

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE

MARIA PAULA BICARATO GRACIOLLI

**Dinâmica térmica em ninhos de tartaruga-de-pente no litoral oriental potiguar:
perspectivas para a conservação frente às mudanças climáticas**

NATAL
2025

MARIA PAULA BICARATO GRACIOLLI

**Dinâmica térmica em ninhos de tartaruga-de-pente no litoral oriental potiguar:
perspectivas para a conservação frente às mudanças climáticas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, na Linha de Saneamento Ambiental, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Sheyla Varela Lucena.

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Marcela dos Santos Magalhães.

NATAL

2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Norte – IFRN
Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBi

Graciolli, Maria Paula Bicarato.
G731d Dinâmica térmica em ninhos de tartaruga-de-pente no litoral
oriental potiguar : perspectivas para a conservação frente às
mudanças climáticas / Maria Paula Bicarato Graciolli. – 2025.
164 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência
e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2025.
Orientador(a): Dra. Sheyla Varela Lucena.
Coorientador(a): Dra. Marcela dos Santos Magalhães.

1. Tartaruga-marinha. 2. Mudanças climáticas. 3. Conservação
ambiental. I. Título.

IFRN / SIBi

CDU 598.132.6

Elaborada pela Bibliotecária
Leticia Priscila Azevedo de Sousa – CRB-15/1058

MARIA PAULA BICARATO GRACIOLLI

**Dinâmica térmica em ninhos de tartaruga-de-pente no litoral oriental potiguar:
perspectivas para a conservação frente às mudanças climáticas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, na Linha de Saneamento Ambiental, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Dissertação aprovada em 10 / 11 / 2025 pela seguinte Banca Examinadora:

Sheyla Varela Lucena, Dra. – Orientadora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)

Luciana de Castro Medeiros, Dra. - Avaliadora interna

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)

Eduardo Venticinque, Dr. - Avaliador externo

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Dedico este trabalho aos meus pais, Patrícia e Luís, que abraçaram os meus sonhos e me deram todo o apoio para que eu os realizasse. Dedico também aos meus avós, Benê, Toninho e Jácomo, e ao meu padrinho, Paulo, que foram muito especiais em minha vida e que continuam presentes em cada memória carinhosa que carrego deles.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida e por tudo o que Ele me permitiu viver até aqui. Agradeço também à Nossa Senhora Aparecida, minha grande companheira, por sempre se fazer presente em minha vida e iluminar meu caminho.

Agradeço de todo o meu coração aos meus pais, Patrícia e Luís, pela educação que me proporcionaram e por sempre me incentivarem a ir em busca dos meus sonhos e felicidade. Agradeço por todo o apoio que me dão e por renovarem minhas energias quando preciso, sempre me ajudando a acreditar em mim e reconhecer a minha força e capacidade para concretizar os meus objetivos, mesmo nos momentos mais desafiadores. A eles agradeço todo amor e compreensão.

Agradeço à minha avó paterna, Ignez, por todo amor e carinho que sempre me deu. Agradeço por todas as vezes em que me diz “rezo por você todos os dias” porque mesmo que eu não consiga estar tão presente, sei que ela está sempre pensando e orando por mim.

Agradeço à minha madrinha, Cristina, por todo o seu carinho e pelas palavras que sempre me ensinam e acolhem. Agradeço aos meus tios e tias, Marcelo, Cacá, Josy, Cristiane e Márcio, por estarem sempre presentes em minha vida, torcendo por mim e participando das minhas conquistas.

Agradeço à minha prima, Isabela, por toda admiração que tem por mim, desde tão novinha, quando me chamava de “MaRia”, com um jeitinho tão único e especial, e que sempre me fez sentir muito amada e querida.

Agradeço também aos meus avós maternos, Benedita e Antônio, e ao meu avô paterno, Jácomo, que contribuíram para meu crescimento e que deixaram grandes memórias. Sei que de onde estão continuam olhando por mim pois sinto-os sempre presentes na minha vida.

Agradeço em especial ao meu padrinho, Paulo, que sempre se fez muito presente em minha trajetória, principalmente durante a graduação. A ele agradeço também por ter me ensinado muito sobre a vida, com sua simplicidade e seu grande coração. Apesar de ter nos deixado cedo demais, também sei que continua me acompanhando pois sinto sempre sua presença.

Agradeço com enorme carinho à Isadora e Lucas por terem acreditado em mim e no meu potencial. Por muito tempo sonhei em trabalhar com as tartarugas e, quando enfim consegui, descobri que a realidade pode ser ainda mais grandiosa que o sonho.

Esse sonho real não seria tão especial se não fosse aqui, ao lado de vocês e da APC. Sou muito grata por tudo o que vivi e aprendi com a APC e as tartarugas e por todas as oportunidades incríveis que tive com o apoio de vocês.

Agradeço à Sara e à Indy, minhas grandes amigas e conselheiras, pelo carinho e paciência que sempre tiveram. Agradeço pelas palavras e reflexões que tanto me ensinaram. Além de todo o apoio, sou muito grata pelas risadas e momentos especiais que compartilhamos no trabalho, seja em campo ou nas escolas.

Agradeço à Vani, outra grande amiga que a APC e as tartarugas me deram, que se faz presente e demonstra seu carinho, principalmente em forma de fotos que sempre me encantam. Sabe me acolher de uma forma tão especial que sinto como se fosse um anjo na minha vida.

Agradeço à Damiana, Dalila e Kamila, outros anjos que sei que Deus me enviou. Serei eternamente grata por toda a atenção, cuidado e por gestos que me fazem ter a certeza de que nunca estou sozinha e que Ele também está sempre ao meu lado.

Agradeço à APC Cabo de São Roque pela linda parceria, que nasceu de uma realização pessoal e floresceu em oportunidades profissionais, possibilitando a concretização de sonhos e meu crescimento profissional ao longo dessa trajetória.

Agradeço também a todos os voluntários da APC pelo apoio que me deram em campo pois tem um pedacinho de cada um nessa pesquisa. Agradeço em especial, ao nosso voluntário mais antigo e querido, Seu Manoel, pelo cuidado e atenção que sempre dedicou para a equipe e as tartarugas.

Agradeço à Giovanna, uma amiga por quem tenho tanta admiração, pela pessoa e profissional que é, e que, além de me apresentar a APC Cabo de São Roque, ajudou a conseguir grande parte dos equipamentos necessários para esta pesquisa. Sou muito grata pois sei que muitas das experiências que vivi aqui começaram com o seu apoio.

Agradeço, com muito carinho, às minhas amigas Laís e Paola, pelas amizades preciosas que construímos e por sempre estarmos presentes uma na vida da outra, apesar da distância. Agradeço à minha amiga irmã, Marianna, por acompanhar grande parte do meu crescimento e por continuar na minha vida, com todo o seu amor e carinho.

Agradeço à alegria de ter tantos amigos queridos que estão sempre torcendo por mim, mesmo à distância: Alicia, Yasmin, Koji, Prisciane, Augusto, Lucas e Vitória. Carrego todos você no meu coração e sou muito grata por tê-los sempre comigo!

Agradeço à minha orientadora, Professora Sheyla, pelo seu apoio, compreensão e contribuição na minha trajetória acadêmica. Agradeço também a minha coorientadora, Professora Marcela, que entrou no meio dessa jornada e pode contribuir de forma tão significativa.

Agradeço ao Thayson, pelo apoio fundamental que me deu na análise estatística desta pesquisa. Agradeço também ao Professor Gilberto Corso pela sua contribuição quando iniciei a análise dos dados, uma conversa que abriu meus horizontes e me deixou extremamente inspirada e motivada a continuar.

Agradeço ao Romildo, secretário do PPgUSRN, que me auxiliou desde o primeiro dia quando fui aprovada no edital de seleção para o mestrado. Sou muito grata pela paciência em todas as longas conversas, que chegava cheia de dúvidas e saía com muitas soluções.

Agradeço aos meus colegas de mestrado pelo acolhimento quando cheguei em Natal para iniciar o mestrado, me ajudando na adaptação à nova rotina e à nova cidade. Aprendi muito com cada um e sou grata por me apresentarem mais um pouco da cultura potiguar, que é tão rica e encantadora.

