024) identificaram traços de cocaína e outros fármacos psicoativos em tecidos de tubarões capturados na costa brasileira, indicando a contaminação

da fauna marinha por substâncias ilícitas e medicamentos excretados pelo esgoto urbano. Complementarmente, Hauser-Davis et al. (2024) registraram a presença desses contaminantes em amostras de água marinha e estuarina, inclusive em áreas próximas à RMR, e essas substâncias, mesmo em baixas concentrações, atuam sobre o sistema nervoso central dos organismos, e em predadores como *C. leucas*, o que pode desregular comportamentos de caça e afetar processos de reprodução e navegação magnética.

Além disso, o acúmulo simultâneo de poluentes sonoros, luminosos e químicos potencializa os efeitos de estresse sobre os organismos. Estudos de Heupel e Simpfendorfer (2008) e Rider et al. (2021) mostram que o *C. leucas* tende a evitar habitats sujeitos a perturbações constantes, migrando para áreas de menor interferência humana. No entanto, na RMR, a fragmentação de habitats e o avanço urbano limitam essa mobilidade, forçando a permanência da espécie em ambientes degradados, e o confinamento em zonas de alta interferência compromete a reprodução e o crescimento da espécie, além de aumentar a probabilidade de encontros com humanos, especialmente durante períodos de alimentação noturna, quando a iluminação costeira artificial se intensifica.

O impacto cumulativo desses estressores revela uma nova dimensão dos efeitos antrópicos que podem ocorrer sobre a ecologia do tubarão-cabeça-chata. Embora menos visíveis que a poluição orgânica ou a sobrepesca, as perturbações sensoriais como as sonoras e as luminosas, exercem influência direta sobre o comportamento, metabolismo e a distribuição espacial da espécie. A continuidade desses estímulos pode alterar permanentemente as rotas migratórias de *C. leucas*, provocando desequilíbrios ecológicos em cadeia.

4.6 EFEITOS CLIMÁTICOS E VARIABILIDADE AMBIENTAL

As alterações climáticas globais impõem pressões antagônicas sobre a ecologia de *Carcharhinus leucas* na costa de Pernambuco, redefinindo a utilização do habitat pela espécie. Do ponto de vista térmico, o aquecimento oceânico tende a expandir as áreas de ocorrência favoráveis, Mullins et al. (2024) demonstraram que a elevação da temperatura da superfície do mar aumenta significativamente a adequabilidade de habitats costeiros para juvenis, um padrão de expansão de nicho também corroborado por Bangley et al. (2018) em estuários de clima temperado-quente.

Pinto (2023) alerta que a vulnerabilidade da linha de costa à subida do nível do mar e a eventos extremos de erosão compromete a estabilidade geomorfológica dos estuários, reduzindo a disponibilidade de áreas de refúgio. Este cenário é agravado pela pressão antrópica local, conforme analisado por Oliveira et al. (2023) e Santos et al. (2020), que identificam a urbanização desordenada e o uso intenso do solo como vetores que aceleram a perda de habitat e a descaracterização ambiental. Conseqüentemente, a espécie enfrenta um paradoxo ecológico na região: embora os parâmetros térmicos se tornem fisiologicamente mais atrativos, a infraestrutura natural dos berçários, essencial para a proteção e desenvolvimento dos neonatos, encontra-se em franco declínio físico e funcional. Ainda que ocorra, a elevação da temperatura média da água, o aumento do nível do mar e a intensificação de eventos meteorológicos extremos têm modificado os padrões ecológicos e fisiológicos de diversas espécies marinhas. Com relação ao *Carcharhinus leucas*, espécie eurialina que transita entre ambientes marinhos, estuarinos e dulcícolas, essas transformações acabam se tornando um desafio adaptativo de grandes proporções (BANGLEY et al., 2018).

A elevação da temperatura da superfície do mar (TSM) e o aquecimento das águas costeiras de Pernambuco são fenômenos já documentados por diversas séries históricas de monitoramento. Nesse cenário, dados do Painel de Monitoramento Climático de Pernambuco (2024) apontam um aumento médio de 0,9°C nas TSMs da faixa litorânea entre 2000 e 2023, acompanhado de maior frequência de ressacas e aumento do nível médio do mar em aproximadamente 3,4 mm/ano. Essas mudanças, então, podem afetar diretamente a fisiologia de *C. leucas*, uma vez que o metabolismo dos elasmobrânquios é termo dependente, e de acordo com Pimentel et al. (2021), o aumento da temperatura eleva o consumo de oxigênio e a demanda metabólica da espécie, forçando a migração para áreas de temperatura mais estável.