Agradeço aos professores e professoras que contribuíram para a minha formação e por todo o conhecimento compartilhado ao longo desses dois anos de mestrado. Agradeço também ao IFRN, pela sua estrutura e por todas as vivências e oportunidades que me proporcionou durante esses anos.

Não posso deixar de agradecer as tartarugas marinhas, animais que tanto me encantam e tanto me ensinam. Cada dia ao lado delas é uma nova experiência e um novo aprendizado. Com elas eu me emocionei, sorri, vivi intensamente e fiz muitas “conexões do bem”.

Por fim, gostaria de fazer um agradecimento especial à D. Miriam Ricci, que foi diretora da escola onde estudei durante 12 anos e que é até hoje um grande exemplo de vida. Agradeço a ela e ao seu filho, Alexandre, por toda a compreensão e carinho durante os anos em que estudei na Escola Monteiro Lobato, onde fui muito feliz e aprendi muitos dos valores que carrego comigo.

“Depois do medo, vem o mundo.”
(Clarice Lispector)

RESUMO

As mudanças climáticas representam uma das principais ameaças à biodiversidade global, com efeitos particularmente críticos sobre espécies vulneráveis, como as tartarugas marinhas. Altamente sensíveis às variações térmicas, essas espécies podem ter seu sucesso reprodutivo e sobrevivência comprometidos por alterações na temperatura do ambiente de incubação. Este estudo analisou a dinâmica térmica dos ninhos de *Eretmochelys imbricata* no litoral oriental potiguar, região de reconhecida importância reprodutiva para a espécie, atualmente classificada como ameaçada de extinção. Por meio do uso de registradores de dados (*data loggers*), realizou-se o monitoramento térmico de ninhos, com o objetivo de caracterizar o ambiente de nidificação, identificar padrões térmicos e avaliar a relação entre a temperatura e as taxas de eclosão. Os resultados obtidos contribuem para a compreensão dos impactos potenciais das mudanças climáticas sobre o sucesso reprodutivo das tartarugas marinhas e reforçam a relevância de projetos de monitoramento e conservação, como o Projeto Tartarugas ao Mar (APC Cabo de São Roque), cuja atuação é essencial para a gestão e acompanhamento das áreas de desova na Praia Cabo de São Roque, ampliando a proteção desses habitats estratégicos e subsidiando estratégias de manejo frente às alterações ambientais globais.

Palavras-chave: Tartarugas marinhas; Mudanças climáticas; Temperatura de ninhos; Conservação ambiental.

ABSTRACT

Climate change represents one of the main threats to global biodiversity, with particularly critical effects on vulnerable species, such as sea turtles. Highly sensitive to thermal variations, these species may have their reproductive success and survival compromised by changes in incubation temperatures. This study analyzed the thermal dynamics of *Eretmochelys imbricata* nests on the eastern coast of Rio Grande do Norte, a region of recognized reproductive importance for this species, which is currently classified as endangered. Using data loggers, nest temperatures were monitored to characterize the nesting environment, identify thermal patterns, and evaluate the relationship between temperature and hatching success. The results contribute to the understanding of the potential impacts of climate change on the reproductive success of sea turtles and reinforce the relevance of monitoring and conservation projects, such as the Tartarugas ao Mar Project (APC Cabo de São Roque), whose activities are essential for the management and monitoring of nesting areas at Cabo de São Roque Beach, expanding the protection of these strategic habitats and supporting management strategies in the face of global environmental changes.

Keywords: Sea turtles; Climate changes; Nests temperature; Environmental conservation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA.....	15
1.2	PROBLEMA DA PESQUISA.....	16
1.3	JUSTIFICATIVA	17
1.4	OBJETIVOS	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS.....	19
2.1.1	Histórico e causas das mudanças climáticas.....	19
2.1.2	Queima de combustíveis fósseis e emissão de gases de efeito estufa.....	20
2.1.3	Impactos das mudanças climáticas na biodiversidade global.....	21
2.1.4	Cenários futuros e projeções climáticas.....	21
2.2	ECOSSISTEMAS MARINHOS E COSTEIROS.....	22
2.2.1	Importância ecológica dos ecossistemas marinhos e costeiros...22	
2.2.2	Vulnerabilidade desses ecossistemas às mudanças climáticas....23	
2.2.3	Impactos específicos nas zonas costeiras.....	23
2.2.4	Eventos climáticos El Niño e La Niña.....	24
2.3	TARTARUGAS MARINHAS.....	26
2.3.1	Espécies de tartarugas marinhas e sua distribuição global.....	26
2.3.2	Tartaruga-de-pente (<i>Eretmochelys imbricata</i>).....	26
2.3.3	Status de conservação das diferentes espécies.....	28
2.3.4	Importância ecológica das tartarugas marinhas.....	29
2.3.5	Ciclo de vida e comportamento reprodutivo.....	30
2.4	TEMPERATURA E DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO DAS TARTARUGAS MARINHAS.....	31
2.4.1	Processo de incubação dos ovos.....	31
2.4.2	Temperatura pivotal e proporção sexual.....	32
2.5	IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NAS TARTARUGAS MARINHAS.....	33
2.5.1	Efeitos da temperatura na determinação sexual.....	33
2.5.2	Efeitos das altas temperaturas no desenvolvimento embrionário..34	
2.5.3	Alterações nos padrões de nidificação e migração.....	34

2.5.4	Mudanças na disponibilidade de alimentos e habitats.....	35
2.6	MÉTODOS DE ESTUDO E MONITORAMENTO.....	36
2.6.1	Técnicas de medição de temperatura em ninhos.....	36
2.6.2	Análise de dados climáticos e correlação com padrões reprodutivos.....	36
2.6.3	Modelagem preditiva para cenários futuros.....	37
2.7	CONSERVAÇÃO DE TARTARUGAS MARINHAS NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	38
2.7.1	Estratégias de conservação atuais.....	38
2.7.2	Desafios futuros e adaptação às mudanças climáticas.....	39
2.7.3	Papel das áreas protegidas e manejo de praias de nidificação.....	39
2.8	CONSERVAÇÃO DE TARTARUGAS MARINHAS NO RIO GRANDE DO NORTE.....	40
2.8.1	Caracterização da área de estudo.....	40
2.8.2	Espécies de tartarugas marinhas presentes na região.....	40
2.8.3	Desafios específicos e estratégias de conservação locais.....	41
2.8.4	Trabalho da Associação de Proteção e Conservação Ambiental Cabo de São Roque.....	42
2.9	EDUCAÇÃO E SENSIBILIZAÇÃO AMBIENTAL PARA A CONSERVAÇÃO.....	44
3	METODOLOGIA.....	45
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	45
3.2	ÁREA DE ESTUDO.....	46
3.3	COLETA DE DADOS.....	49
3.3.1	Equipamentos utilizados.....	49
3.3.2	Procedimentos de instalação dos equipamentos.....	50
3.3.3	Frequência de coleta de dados e limitações metodológicas.....	52
3.3.4	Critérios de seleção dos ninhos para monitoramento.....	53
3.3.5	Variáveis adicionais coletadas.....	54
3.4	CONSIDERAÇÕES ÉTICAS E AUTORIZAÇÕES PARA A PESQUISA.....	56
3.5	PARCERIAS E COLABORAÇÕES.....	56
3.6	ANÁLISE DOS DADOS.....	56