Os efeitos climáticos também se manifestam através da alteração do regime de chuvas e da variabilidade hidrológica dos rios Capibaribe, Tejipió e Ipojuca, principais influenciadores da salinidade estuarina da RMR. De acordo com dados do relatório de Ferreira et al. (2025), as precipitações anuais vêm se concentrando em períodos mais curtos e intensos, com aumento de eventos acima de 100 mm em 24 horas, e o problema se dá a partir dessas chuvas torrenciais que provocam descargas súbitas de sedimentos e matéria orgânica para os estuários, alterando a turbidez e reduzindo temporariamente a salinidade. Segundo Bangley et al. (2018), as chuvas intensas, seguidas de redução salina, podem favorecer o

ingresso de *C. leucas* em águas costeiras, já que a espécie aproveita disso para caçar e se proteger de predadores.

A elevação do nível do mar e a intensificação das ressacas oceânicas constituem outra ameaça direta à integridade dos estuários e recifes de arenito da RMR. Conforme o relatório Água Sustentável (2023), aproximadamente 49% das áreas costeiras de Recife apresentam vulnerabilidade moderada e 13% alta à erosão e à intrusão salina. Contudo, esse avanço do mar sobre os estuários provoca a salinização dos lençóis freáticos e altera a estrutura trófica das comunidades aquáticas.

Por causa desses fatores, espécies de água doce que coexistem com juvenis de *C. leucas* tornam-se menos abundantes, reduzindo a oferta alimentar e conseqüentemente, a taxa de recrutamento da espécie. Adicionalmente, a perda de manguezais, que constituem a primeira linha de defesa natural contra a erosão, agrava mais o problema, diminuindo a proteção dos habitats costeiros e acelerando ainda mais a perda de refúgios naturais utilizados pelos tubarões jovens (OLIVEIRA et al., 2021).

Os impactos das mudanças climáticas sobre a espécie de tubarões-cabeça-chata também têm efeitos fisiológicos e comportamentais diretamente ligados à exposição a temperaturas elevadas e variações abruptas de salinidade. Estudos de Eissa et al. (2009) e Gallagher e Hammerschlag (2020), verificaram que o estresse térmico e salino podem causar distúrbios metabólicos e imunológicos em elasmobrânquios, comprometendo a eficiência respiratória e a regeneração tecidual. Em juvenis de *C. leucas*, essas condições resultam em uma maior susceptibilidade a doenças e menor taxa de crescimento, além do aumento da temperatura da água também interferir nos ciclos hormonais, podendo antecipar períodos reprodutivos e alterar a proporção sexual das crias, fenômeno já relatado em outras espécies de tubarões costeiros (HEUPEL; SIMPFENDORFER, 2008).

Outro reflexo das mudanças climáticas é o deslocamento geográfico das populações. À medida que as águas tropicais se tornam mais quentes, há registros de expansão do alcance de *C. leucas* para latitudes mais elevadas, em busca de condições ambientais mais estáveis (BANGLEY et al., 2018). Embora essa capacidade adaptativa demonstre certa resiliência, também implica na perda de indivíduos das populações locais e em um desequilíbrio nas relações ecológicas regionais, e no caso da RMR, essa migração pode reduzir o número de

tubarões residentes e comprometer a função da espécie como predador regulador nas cadeias tróficas costeiras.

A intensificação dos fenômenos climáticos é uma problemática que prejudica gravemente regiões já pressionadas pela urbanização e poluição. As enchentes de 2022 e 2023 em Recife, documentadas pela Defesa Civil Municipal, exemplificam como o aumento das chuvas e a deficiência de drenagem urbana ampliam o transporte de poluentes para os estuários. Esse cenário cria uma sobreposição de impactos: enquanto o clima modifica a estrutura física e química dos ambientes, a atividade humana amplifica a carga de contaminantes, e conseqüentemente, as populações de *C. leucas* enfrentam não apenas o desafio de se adaptar a um ambiente em transformação, mas também o de sobreviver a condições que superam os limites fisiológicos da espécie.

Diante do exposto, as mudanças climáticas atuam como força multiplicadora dos impactos antrópicos na Região Metropolitana do Recife. A alteração dos padrões de temperatura, salinidade e nível do mar, juntamente com a poluição, causam a perda de habitat, comprometem a função ecológica e a persistência populacional do tubarão-cabeça-chata. Dessa maneira, faz-se essencial a recuperação de manguezais, o controle da erosão e o monitoramento climático contínuo, não apenas para proteger os ecossistemas, mas também para garantir a permanência de espécies-sentinelas, com *C. leucas*, nos estuários pernambucanos.

4.7 SÍNTESE GERAL E IMPLICAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO

A análise integrada dos dados apresentados evidencia que os impactos antrópicos sobre a população de *Carcharhinus leucas* na Região Metropolitana do Recife (RMR) são múltiplos, interconectados e cumulativos. A urbanização desordenada, o avanço industrial e a modificação de habitats estuarinos e recifais alteraram profundamente a estrutura ecológica da região. Com relação às pressões humanas, estas não apenas reduziram a disponibilidade de habitats cruciais como manguezais, recifes e canais de estuário, mas também comprometeram a qualidade ambiental necessária para o desenvolvimento e a reprodução da espécie. Em um cenário de mudanças climáticas e crescente poluição, o tubarão-cabeça-chata atua como um bioindicador sensível da degradação ambiental e da fragilidade dos ecossistemas costeiros pernambucanos.

Assim, os resultados demonstram que as principais ameaças à espécie estão associadas à combinação de três eixos de impacto, que são: i) a alteração física e hidrológica dos ambientes costeiros; ii) a poluição orgânica, química e sólida proveniente de fontes urbanas e industriais; iii) a pressão pesqueira direta e indireta, que inclui tanto a captura acidental quanto a redução das presas naturais.

Paralelamente, a descarga contínua de efluentes domésticos e industriais gera eutrofização, proliferação de cianobactérias e acúmulo de toxinas nos organismos aquáticos, como demonstrado por Edwards et al. (2023), que ascendem na cadeia alimentar e atingem os tubarões, afetando seu metabolismo e comportamento alimentar.

A degradação dos habitats estuarinos têm implicações diretas no ciclo de vida do tubarão-cabeça-chata. Na RMR, a deterioração desses ambientes compromete esse papel ecológico e reduz a taxa de recrutamento da espécie e, além disso, as modificações antropogênicas no regime de marés e a poluição sonora decorrente do tráfego portuário interferem na orientação e na navegação magnética dos tubarões (DUARTE et al., 2021). Esses efeitos sensoriais e fisiológicos contribuem para o deslocamento forçado de indivíduos em direção a áreas costeiras urbanizadas, onde os riscos de captura e interação com humanos podem ser maiores.

As mudanças climáticas também são agentes agravantes nesse conjunto de pressões. O aumento da temperatura e a variabilidade pluviométrica alteram os gradientes de salinidade e temperatura dos estuários por alguns fatores, forçando deslocamentos sazonais e afetando os padrões migratórios da espécie (BANGLEY et al., 2018; PIMENTEL et al., 2021), e então eventos climáticos extremos, como as enchentes, intensificam o aporte de poluentes e o transporte de sedimentos para o ambiente costeiro (FERREIRA et al., 2025). A conjunção de clima instável, poluição e degradação física gera um ciclo de retroalimentação negativa, em que cada fator amplifica o efeito do outro, conduzindo os ecossistemas da RMR a um estado de desequilíbrio permanente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho reuniu e analisou informações científicas acerca dos impactos antrópicos sobre *Carcharhinus leucas* na Região Metropolitana de Recife (RMR), evidenciando a complexidade das relações entre urbanização, poluição e conservação

marinha. A literatura demonstra que tubarões costeiros são especialmente vulneráveis a pressões humanas devido ao ciclo de vida lento, maturação tardia e forte dependência de habitats rasos e estuarinos (GARCIA; LUCIFORA; MYERS, 2008; HEUPEL; SIMPFENDORFER, 2008). Esses fatores tornam a espécie sensível a transformações ambientais rápidas e acumulativas, característica marcante da costa pernambucana nas últimas décadas.

Os estudos analisados indicam que os estuários da RMR, historicamente utilizados como áreas de crescimento e refúgio por juvenis, vêm sofrendo deterioração contínua em função do despejo de efluentes e do uso inadequado do solo (LIRA, 2023). A modificação da qualidade da água, com aumento de carga orgânica e contaminantes, interfere na capacidade desses ambientes em funcionarem como berçários, reduzindo a sobrevivência e o desenvolvimento dos tubarões jovens (GUNKEL et al., 2007; HEITHAUS et al., 2007).