3.6.1	Critérios de inclusão ou exclusão para análise.....	57
3.6.2	Testes estatísticos utilizados.....	58
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
4.1	SETORIZAÇÃO DA PRAIA E DENSIDADE DE DESOVAS.....	61
4.2	PADRÕES TÉRMICOS POR SETOR.....	68
4.3	PADRÕES TÉRMICOS POR TEMPORADA REPRODUTIVA.....	70
4.3.1	Período 1 (temporada 2023/2024).....	70
4.3.2	Período 2 (temporada 2024/2025).....	73
4.3.3	Interação entre as temporadas.....	74
4.4	PADRÕES TÉRMICOS POR PERÍODO DO ANO.....	77
4.5	PADRÕES TÉRMICOS E CONDIÇÕES AMBIENTAIS DOS NINHOS.....	81
4.5.1	Temperatura e sombreamento.....	86
4.5.2	Temperatura e cobertura vegetal.....	91
4.6	PADRÕES TÉRMICOS E SUCESSO REPRODUTIVO.....	96
4.6.1	Taxas de eclosão por temporada.....	97
4.6.2	Taxas de eclosão por setor.....	100
4.6.3	Taxas de eclosão por período do ano.....	103
4.6.4	Tolerância térmica e sucesso de eclosão.....	106
4.7	EFEITOS E RESPOSTAS ECOLÓGICAS LOCAIS ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA PRAIA CABO DE SÃO ROQUE.....	108
4.8	PRODUTOS TÉCNICOS.....	113
4.8.1	Aderência.....	114
4.8.2	Aplicabilidade.....	114
4.8.3	Complexidade.....	114
4.8.4	Impacto.....	115
4.8.5	Inovação.....	115
4.8.6	Replicabilidade.....	115
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	116
	REFERÊNCIAS.....	119
	APÊNDICE A – Manual técnico de instalação dos <i>data loggers</i>.....	138
	APÊNDICE B – Cartilha educativa (material didático).....	153
	APÊNDICE C – Gráficos de temperatura por ninho.....	163

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

Ao longo de sua história, o clima na Terra já sofreu muitas alterações, mas nenhuma aconteceu de forma tão rápida como a atual. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o aquecimento global está acontecendo a uma taxa sem precedentes nos últimos 10.000 anos, sendo os 10 últimos anos os mais quentes já registrados.

A tendência atual de aquecimento é diferente porque a atividade antrópica tem acelerado esse processo (Marques, 2022). Dados da NASA, Agência Espacial Estadunidense, indicam claramente sinais de mudanças climáticas, evidenciados pelo aumento da temperatura global e pelo derretimento das camadas de gelo nos polos. O aumento da temperatura média da superfície da Terra está relacionado às crescentes emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, que não aquecem apenas o ar, mas também os oceanos. Desde 1955, cerca de 90% do excesso de calor do aquecimento global induzido pelas ações antrópicas têm sido absorvido pelos oceanos (NASA, 2024e).

A elevação térmica nos oceanos pode acentuar o fenômeno da acidificação oceânica, influenciando diretamente os ecossistemas marinhos e as cadeias alimentares de muitos animais (De Souza *et al.*, 2021). Os efeitos do aquecimento global podem gerar um grande desequilíbrio ecológico e ocasionar uma perda irreparável da biodiversidade mundial, com a extinção de muitas espécies (Compagnon; Almeida, 2021; Moreira *et al.*, 2022). Entre os grupos mais vulneráveis destacam-se as tartarugas marinhas, animais ameaçados de extinção que já sofrem influência dos efeitos climáticos, tanto no ambiente marinho, onde passam a maior parte de seu ciclo de vida, como no ambiente terrestre, já que utilizam as praias para o processo de desova (Fundação Projeto Tamar, 2013).

As mudanças climáticas são vistas como uma ameaça potencial às tartarugas marinhas e seus locais de nidificação, dada a vulnerabilidade desses animais frente às variações de temperatura (Fuentes; Limpus; Hamann, 2011). Esse fator climático é determinante no desenvolvimento embrionário desses animais, uma vez que o sexo dos filhotes é definido pela temperatura durante o período de incubação dos ovos na areia (Esteban *et al.*, 2016). Frente a isso, o aumento da temperatura média da Terra, resultado do aquecimento global, pode influenciar a determinação da proporção

sexual de machos e fêmeas de tartarugas marinhas em um ninho (Fuentes *et al.*, 2009), ou ainda a morte embrionária em temperaturas muito elevadas (Wyneken; Salmon, 2020).

Estudos atuais sugerem que algumas populações de tartarugas marinhas estão passando por um processo de feminização, visto que temperaturas da areia mais altas determinam uma maior taxa de proporção de nascimento de fêmeas em um ninho (Lima *et al.*, 2020; Fuentes *et al.*, 2024). Esse processo representa um fator de risco no ciclo de vida desses animais, pois pode ser responsável pelo desequilíbrio das populações de tartarugas marinhas no ambiente natural (Fuentes; Limpus; Hamann, 2011; Jensen *et al.*, 2018).

O uso de registradores de dados de temperatura permite o monitoramento contínuo das condições térmicas dos ninhos, possibilitando compreender de que forma as características do local de desova influenciam a temperatura de incubação em ninhos de tartarugas marinhas, além de revelar novas estratégias direcionadas à redução dos impactos das mudanças climáticas sobre esses animais (Simões *et al.*, 2014).

Nesse cenário, o presente estudo tem como objetivo investigar como diferentes condições ambientais, tais como sombreamento, presença de vegetação e localização dos ninhos, podem influenciar as variações de temperatura do ninho durante a incubação de tartarugas marinhas, relacionando esses fatores aos efeitos das mudanças climáticas.

Ao compreender a interação entre características do ambiente de desova e os padrões térmicos dos ninhos, esta pesquisa fornece subsídios essenciais para a formulação de estratégias de manejo e conservação, contribuindo para a proteção da biodiversidade costeira e para o fortalecimento de políticas públicas alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

1.2 PROBLEMA DA PESQUISA

A perda da biodiversidade é apenas uma das consequências das mudanças climáticas e pode causar alterações significativas nos ecossistemas, resultando na extinção de muitas espécies. As tartarugas marinhas são altamente sensíveis às condições ambientais, visto que a temperatura da areia desempenha um papel crucial

não só para a incubação dos ovos, mas também para a determinação da proporção sexual dos filhotes em um ninho.

Diante desse problema, o presente trabalho aborda a temática ambiental relacionada às mudanças climáticas, buscando identificar os padrões de temperatura em ninhos de tartarugas marinhas, além de caracterizar os locais de desova. Essas informações são fundamentais para uma análise mais aprofundada e permitem compreender os efeitos potenciais das mudanças climáticas sobre esses animais.

Dessa forma, essa pesquisa buscou responder algumas questões:

1. Como as variações de temperatura nos ninhos de tartarugas marinhas no litoral oriental norte potiguar influenciam o sucesso reprodutivo da espécie tartaruga-de-pente?
2. Quais características do local de desova implicam nessas variações?
3. Há relação dessas variações com o contexto das mudanças climáticas?

1.3 JUSTIFICATIVA

As mudanças climáticas representam uma grande ameaça à biodiversidade global, afetando ecossistemas marinhos e costeiros e, de maneira especial, espécies migratórias que dependem de condições ambientais específicas para sobreviver e se reproduzir. No caso das tartarugas marinhas, essa vulnerabilidade é ainda mais evidente, pois alterações na temperatura da areia, no regime de chuvas e na disponibilidade de praias adequadas para a desova podem comprometer diretamente seu ciclo reprodutivo.

Diante desse cenário, compreender como diferentes fatores ambientais influenciam os ninhos dessas espécies é essencial para prever cenários futuros e orientar estratégias de manejo que minimizem os impactos das mudanças climáticas, contribuindo para a conservação da biodiversidade costeira e marinha.

Este estudo, na área das Ciências Ambientais, busca investigar como os efeitos climáticos relacionados à temperatura atuam sobre as tartarugas marinhas, contribuindo para a compreensão dos impactos ecológicos das mudanças climáticas sobre essas espécies. Ao gerar informações sobre os fatores ambientais que influenciam o sucesso reprodutivo, a pesquisa fornece subsídios fundamentais para a formulação de estratégias voltadas à proteção e recuperação dessas populações vulneráveis.

Inserido no contexto do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável da ONU, este trabalho dialoga diretamente com o ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), que propõe ações urgentes para enfrentar as mudanças climáticas e seus impactos, bem como com os ODS 14 (Vida na Água) e 15 (Vida Terrestre), ao contribuir para a conservação da biodiversidade marinha e costeira e para o fortalecimento da gestão dos ecossistemas naturais.

Além disso, este estudo representa o primeiro levantamento sistemático de dados de temperatura em ninhos de tartarugas marinhas realizado na região da Praia Cabo de São Roque/RN, área reconhecida como de extrema importância reprodutiva para a espécie tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*). Essa abordagem inédita não apenas caracteriza as condições ambientais locais, mas também estabelece uma base de dados essencial para pesquisas futuras, ampliando o conhecimento científico sobre fatores determinantes do sucesso reprodutivo desses animais em um cenário de mudanças climáticas.

Os dados gerados permitem ainda orientar políticas ambientais que não só preservem a biodiversidade marinha, mas também fortaleçam a resiliência dos habitats frente às ameaças climáticas, contribuindo para o desenvolvimento sustentável das regiões costeiras e para o cumprimento dos compromissos internacionais de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

1.4 OBJETIVOS

Investigar como diferentes condições ambientais podem influenciar as variações de temperatura em ninhos de *Eretmochelys imbricata* na Praia Cabo de São Roque, no contexto das mudanças climáticas.

Os objetivos específicos deste trabalho envolvem:

- a) Caracterizar a área de estudo e os locais de nidificação, considerando fatores ambientais como sombreamento, presença de vegetação e localização dos ninhos;
- b) Identificar os padrões de temperatura nos ninhos ao longo do período de incubação;
- c) Analisar as taxas de eclosão dos ninhos;
- d) Correlacionar a variação térmica com as condições ambientais e o sucesso reprodutivo dos ninhos;

- e) Elaborar um manual técnico para padronizar os procedimentos de instalação dos *data loggers*, de forma a contribuir com as ações de conservação das tartarugas marinhas, e uma cartilha educativa como forma de material didático para a conscientização dos impactos das mudanças climáticas sobre elas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS

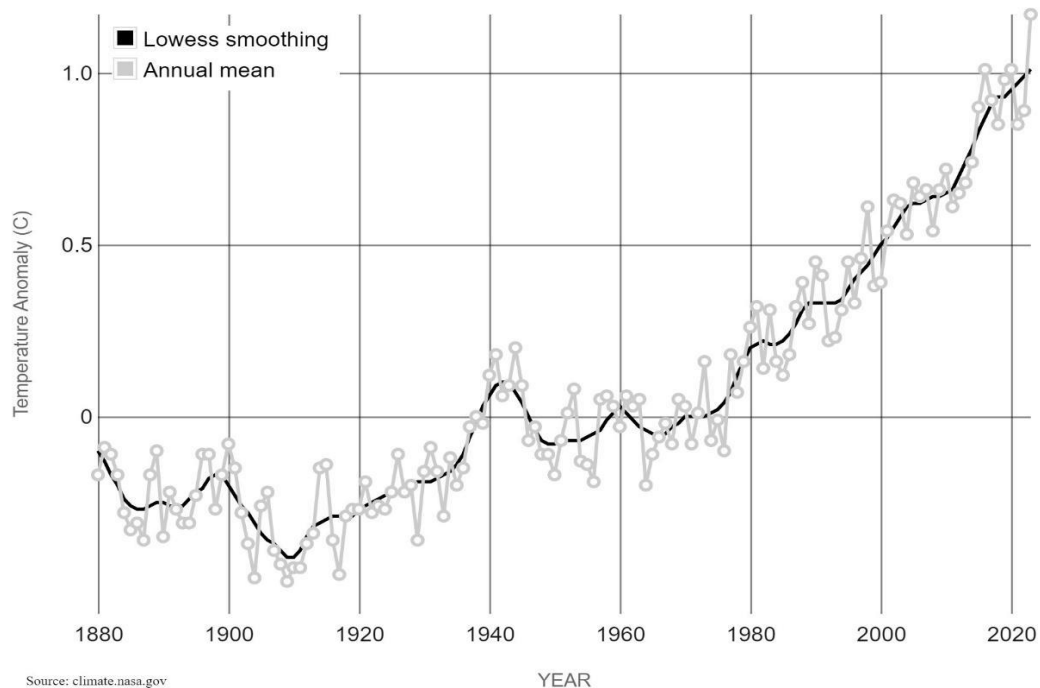
2.1.1 Histórico e causas das mudanças climáticas

A mecanização da produção, proporcionada pela Primeira Revolução Industrial, em meados de 1760, aumentou significativamente a produção mundial de bens e serviços, que acompanhou o crescimento populacional acelerado (Lima *et al.*, 2019). O progresso das tecnologias industriais e de produção possibilitou grandes conquistas para a humanidade (Ambrizzi *et al.*, 2021), mas também culminou em uma intensa degradação ambiental, tanto pela extração de recursos naturais quanto pela geração de poluentes devido à queima de combustíveis fósseis (Barbieri, 2020).

O processo de industrialização e urbanização de alguns países, com o desenvolvimento das cidades e de novas tecnologias, acendeu alguns debates sobre os possíveis impactos negativos do desenvolvimento econômico sobre o ambiente, mas foi só no final do século XVIII que a temática ambiental começou a receber destaque (ONU, 2020).

Desde a era pré-industrial, a temperatura média global está 1,4º C mais quente (Figura 1) e o nível dos oceanos aumentou cerca de 10 centímetros desde 1993, sendo esses apenas alguns efeitos do aquecimento global, responsáveis pelo agravamento das mudanças climáticas (NASA, 2024d). Além disso, o desenvolvimento da sociedade aumentou significativamente a emissão de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, intensificando o efeito estufa (Silva; Xavier; Rocha, 2021). Assim, as ações antrópicas são vistas como grandes responsáveis pelo aquecimento global e, conseqüentemente, das mudanças climáticas (WWF, 2024).

Figura 1 - Gráfico do índice global de temperatura terrestre-oceânica



Fonte: Instituto Goddard de Estudos Espaciais (GISS) da NASA. Crédito: NASA/GISS.

2.1.2 Queima de combustíveis fósseis e emissão de gases de efeito estufa

Entre os principais gases de efeito estufa (GEE), pode-se citar o dióxido de carbono (CO_2), gerado principalmente através da queima de combustíveis fósseis, e o metano (CH_4), emitido em grande parte durante a produção e transporte de carvão, gás natural e petróleo (Lucon, 2022). Esses gases são necessários e importantes para a manutenção da vida na Terra, mas o aumento descontrolado dessa emissão na atmosfera pode causar um desequilíbrio nos níveis considerados normais (De Araújo Alves *et al.*, 2022).

Frente a isso, o cenário mundial atual é marcado por uma extrema dependência da produção e uso de energias de origem fóssil, ocasionando grandes e significativos impactos ao ambiente natural (Harjanne; Korhonen, 2019). A crescente demanda pelo consumo energético e os impactos negativos gerados pelo uso de combustíveis fósseis tornaram necessárias as discussões sobre meio ambiente e sustentabilidade (Miranda, 2023).

O aumento dos gases de efeito estufa e os complexos desafios relacionados às mudanças climáticas são apenas alguns dos exemplos que ressaltam a emergência de estabelecer novos padrões de consumo de energia pautados no

modelo sustentável (De Farias; Martins; Cândido, 2021). Segundo Bermann (2008), as mudanças climáticas provenientes das emissões de gases de efeito estufa anunciam uma grande crise ambiental, além de afetar diretamente espécies e ecossistemas em todo o mundo (Jensen *et al*, 2018).

2.1.3 Impactos das mudanças climáticas na biodiversidade global

As mudanças climáticas representam uma grande ameaça à biodiversidade mundial (Compagnon, Almeida, 2021; Moreira, 2022). O aumento da temperatura média global, a elevação do nível dos oceanos, a diminuição das geleiras e o aumento da frequência de fenômenos meteorológicos extremos são apenas algumas das consequências do aquecimento global (Nobre, 2011; NASA, 2024b).

Por isso, compreender a relação entre os oceanos, o equilíbrio climático da Terra e as consequências das ações antrópicas, auxilia a preencher uma lacuna de conhecimento para uma compreensão mais aprofundada dos efeitos das mudanças climáticas sobre os ecossistemas (Blois *et al*., 2013; Turra; De Assis, 2015).

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2021), faz um alerta para a perda atual da biodiversidade, causada pela interferência das ações antrópicas, que está acontecendo mais rapidamente que em qualquer outro momento histórico, sendo de cem a mil vezes maior que a taxa de extinção natural. De acordo com o relatório Planeta Vivo 2024, o mais recente da WWF (World Wildlife Foundation), “o tamanho médio das populações de vida selvagem monitoradas sofreu uma catastrófica redução de 73% em apenas 50 anos (1970-2020)” (WWF, 2024).