A expansão portuária e as intervenções estruturais em Suape e no entorno da RMR provocaram alterações significativas na hidrodinâmica e dinâmica sedimentar, afetando a conectividade entre estuários e mar aberto (MEDEIROS; KJERFVE, 1993; OLIVEIRA et al., 2021). Essa fragmentação reduz a integridade dos corredores migratórios utilizados por *C. leucas* e influencia padrões de movimentação e fidelidade ao habitat observados em telemetria, reforçando o impacto indireto de obras costeiras sobre o comportamento e a distribuição da espécie (WERRY et al., 2011; RIDER et al., 2021).

A literatura também aponta que o lixo marinho e os resíduos plásticos vêm se tornando componentes persistentes na zona costeira da RMR, aumentando a degradação física e química de praias e estuários (DIAS FILHO et al., 2011; SILVA; ARAÚJO; SILVA-CAVALCANTI, 2023). Esses resíduos afetam diretamente a biota inferior da cadeia alimentar e indiretamente predadores de topo, que dependem do equilíbrio trófico para garantir disponibilidade de presas (MATICH; HEITHAUS; LAYMAN, 2010).

A combinação entre perda de habitat, alterações hidrodinâmicas, poluição e pesca acidental também se relaciona ao aumento de interações conflituosas entre humanos e tubarões nas praias urbanas da RMR, como observado ao longo dos anos (HAZIN; BURGESS; CARVALHO, 2008). A mudança no comportamento de *C. leucas*, que passa a

ocupar águas mais rasas e antropizadas, é influenciada pela deterioração de estuários e pelas novas rotas modificadas por intervenções costeiras (FERRETTI et al., 2010).

Os resultados reforçam ainda o papel ecológico do tubarão-cabeça-chata como espécie reguladora e indicadora do estado ambiental dos ecossistemas costeiros (HEITHAUS et al., 2007). Predadores de topo exercem controle sobre níveis tróficos inferiores, e seu declínio pode desencadear efeitos em cascata, alterando a estrutura e o funcionamento do ecossistema, logo, a presença ou ausência da espécie serve como métrica relevante para avaliar a integridade ecológica da costa pernambucana.(FERRETTI et al., 2010)

Com base na revisão realizada, fica evidente que os impactos antrópicos exercem influência direta e indireta sobre a ecologia, comportamento e distribuição de *C. leucas* na RMR. A convergência de poluição, modificação de habitats e pressão pesqueira conduz à redução de áreas essenciais e compromete a resiliência populacional da espécie (DULVY et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2021).

Diante desse panorama, as considerações apresentadas não pretendem esgotar o tema, mas destacar a urgência em promover ações integradas de gestão ambiental, maiores pesquisas somadas à conservação marinha. Medidas como melhorias no saneamento básico, controle de efluentes, monitoramento de berçários e políticas pesqueiras baseadas em evidências são essenciais para mitigar os efeitos observados, significando proteger também a qualidade ambiental e a saúde ecológica do litoral pernambucano (HEUPEL; SIMPFENDORFER, 2008; RIDER et al., 2021).

REFERÊNCIAS

AFONSO, A. S.; HAZIN, F. H. V.; PIMENTEL, C. R.; MELO, M. T. D. Fishing gear modifications to reduce elasmobranch mortality in pelagic longlines off northeast Brazil. *Fisheries Research*, v. 108, n. 1, p. 336–343, 2011.

ÁGUA SUSTENTÁVEL. Os efeitos da elevação do nível do mar nas praias de Recife. *Água Sustentável*, p. 1–8, 2023. Disponível em: <https://www.aguasustentavel.org.br/conteudo/blog/244-os-efeitos-da-elevacao-do-nivel-do-mar-nas-praias-de-recife>. Acesso em: 27 nov. 2025.

ALVES, A.; CASTRO, R.; MAGALHÃES, A.; SOARES, M. Identification of some skeletal deformities in freshwater teleosts raised in Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 74, n. 3, p. 1–8, 2012.

ALVES, Gaby Carvalho. A comunicação sobre os incidentes com tubarões em Pernambuco na mídia tradicional: uma análise das reportagens do portal de notícias G1 e do Jornal do Commercio entre 2013 e 2023. 2024. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão do Desenvolvimento Local Sustentável) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2024.