Price, Warren e Forstenhäusler (2024), analisaram as perdas de biodiversidade associadas ao aquecimento global em alguns países, quantificando os impactos projetados sobre algumas regiões do planeta. Como conclusão, observaram que para um aquecimento de 2°C na temperatura média da Terra acima dos níveis pré-industriais, as projeções de perda de biodiversidade são de 18% para insetos, 16% para plantas e 8% para invertebrados, e a 1,5°C são de 6% para insetos, 8% para plantas e 4% para vertebrados, afetando significativamente a distribuição da maioria das espécies na Terra.

2.1.4 Cenários futuros e projeções climáticas

Kirsten Schuijt, Diretora Geral do WWF Internacional, afirma que a natureza está emitindo um pedido de socorro. Segundo ela:

“As crises interligadas de perda da natureza e mudanças climáticas estão empurrando a vida selvagem e os ecossistemas além de seus limites, com pontos de não retorno globais que ameaçam danificar os sistemas de apoio à vida na Terra e desestabilizar as sociedades. Embora a situação seja desesperadora, ainda não ultrapassamos o ponto de não retorno. Temos acordos globais e soluções para colocar a natureza no caminho da recuperação até 2030, mas até agora houve pouco progresso e falta de urgência. As decisões tomadas e as ações realizadas nos próximos cinco anos serão cruciais para o futuro da vida na Terra. O poder – e a oportunidade – estão em nossas mãos para mudar o rumo. Podemos restaurar nosso planeta vivo se agirmos agora” (WWF, 2024).

Dados do Sexto Relatório de Avaliação (AR6) do IPCC, demonstraram que as mudanças climáticas resultantes das atividades antrópicas são inquestionáveis, irreversíveis e se intensificarão nos próximos anos e décadas, a menos que medidas sejam tomadas para alterar a atual crise climática e ambiental (IPCC, 2021).

Outros relatórios do IPCC ainda alertam para um aumento médio na temperatura global entre 1,8°C a 4°C até 2100, uma projeção climática extremamente preocupante que pode ser agravada caso o consumo de combustíveis fósseis continue aumentando (Da Silveira Castro *et al.*, 2020).

Além disso, algumas projeções revelam um cenário preocupante quanto aos oceanos, que estão sofrendo com os efeitos das mudanças climáticas. Dados da NASA confirmam que os oceanos estão mudando por influência das ações antrópicas e da emissão de gases de efeito estufa, podendo, por exemplo, causar inundações costeiras pelo aumento do nível do mar (NASA, 2024a).

2.2 ECOSSISTEMAS MARINHOS E COSTEIROS

2.2.1 Importância ecológica dos ecossistemas marinhos e costeiros

Os oceanos são responsáveis pela produção de mais da metade do oxigênio que precisamos e atuam também como o maior filtro de carbono mundial, absorvendo cerca de 25% das emissões de dióxido de carbono na atmosfera. Além disso, abrigam cerca de 80 % da biodiversidade mundial, o que evidencia a grande importância ecológica de seus ecossistemas (ONU, 2022).

Os ecossistemas marinhos e costeiros são ambientes complexos e com uma rica biodiversidade, que atuam como zonas altamente produtivas (Thushari;

Senevirathna, 2020) e abrigam uma vasta diversidade de espécies essenciais para o equilíbrio do meio ambiente (Alves; Silva; De Barros, 2023).

Ecosistemas marinhos saudáveis fornecem oxigênio, recursos alimentícios e energéticos, além de atuar como reguladores do clima do planeta (IOUSP, 2024). Os recifes de corais, por exemplo, servem como fonte de alimento, abrigo e habitat para muitas espécies de plantas e animais (Jan *et al.*, 2023).

Os ecossistemas costeiros como manguezais, estuários e restingas oferecem serviços ecossistêmicos fundamentais ao equilíbrio ecológico, além de abrigarem uma rica biodiversidade (Dias, 2024). Esses ambientes apresentam grande importância ecológica e econômica, atuando na proteção da zona costeira e também como áreas de abrigo, alimentação e reprodução para muitas espécies, inclusive de interesse econômico (Maia *et al.*, 2019).

2.2.2 Vulnerabilidade desses ecossistemas às mudanças climáticas

Os ecossistemas aquáticos estão conectados ao ambiente terrestre de forma muito dinâmica, por isso as mudanças em um sistema podem provocar impactos em outro (Thushari; Senevirathna, 2020). Com 70% do nosso planeta coberto por água, os mares são importantes impulsionadores do clima global, por meio das correntes oceânicas e massas de ar. No entanto, os efeitos das mudanças climáticas estão alterando a dinâmica dos oceanos, aumentando os impactos sobre os ecossistemas mundiais (NASA, 2024e).

Os recifes de corais, um dos ecossistemas mais importantes do planeta, estão em declínio devido às mudanças climáticas. Esses ecossistemas são muito vulneráveis ao aquecimento das águas, que pode intensificar o fenômeno do branqueamento dos corais. Os ecossistemas oceânicos podem sofrer ainda com o processo de acidificação, visto que os oceanos absorvem grande parte do dióxido de carbono que é liberado na atmosfera pela queima de combustíveis fósseis, o que torna a água mais ácida e afeta a vida marinha (NOAA, 2021).

2.2.3 Impactos específicos nas zonas costeiras

O ciclo dos ecossistemas costeiros sofre forte influência de variáveis do ambiente, como as correntes marítimas, os ventos, as marés, o clima e o transporte e deposição de minerais e nutrientes (De Almeida; De Souza, 2023). Quanto à

perspectiva climática, as zonas costeiras são muito suscetíveis aos efeitos das mudanças climáticas, com o aumento do nível dos oceanos e a maior ocorrência de eventos climáticos extremos, como chuvas intensas, tempestades e ressacas marítimas (Peres; Neves; Taddei, 2020).

As zonas costeiras também sofrem diretamente com os impactos das atividades antrópicas, como o turismo intensivo, a urbanização desordenada e a poluição ambiental. Quando esses impactos são potencializados pelos efeitos das mudanças climáticas, essas áreas tornam-se ainda mais vulneráveis (Bio *et al.*, 2020).

Organismos marinhos encontrados em zonas costeiras sofrerão os impactos da degradação desses ambientes, principalmente com a erosão costeira, a poluição e a destruição de habitats. Além disso, variações nos padrões de chuva e no fluxo dos rios poderão alterar as correntes costeiras de água doce, afetando o equilíbrio ecológico desses ecossistemas (Neelmani *et al.*, 2019).

2.2.4 Eventos climáticos El Niño e La Niña

Entre os fatores climáticos que contribuem para a intensificação dos impactos sobre esses ecossistemas, destacam-se os fenômenos El Niño e La Niña, que compõem o sistema ENOS (El Niño–Oscilação Sul), eventos que exercem grande influência sobre o regime de chuvas e temperaturas em diversas regiões do planeta (Freire; Lima; Cavalcanti, 2011).

De acordo com evidências recentes divulgadas pela NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), o aquecimento global pode amplificar os efeitos regionais do ENOS, intensificando tanto as secas associadas ao El Niño quanto às chuvas concentradas durante a La Niña. Esse comportamento resulta de uma atmosfera mais quente e úmida, capaz de potencializar os extremos climáticos e aumentar a variabilidade interanual das chuvas, especialmente em regiões tropicais e semiáridas como o Nordeste brasileiro (NOAA, 2023).

Nos últimos anos, estudos têm buscado compreender de que forma as mudanças climáticas globais podem modificar a dinâmica desses fenômenos e agravar ainda mais os riscos para a biodiversidade em regiões já vulneráveis (Freire; Lima; Cavalcanti, 2011).

A variabilidade climática do Nordeste brasileiro está fortemente associada à interação entre o sistema ENOS (El Niño–Oscilação Sul) e os padrões oceânicos-

atmosféricos do Atlântico Tropical, que modulam a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema gerador de chuvas na região (Moura; Shukla, 1981; Nobre; Shukla, 1996). Segundo Moura e Shukla (1981), as anomalias térmicas nos oceanos Atlântico e Pacífico alteram a circulação atmosférica em larga escala, deslocando a ZCIT em direção ao hemisfério onde as águas superficiais estão mais aquecidas. Esse deslocamento modifica diretamente a distribuição espacial e temporal das chuvas sobre o Nordeste, podendo intensificar secas ou períodos excessivamente chuvosos.