AMORIM, A. F.; AFRELLI, C. A.; FAGUNDES, L. Pelagic elasmobranchs caught by longliners of southern Brazil during 1974–97: an overview. *Marine and Freshwater Research*, v. 49, n. 7, p. 621–632, 1998.

ARVESON, P. T.; VENDITTIS, D. J. Radiated noise characteristics of a modern cargo ship. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 107, n. 1, p. 118–129, 2000.

BANGLEY, C. W. et al. Increased abundance and nursery habitat use of the bull shark (*Carcharhinus leucas*) in response to a changing environment. *Scientific Reports*, v. 8, n. 6013, p. 1–10, 2018.

BARCELLOS, Laís R.; SILVA, Thaísy E. F. da; LESSA, Rosângela P. T. Historical changes in conservation measurements on target, predictable bycatch and bycatch species caught by pelagic longline fisheries in Southwest Atlantic Ocean. *Marine Policy*, [s.l.], v. 173, p. 106567, 2025.

BATH, M.; HEITHAUS, M. R.; DILL, L. Effects of extreme temperature on the behavior and age structure of an estuarine top predator, *Carcharhinus leucas*. *Marine Ecology Progress Series*, v. 427, p. 145–158, 2012.

BIONDO, A. C.; MARQUES, D.; SANTOS, J. Post-consumer plastic packaging waste flow analysis for Brazil. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 24, n. 2, p. 502–515, 2022.

BRANSTETTER, S.; STILES, R. Age and growth estimates of the bull shark, *Carcharhinus leucas*, from the northern Gulf of Mexico. *Environmental Biology of Fishes*, v. 20, n. 3, p. 169–181, 1987.

BRONATOWSKI, H. et al. Shark scavenging and predation on cetaceans at Abrolhos Bank, eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 92, p. 1767–1772, 2012.

CARLSON, J. K. et al. Habitat use and movement patterns of bull sharks *Carcharhinus leucas* determined using pop-up satellite archival tags. *Journal of Fish Biology*, v. 77, n. 3, p. 661–675, 2010.

CARROLL, Daire; HARVEY-CARROLL, Jessica. The influence of light on elasmobranch behavior and physiology: a review. *Frontiers in Marine Science*, [s.l.], v. 10, p. 1225067, 2023.

CHAPUIS, Lucille *et al.* The effect of underwater sounds on shark behaviour: physical and behavioral responses. *Scientific Reports, Londres*, v. 9, p. 6924, 2019.

CLARK, E.; VON SCHMIDT, K. Sharks of the central Gulf coast of Florida. *Bulletin of Marine Science*, v. 15, n. 1, p. 13–83, 1965.

CLIFF, G.; DUDLEY, S. F. J. Sharks caught in the protective nets off Natal, South Africa. 4. The bull shark *Carcharhinus leucas*. *South African Journal of Marine Science*, v. 10, n. 1, p. 253–270, 1991.

CORDEIRO, Mayara Rodrigues. Análise dos resíduos sólidos na praia de Boa Viagem – Recife - PE. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2021.

COSTA, Vilma Pereira da. Identificação dos fatores que propiciam os acidentes com *Carcharhinus leucas* na praia de Boa Viagem em Recife PE. *Atas de Saúde Ambiental, São Paulo*, v. 3, n. 2, p. 138-143, 2015.

CPRH. Informativo da Balneabilidade das Praias de Pernambuco. p. 1–12, 2024.

DAVIS, J. M.; HEITHAUS, M. R.; ORTEGA, L. P. Evidence of partial migration in a large coastal predator: opportunistic foraging and reproduction as key drivers. *Marine Ecology Progress Series*, v. 548, p. 1–12, 2016.

DIAS FILHO, M. J.; ARAÚJO, M. C. B.; COSTA, M. F. Contaminação da praia de Boa Viagem (Pernambuco–Brasil) por lixo marinho: relação com o uso da praia. *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 44, n. 1, p. 33–39, 2011.

DINIZ, C.; FONTES, R.; LIMA, A.; SOUZA, T. A global review on ecotoxicological studies concerning metal and metalloid exposure in fish. *Environmental Research*, v. 211, p. 1–12, 2022.

EDWARDS, M. et al. Detection of numerous phycotoxins in young bull sharks (*Carcharhinus leucas*) collected from an estuary of national significance. *Science of the Total Environment*, v. 867, p. 165904, 2023.

EDWARDS, Michelle L. The Bull Shark (*Carcharhinus leucas*) as a sentinel species for harmful algal bloom toxins in the Indian River Lagoon, Florida. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Florida Atlantic University, Boca Raton, 2021.

ESPINOZA, M. et al. Habitat partitioning and seasonal movement of juvenile bull sharks (*Carcharhinus leucas*) in a tropical estuary. *Environmental Biology of Fishes*, v. 96, p. 1351–1363, 2013.

FAO. Identification of some skeletal deformities in freshwater fish. *FAO Fisheries Report*, v. 102, p. 1–20, 2009.

FÉLIX, Nathália Santos Cruz Cabral et al. Bioacumulação de microplásticos em esponjas marinhas do gênero *Tethya*: evidências de poluição plástica em praias do litoral de Pernambuco, Brasil. *Revista de Geopolítica*, [s.l.], v. 16, n. 5, p. e1057, 2025.

FERRETTI, F. et al. Patterns and ecosystem consequences of shark declines in the ocean. *Ecology Letters*, v. 13, p. 1055–1071, 2010.

FIOCRUZ. Pesquisa inédita da Fiocruz detecta contaminação por cocaína em tubarões. Agência Fiocruz de Notícias, 2024. Disponível em: <https://agencia.fiocruz.br/pesquisa-inedita-da-fiocruz-detecta-contaminacao-por-cocaina-em-tubaroes>. Acesso em: 24 fev. 2025.

FISHBASE. *Carcharhinus leucas* (Bull Shark). Disponível em: <https://www.fishbase.se/summary/SpeciesSummary.php?ID=873&AT=bull+shark>. Acesso em: 10 out. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). Sugar Cane Industry as a Source of Water Pollution – Case Study on the Situation in Ipojuca River, Pernambuco, Brazil. FAO Report, v. 180, p. 261–269, 2007.

FREITAS, D.; OLIVEIRA, L.; MELO, C. Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fish. *Environmental Pollution*, v. 289, p. 117918, 2021.

GALLAGHER, A. J.; HAMMERSCHLAG, N. Physiological stress response, reflex impairment, and post-release survival in elasmobranchs. *Fisheries Research*, v. 183, p. 329–336, 2016.

GARÇON, G.; SANTOS, A.; ARAÚJO, P.; LIMA, R. Impactos socioambientais causados pelos empreendimentos Suape. Relatório Técnico, Pernambuco, p. 1–42, 2019.

GARCIA, V. B.; LUCIFORA, L. O.; MYERS, R. A. The importance of habitat and life history to extinction risk in sharks, skates, rays and chimaeras. *Proceedings of the Royal Society B*, v. 275, p. 83–89, 2008.

GASTON, K. J.; BENNETT, V.; DAVIES, T.; HOPKINS, J. Why artificial light at night should be a focus for global change research in the 21st century. *Biological Conservation*, v. 195, p. 127–141, 2016.

GAUSMANN, Peter. Synopsis of global fresh and brackish water occurrences of the bull shark *Carcharhinus leucas* Valenciennes, 1839 (Pisces: Carcharhinidae), with comments on distribution and habitat use. *Integrative Systematics: Stuttgart Contributions to Natural History*, Stuttgart, v. 4, n. 1, p. 55-213, 2021.

Governo de Pernambuco. Relatório Anual Integrado – Grande Recife. p. 1–160, 2024.

IBABE, Aitor et al. Perspectives on the marine environment and biodiversity in recreational ports: the marina of Gijon as a case study. *Marine Pollution Bulletin*, [s.l.], v. 160, p. 111645, 2020.

JOHNSON, R.; PERRY, M.; CLARK, J. The second report of a sleeper shark. *Journal of Marine Biology*, v. 22, n. 1, p. 25–31, 1990.

KALMIJN, A. J. Hydrodynamic and acoustic field detection in elasmobranch fishes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, v. 341, p. 1–20, 1988.

KJERFVE, B.; MEDEIROS, C. S. Circulation of the coastal waters off Boa Viagem, Piedade and Candeias beaches, Pernambuco, Brazil. *Continental Shelf Research*, v. 13, n. 12, p. 1307–1319, 1993.