Durante os anos de El Niño, observa-se um aumento das temperaturas superficiais do mar na porção central e leste do Oceano Pacífico, o que reduz o transporte de umidade para o Nordeste brasileiro, resultando em diminuição significativa das chuvas e aumento da temperatura média na região (Lucena; Cabral Júnior; Steinke, 2018).

Por outro lado, o fenômeno La Niña, caracterizado pelo resfriamento anômalo das águas do Pacífico Equatorial, tende a favorecer a convergência de umidade sobre o Atlântico Tropical, promovendo o aumento da pluviosidade em parte da região Nordeste, embora sua intensidade varie entre estados e períodos sazonais (Silva, 2022). Nobre e Shukla (1996) destacam ainda que a resposta regional à La Niña pode variar de acordo com o padrão térmico simultâneo do Atlântico Tropical, especialmente entre suas porções norte e sul. Quando o Atlântico Norte está mais aquecido que o Atlântico Sul, a ZCIT tende a permanecer mais ao norte, reduzindo as chuvas no Nordeste, mesmo sob condições de La Niña.

Essas interações complexas entre o ENOS e a variabilidade do Atlântico resultam em impactos diretos sobre os ecossistemas costeiros e marinhos, que dependem da estabilidade térmica e da regularidade das chuvas (Freire; Lima; Cavalcanti, 2011). Oscilações abruptas de temperatura e precipitação influenciam a salinidade, a produtividade primária e os ciclos reprodutivos de diversas espécies marinhas (Doney *et al.*, 2012), especialmente aquelas sensíveis à temperatura, como as tartarugas marinhas, cujo sucesso reprodutivo pode ser comprometido por alterações térmicas nas áreas de desova (Brierley; Kingsford, 2009; Hawkes *et al.*, 2009).

2.3 TARTARUGAS MARINHAS

As tartarugas marinhas integram a linhagem mais primitiva de répteis ainda existentes, sendo o fóssil mais antigo datado de aproximadamente 110 milhões de anos. Apesar de estarem presentes na Terra há muito tempo, com os primeiros registros no Período Triássico, a análise dos fósseis indica pouca modificação morfológica ao longo do tempo (Pritchard, 1997; Hirayama, 1998 *apud* Santos *et al.*, 2011).

No entanto, no decorrer de sua evolução, algumas modificações foram essenciais para a adaptação das tartarugas marinhas, garantindo sua sobrevivência e ampliando sua distribuição geográfica (Santos *et al.*, 2011).

2.3.1 Espécies de tartarugas marinhas e sua distribuição global

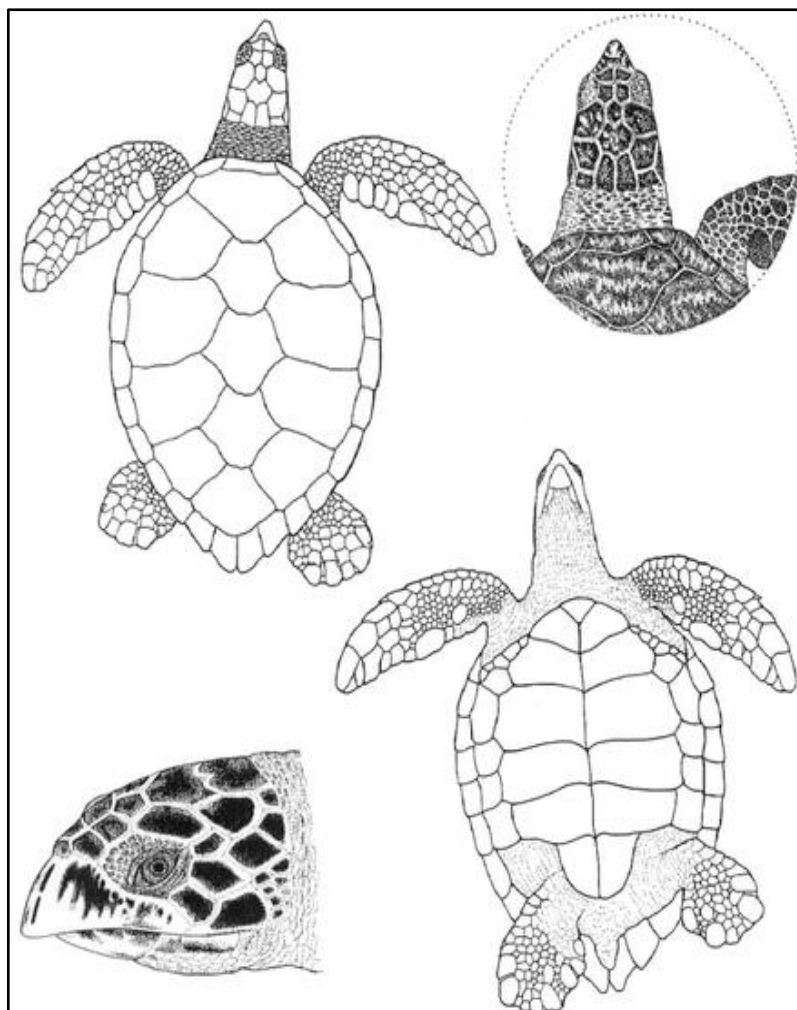
As tartarugas marinhas são animais extremamente adaptados ao ambiente marinho e apresentam uma distribuição geográfica bem ampla entre as bacias oceânicas, embora as áreas reprodutivas estejam concentradas em regiões tropicais e subtropicais. Atualmente, existem sete espécies de tartarugas marinhas no mundo: *Dermochelys coriacea*, da família Dermochelyidae, e *Chelonia mydas*, *Caretta caretta*, *Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea*, *Lepidochelys kempii* e *Natator depressus*, da família Cheloniidae, sendo que apenas as duas últimas não ocorrem no Brasil (Santos *et al.* 2011).

2.3.2 Tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*)

A tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) é a espécie mais tropical entre as tartarugas marinhas, estando amplamente distribuída em águas tropicais e subtropicais dos oceanos Atlântico, Índico e Pacífico (Hawkes *et al.*, 2012; Llamas *et al.*, 2017; Fossette *et al.*, 2021).

Essa espécie é reconhecida por seu casco ornamentado, com a margem fortemente serrilhada e placas sobrepostas, apresentando ainda quatro pares de placas laterais (Figura 2). Outra característica marcante da espécie é o bico córneo proeminente, que se assemelha ao de um falcão, o que lhe confere o nome popular em inglês *hawksbill turtle*, além de ser fundamental para sua alimentação, permitindo que busquem alimento em fendas de rochas e corais (Pritchard; Mortimer, 1999; Reis; Goldberg, 2017).

Figura 2 - Prancha de identificação de *Eretmochelys imbricata*



Fonte: Pritchard e Mortimer (1999).

A tartaruga-de-pente apresenta comportamento bentônico, permanecendo próxima ao fundo dos recifes, onde encontra a maior parte de seu alimento (Witzell; Banner, 1980). Sua dieta altamente especializada é composta principalmente de esponjas, o que a posiciona como uma predadora-chave nos ecossistemas de recifes de corais. Esses hábitos alimentares seletivos influenciam diretamente a estrutura e a dinâmica desses ecossistemas, evidenciando o papel ecológico da espécie (León; Bjorndal, 2002).

As tartarugas marinhas apresentam crescimento contínuo ao longo da vida, embora a maioria das espécies manifeste um rápido desenvolvimento durante os estágios iniciais e alcance um ritmo de crescimento significativamente reduzido após a maturidade sexual (Bjorndal *et al.*, 2016). Estudos indicam ainda que tanto fatores locais quanto regionais podem influenciar a taxa de crescimento e os padrões

reprodutivos das tartarugas, sugerindo que o ambiente desempenha um papel importante na determinação do desenvolvimento e da reprodução desses animais (Chaloupka; Limpus; Miller, 2004; Hawkes *et al.*, 2014; Sanchez *et al.*, 2023).

Vale destacar que o tamanho corporal isoladamente não é um indicador confiável desse estágio, uma vez que a maturidade sexual pode variar entre populações (Snover *et al.*, 2013). De forma geral, estima-se que as tartarugas marinhas levam em média cerca de 30 anos para atingir a maturidade sexual. No caso específico das tartarugas-de-pente, essa faixa está entre 20 e 30 anos (Chaloupka; Limpus, 1997; Turner Tomaszewicz *et al.*, 2022).

Historicamente, essa espécie foi intensamente explorada devido ao alto valor de suas carapaças ornamentadas e de seus ovos, práticas que perduraram por séculos em diversas regiões tropicais (Chatting *et al.*, 2018). Atualmente, além da perda de habitat e poluição dos oceanos, a captura incidental em redes de pesca representa uma das principais ameaças, resultando em afogamentos e lesões graves que comprometem a sobrevivência de muitos indivíduos (Arantes; Vargas; Santos, 2020).

2.3.3 Status de conservação das diferentes espécies

A Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN, União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais, reúne informações sobre o estado de conservação de espécies em todo o mundo. No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) é o órgão responsável pela coordenação desse processo, sendo realizado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

Segundo a Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022, a lista oficial de espécies brasileiras ameaçadas foi atualizada, de acordo com o método utilizado pela IUCN. Atualmente, quatro das cinco espécies de tartarugas marinhas que ocorrem no Brasil encontram-se em algum grau de ameaça de extinção (Figura 3), sendo *Lepidochelys olivacea* e *Caretta caretta* classificadas na categoria “vulnerável”, *Eretmochelys imbricata* classificada na categoria “em perigo” e *Dermochelys coriacea* classificada na categoria “criticamente em perigo” (MMA, 2024b). Nessa última avaliação, *Chelonia mydas* saiu da lista de espécies ameaçadas e passou para a categoria “quase em perigo”, mas ainda depende de ações de conservação para manter esse status menos alarmante (Fundação Projeto Tamar, 2022).

Figura 3 - Espécies e risco de extinção das tartarugas marinhas no Brasil



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (MMA).

2.3.4 Importância ecológica das tartarugas marinhas

As tartarugas marinhas são vertebrados marinhos altamente migratórios que ocupam amplas regiões geográficas e realizam grandes deslocamentos ao longo do seu ciclo de vida. Assim, representam um componente singular da biodiversidade e desempenham um papel fundamental nos ecossistemas marinhos (Baptistotte, 2014).

Muitas evidências destacam a importância das tartarugas no equilíbrio dos ecossistemas marinhos, visto que suas funções ecológicas contribuem para a saúde e manutenção dos recifes de corais, estuários, bancos de algas, grama marinha e fundos de substrato arenoso (Carvalho *et al.*, 2021). Além disso, ao longo do seu ciclo

de vida, as tartarugas marinhas são fundamentais na cadeia alimentar, atuando como presas, consumidoras e competidoras de outras espécies (Musick; Limpus, 1997).

Destaca-se também a importância ecológica das tartarugas marinhas nas cadeias tróficas como exportadoras de nutrientes, produzindo efeitos na estrutura e ciclagem de nutrientes do ambiente marinho (Lobato, 2019). Esse processo também ocorre nas praias de desova onde os ovos são depositados, contribuindo para transferência de energia nos ecossistemas terrestres (Reis; Goldberg, 2017), que é então aproveitada por predadores ou ainda transferida para o solo e vegetação locais após a decomposição da matéria orgânica (Pandolfi *et al*, 2003).

2.3.5. Ciclo de vida e comportamento reprodutivo

Ao longo do seu ciclo de vida, as tartarugas marinhas realizam grandes migrações entre áreas de forrageamento e acasalamento (Baptistotte, 1994). Após o nascimento, os filhotes migram para ambientes pelágicos, onde permanecem até o momento em que se fixam como juvenis em áreas de alimentação, sendo esses primeiros anos conhecidos como “anos perdidos”, uma das lacunas no conhecimento científico sobre as tartarugas marinhas pela escassez de informações sobre os filhotes (Santos *et al.*, 2011).

A reprodução das tartarugas marinhas é um processo bastante complexo. Esses animais apresentam um longo ciclo de vida e maturação sexual tardia, podendo demorar de 10 a 30 anos para atingirem a maturidade sexual, dependendo da espécie (Meylan; Donnelly, 1999).

Durante o período reprodutivo, as fêmeas adultas migram até as áreas reprodutivas em busca dos machos para o acasalamento e depois procuram as áreas de desova, retornando sempre à sua praia natal para o processo de nidificação (Mrosovsky; Carr, 1967). A fidelidade dos retornos em uma mesma área é conhecida como filopatria, comportamento explicado pelo mecanismo do “*imprinting*”, capacidade de memorização que os filhotes têm ao registrar as características físico-químicas da sua região natal (Almeida, 2001), além da orientação pelos campos magnéticos da Terra (Santos *et al.*, 2011).

Durante a temporada reprodutiva, uma mesma tartaruga fêmea pode realizar mais de uma desova (Figura 4), confeccionando em média de 3 a 6 ninhos diferentes em intervalos intercalados de aproximadamente 15 dias (Baptistotte, 1994). As

fêmeas normalmente não se reproduzem anualmente e o intervalo de remigração pode oscilar, em média, entre 2 e 3 anos (Santos *et al.*, 2011).

Figura 4 - Fêmea de tartaruga-de-pente durante o processo de desova na praia



Fonte: APC Cabo de São Roque (2023).

O comportamento reprodutivo das tartarugas marinhas é caracterizado por uma série de ações estereotipadas, que pode variar dependendo da espécie, mas que, em geral, segue uma sequência: a tartaruga fêmea emerge da água, desloca-se até um local na praia que considera ser seguro da ação da maré, prepara a “cama” limpando e nivelando a areia no local escolhido, escava a câmara do ninho, deposita os ovos, cobre o ninho com uma grande quantidade de areia e, por fim, retorna ao mar. Todo o processo de desova pode durar de 1 a 2 horas (Almeida, 2001).

2.4 TEMPERATURA E DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO DAS TARTARUGAS MARINHAS

2.4.1 Processo de incubação dos ovos

As tartarugas marinhas não apresentam cuidado parental, ou seja, não apresentam cuidado com a prole, comportamento associado às espécies “r”

estrategistas, que associam a sua estratégia de vida com padrões de crescimento populacional, garantindo um elevado número de descendentes a cada ciclo reprodutivo (Oliveira, 2018).

Esse comportamento explica a grande quantidade de ovos depositados em um único processo de desova, visto que cada ninho pode ter em média 120 ovos (Miller, 2017). O período de incubação pode variar de 50 a 60 dias dependendo da espécie e é inversamente proporcional à temperatura do ninho, de forma que períodos de incubação mais longos estão associados a temperaturas mais baixas (Reis; Goldberg, 2017).

A temperatura constitui o principal fator determinante na diferenciação gonadal de espécies com determinação sexual dependente da temperatura (TSD), como as tartarugas marinhas (Lockley; Eizaguirre, 2021). O ambiente térmico dos ninhos pode ser influenciado por variáveis como o albedo do substrato, o sombreamento, a profundidade do ninho e as condições microambientais locais, que afetam diretamente o desenvolvimento embrionário (Hays *et al.*, 2001; Santidrián Tomillo *et al.*, 2017; Simões *et al.*, 2014).

Esses fatores podem variar de acordo com a seleção individual do local de nidificação e com a sazonalidade, resultando em diferenças nas proporções sexuais da prole entre e dentro das populações. Além disso, elementos climáticos, como a precipitação, interagem com as condições térmicas, alterando a temperatura de incubação por meio do resfriamento evaporativo e, conseqüentemente, influenciando o processo de TSD (Houghton *et al.*, 2007; Lockley; Eizaguirre, 2021).

2.4.2 Temperatura pivotal e proporção sexual

As tartarugas marinhas apresentam determinação sexual dependente da temperatura (Porter *et al.*, 2021; Wibbels *et al.*, 2003), um mecanismo comum entre os répteis e compartilhado entre espécies TSD (*temperature-dependent sex determination*). Diferentemente das espécies com determinação sexual genotípica, que possuem cromossomos sexuais heteromórficos atuando na expressão dos genes, nas espécies com determinação sexual dependente da temperatura os mesmos genes relacionados ao desenvolvimento gonadal estão presentes, mas sua expressão é regulada pela temperatura de incubação, que funciona como o estímulo inicial para

a diferenciação sexual durante um período de desenvolvimento termossensível indivíduo (Bachtrog, 2014; Martínez-Juárez; Moreno-Mendoza, 2019).