LAURRABAQUIO-ALVARADO, Nadia Sandoval et al. Mitochondrial DNA genome evidence for the existence of a third divergent lineage in the western Atlantic Ocean for the bull shark (*Carcharhinus leucas*). *Journal of Fish Biology*, [s.l.], v. 99, n. 1, p. 275–282, 2021.

LIMA, L. A.; SOUZA, F. R.; RIBEIRO, C. Longitudinal salt and sediment fluxes in a tropical estuary (Itamaracá, Brazil). *Journal of Coastal Research*, v. 26, n. 2, p. 213–222, 2010.

LIRA, M. L.; MEDEIROS, C.; ROLLNIC, M. Dinâmica costeira e erosão na Região Metropolitana do Recife. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 3, n. 1, p. 11–28, 2010.

LIRA, Marcelo Belmiro Gomes de. Distribuição de elementos químicos tóxicos As, Cd, Ni, Pb e Sb em superfícies de solos de parques e praças da Região Metropolitana do Recife (RMR) Pernambuco. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

MARQUES, J.; SANTOS, A.; ARAÚJO, F. Sustainable practices in Brazilian ports aligning with SDGs 9, 13 and 14. *Journal of Transport and Sustainable Development*, v. 7, n. 1, p. 45–61, 2022.

MATICH, P.; HEITHAUS, M. R.; LAYMAN, C. A. Contrasting patterns of individual specialization and trophic coupling in two marine apex predators. *Journal of Animal Ecology*, v. 79, p. 995–1004, 2010.

MEDEIROS, C.; KJERFVE, B. Circulation of coastal waters off Boa Viagem, Piedade and Candeias beaches, Pernambuco, Brazil. *Continental Shelf Research*, v. 13, n. 12, p. 1307–1319, 1993.

MULLINS, Lindsay et al. Warming waters lead to increased habitat suitability for juvenile bull sharks (*Carcharhinus leucas*). *Scientific Reports*, Londres, v. 14, n. 1, p. 4100, 2024.

MUSICK, J. A. Ecology and conservation of long-lived marine animals. In: MUSICK, J. A. (ed.). *Life in the slow lane: ecology and conservation of long-lived marine animals*. Bethesda: American Fisheries Society Symposium, v. 23, p. 1–10, 1999.

MYERS, R. A. et al. Cascading effects of the loss of apex predatory sharks from a coastal ocean. *Science*, v. 315, p. 1846–1850, 2007.

NASCIMENTO, Rayana Mendonça do; RODRIGUES, Ana Cláudia da Silva. “Ataques de tubarões”: relações multiespécie e gênero nas praias de Pernambuco-Brasil. *Revista Ñanduty*, Dourados, v. 9, n. 13, p. 254-271, 2021.

NIELLA, Y. V.; AFONSO, A. S.; HAZIN, F. H. V. Bioecology and movements of bull sharks (*Carcharhinus leucas*) caught in a long-term longline survey off northeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, v. 15, n. 4, p. 1–12, 2017.

NOAA. Identification of some skeletal deformities in freshwater teleosts. *NOAA Technical Report*, v. 102, p. 1–20, 2010.

NOVA, Fátima Verônica Pereira Vila; SILVA, Anailza Cristina Galdino da. *Poluição histórica e conservação da biodiversidade costeira: um olhar a partir da região Nordeste do Brasil*. Niterói: INEST-UFF, 2023. p. 197.

NUNES, Maria Gabrielle da Silva; SILVA, Erica Fernanda Olimpio da; ALMEIDA, Maria Luciana de. Movimentações no porto do Recife: uma análise comparativa dos resultados de 2021 a 2023. *Journal of Urban Technology and Sustainability*, Recife, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2025.

OLIVEIRA, T. S. et al. Reconstructing the history of environmental impact in a tropical mangrove ecosystem: a case study from the Suape Port-Industrial Complex, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, v. 167, p. 112321, 2021.

OLIVEIRA, Jéssica Cristina Mendes de. *Ocorrência do microplástico em diferentes áreas recifais, localizadas em regiões costeiras do estado de Pernambuco*. 2023. Trabalho de

Conclusão de Curso (Bacharelado em Oceanografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

PARSONS, G. R.; HOFFMAYER, E. R. Identification and characterization of shark nursery grounds in the Gulf of Mexico. In: McCANDLESS, C. T.; PRATT, H. L.; KOHER, N. E. (eds.). Shark Nursery Grounds of the Gulf of Mexico and East Coast Waters of the United States. American Fisheries Society Symposium, v. 50, p. 301–316, 2007.

PIMENTEL, C.; GADELHA, C.; LIMA, M. Impacto de aspectos ambientais na Região Metropolitana do Recife por meio da integração de dados estatísticos. Revista Brasileira de Meio Ambiente, v. 17, n. 2, p. 89–107, 2025.

PINTO, Luisa Janaina Lopes Barroso. Poluição costeira e marinha: avaliação, diagnóstico e propostas para enfrentamento e governança. 2023. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

RIDER, M. J. et al. Multi-year movements of adult and subadult bull sharks (*Carcharhinus leucas*): philopatry, connectivity, and environmental influences. Aquatic Ecology, v. 55, p. 559–577, 2021.

ROLLNIC, M.; MEDEIROS, C. Dinâmica das correntes costeiras e processos erosivos em Recife (PE). Revista Brasileira de Engenharia Costeira, v. 4, p. 27–41, 2006.

SADOWSKY, V. Notes on the bull shark *Carcharhinus leucas* in the lagoon region of Cananéia, Brazil. Boletim do Instituto Oceanográfico, v. 20, n. 2, p. 71–78, 1971.

SANTOS, Érica Cristina Nascimento dos. Análise da sustentabilidade de atividades agropecuárias na região metropolitana do Recife – Pernambuco. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2022.

SANTOS, Juliane Suelen Silva dos et al. Avaliação sazonal dos impactos da urbanização costeira sobre comunidades de macroalgas na costa de Pernambuco, Brasil. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 42905-42938, 2020.

SILVA, N. F.; ARAÚJO, M. C. B.; SILVA-CAVALCANTI, J. S. Contamination by plastic caps on urban beaches with different levels of use. *Regional Studies in Marine Science*, v. 66, p. 103192, 2023.

SILVA, Ana Cláudia Rodrigues da; NETO, Hugo Menezes. *Ayé: ambientes e conflitos no antropoceno*. Recife: Editora UFPE, 2024.

SILVA, Caroline Cavalcanti da et al. Long-term variation of ecotoxicological quality of sediment in an estuarine system with industrial and port activities. *Marine Pollution Bulletin*, v. 215, p. 117854, 2025.

SNEILDON, F. F.; MULLIGAN, T. J.; WILLIAMS, S. E. Food habits, occurrence and population structure of the bull shark *Carcharhinus leucas* in Florida coastal lagoons. *Environmental Biology of Fishes*, v. 9, p. 151–156, 1984.

SMITH, J.; RODRIGUES, G.; ALMEIDA, P. Natural or artificial habitat-use by the bull shark, *Carcharhinus leucas*. *Marine Ecology*, v. 41, n. 3, p. e12567, 2020.

SOUZA, T. S. A saúde das praias da Boa Viagem e do Pina, Recife (PE), Brasil. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) — Universidade Federal de Pernambuco, p. 1–120, 2004.

SUZUKI, K.; ALMEIDA, M.; PEREIRA, R. S. Post-consumer plastic packaging waste flow analysis for Brazil. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 24, n. 2, p. 502–515, 2022.

THORSON, T. B. The status of the bull shark *Carcharhinus leucas* in the Amazon River. *Copeia*, v. 1972, n. 3, p. 601–605, 1972.

TINHAN, Thomas C. et al. Natural tags identify nursery origin of a coastal elasmobranch *Carcharhinus leucas*. *Journal of Applied Ecology*, Londres, v. 57, n. 7, p. 1222-1232, 2020.

TOMAZ, Luan dos Santos Miranda. Análise de desempenho dos municípios da região metropolitana do Recife em relação aos serviços de saneamento básico. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2022.

UNICAMP. A estreita relação entre mudanças climáticas e o aumento de eventos extremos. Unicamp, p. 1–5, 2020.

WERRY, J. M. et al. Movement patterns of juvenile bull sharks (*Carcharhinus leucas*) in estuarine and coastal waters of the South Pacific. *Marine and Freshwater Research*, v. 62, p. 1–12, 2011.

XAVIER, Clara de Oliveira et al. Coleção didática do Núcleo de Educação Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco: o legado Hazin. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 214-228, 2024

ZANEVELD, J. R.; MARTINS, P.; OLIVEIRA, R.; SANTOS, C. A global review on ecotoxicological studies concerning metal and metalloid exposure in fish. *Environmental Research*, v. 211, p. 1–12, 2022.