Essa determinação sexual ocorre durante o período termo-sensitivo, um período específico durante a incubação dos ovos no qual uma enzima denominada aromatase inicia a sua atividade, sendo ela a responsável pela conversão de andrógenos (hormônios masculinos) em estrógenos (hormônios femininos) (Moreira, 2013). Segundo Godfrey *et al.* (1999, *apud* Ferreira Júnior, 2009a), a temperatura pivotal para tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) no Brasil é de 29,6°C, ou seja, essa é a faixa de temperatura que ocorre a formação de ambos os sexos em proporções iguais (1:1).

Em geral, estudos apontam que as temperaturas pivotais em tartarugas marinhas ocorrem dentro de uma faixa relativamente estreita, variando entre cerca de 28 a 31°C, dependendo da espécie. A razão para essa uniformidade ainda não é completamente compreendida, mas acredita-se que possa estar associada a limitações ecológicas e fisiológicas que exercem pressão seletiva sobre essa faixa de temperatura (Wibbels *et al.*, 2003).

2.5 IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NAS TARTARUGAS MARINHAS

2.5.1 Efeitos da temperatura na determinação sexual

As tartarugas marinhas são muito vulneráveis às alterações do clima, visto que a temperatura é um fator essencial para a determinação do sexo dos indivíduos. A taxa de proporção sexual nesses animais é determinada pela temperatura de incubação dos ovos durante o desenvolvimento embrionário, onde a proporção de fêmeas é maior em temperaturas mais elevadas (Jensen *et al.*, 2018).

O aumento da temperatura durante o desenvolvimento embrionário pode levar à superprodução do sexo feminino, desequilibrando as proporções sexuais das populações (Lockley; Eizaguirre, 2021). Por isso, os efeitos das mudanças climáticas revelam uma preocupante tendência: o nascimento de fêmeas de tartarugas marinhas deve ser muito superior ao de machos no futuro (Lima *et al.*, 2020), visto que temperaturas mais elevadas favorecem um pico de atividade da enzima aromatase e, conseqüente, diferenciação da gônada em ovário proporcionalmente ao aumento da temperatura (Santos, 2008).

2.5.2 Efeitos das altas temperaturas no desenvolvimento embrionário

Embriões e filhotes de tartarugas marinhas estão enfrentando um estresse fisiológico maior como resultado do aquecimento das praias de nidificação, um problema diretamente relacionado ao sucesso reprodutivo desses animais (Kuschke; Perrault; Wyneken, 2024). Alguns estudos revelam que temperaturas muito elevadas durante o período de incubação podem causar um menor sucesso de eclosão, influenciando diretamente o desenvolvimento embrionário (Fuentes *et al.*, 2024).

O sucesso reprodutivo diminui quando as temperaturas de incubação se aproximam dos níveis letais por períodos prolongados, ameaçando também a sobrevivência a longo prazo dessa população (Laløe *et al.*, 2017). Quando o máximo térmico é atingido, a síntese de proteínas pode ser interrompida, causando a morte embrionária. Além disso, os embriões podem sofrer hipertermia, causando anormalidades orofaciais, oculares ou ainda gastrointestinais (Kuschke; Perrault; Wyneken, 2024).

Estudos recentes avaliaram o ambiente do ninho de tartarugas marinhas e a variedade de microrganismos presentes em diferentes faixas térmicas e hídricas. Os ninhos abrigam diversas comunidades de microrganismos que, quando mantidos em um equilíbrio saudável, podem ser benéficos. No entanto, o crescimento excessivo de patógenos em ninhos que exibem uma temperatura mais elevada pode causar infecções de pele, infecções no saco vitelínico ou doenças sistêmicas nos filhotes (Kuschke; Perrault; Wyneken, 2024).

2.5.3 Alterações nos padrões de nidificação e migração

Como resposta às mudanças climáticas, muitas espécies estão exibindo mecanismos de adaptação, como a plasticidade fenotípica e mudanças de alcance (Patrício *et al.*, 2021). Alguns estudos sugerem que, algumas tartarugas marinhas estão mudando o seu alcance e migrando para áreas climaticamente mais estáveis e adequadas, que podem fornecer um ambiente propício para a incubação dos ovos (Perez *et al.*, 2016).

Assim, as tartarugas podem utilizar da plasticidade fenotípica para lidar com os efeitos das mudanças ambientais (Waldvogel *et al.*, 2020), exibindo a capacidade de alterar o seu comportamento de nidificação, mudando a sua distribuição, a escolha do

local ou ainda o período de nidificação para meses menos quentes (Kamel; Mrosovsky, 2006; Dos Santos Oliveira *et al.*, 2020).

No entanto, em alguns casos, a escolha de novas áreas para nidificação pode ocorrer em ambientes que sofrem com outros problemas, como o aumento do nível do mar, avanço da urbanização e erosão costeira (Fuentes *et al.*, 2020). A elevação do nível dos oceanos é um dos efeitos climáticos que ocasiona impactos diretos nas regiões costeiras, estreitando a faixa de areia das praias e reduzindo as áreas de desova consideradas seguras para as tartarugas marinhas (Silva, 2014).

Consequentemente, a redução das áreas de nidificação aumenta a densidade de ninhos nas seções de praia remanescentes, podendo comprometer a capacidade de suporte desses locais e o sucesso reprodutivo das tartarugas marinhas, sobretudo devido à vulnerabilidade dos ninhos à ação da maré, fator amplamente discutido na literatura como um desafio central à conservação da espécie (Mazaris; Matsinos; Pantis, 2009).

Ao longo da sua evolução, as tartarugas marinhas persistiram em grandes mudanças no clima, demonstrando uma grande capacidade de adaptação (Maurer *et al.*, 2021), mas ainda não está claro se essas mudanças fenológicas e comportamentais serão suficientes para minimizar os efeitos das mudanças climáticas atuais sobre suas populações (Laloë; Hays, 2023).

2.5.4 Mudanças na disponibilidade de alimentos e habitats

Os hábitos alimentares das tartarugas marinhas variam entre as espécies e em função do seu estágio de vida, assim como as taxas de crescimento variam de uma população para outra, dependendo da disponibilidade e qualidade dos recursos alimentares nas áreas de forrageamento (Reis; Goldberg, 2017).

A migração das tartarugas marinhas para outros ambientes pode influenciar algumas cadeias alimentares, afetando o crescimento e o ciclo de vida desses animais (Almeida *et al.*, 2011). A disponibilidade de nutrientes pode ser afetada por mudanças ecológicas que incluem a perda de elos básicos ou intermediários nas cadeias alimentares, desacelerando as taxas de crescimento das tartarugas marinhas (Kuschke; Perrault; Wyneken, 2024).

Outros efeitos das mudanças climáticas, como a alteração das correntes marítimas e o aumento do processo erosivo nas praias, também podem causar

impactos nos habitats das tartarugas marinhas (Ribeiro, 2018). A erosão costeira representa uma grande ameaça para a nidificação desses animais pois muitas vezes pode criar barreiras na praia, levando-as a construir seus ninhos muito próximos da linha da maré, que podem ser inundados ou ainda levados pela água (Fernandes *et al.*, 2015).

2.6 MÉTODOS DE ESTUDO E MONITORAMENTO

2.6.1 Técnicas de medição de temperatura em ninhos

As populações de tartarugas marinhas estão sendo ameaçadas pelos efeitos do aquecimento global, visto que a determinação sexual e o sucesso de eclosão dependem da temperatura do ninho (Fuentes *et al.*, 2009). Por isso, o monitoramento das tartarugas e estudos relacionados à proporção sexual, podem nos ajudar a compreender como os efeitos das mudanças climáticas estão atuando sobre suas populações (Simões *et al.*, 2014).

Dessa forma, o monitoramento da temperatura dos ninhos torna-se uma prioridade, principalmente para espécies ameaçadas de extinção, como a tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*). Estudos sugerem que esse monitoramento pode ser realizado por um registrador de dados (*data logger*), programado para registrar a temperatura dos ninhos durante o período de incubação (Simões *et al.*, 2014).

Os *data loggers* são programados e instalados nos ninhos para registrar a extensão da variação térmica nos locais de nidificação (Hays *et al.*, 2021). As informações coletadas são de grande relevância para entender como as características do local da desova afetam a temperatura de incubação em ninhos de tartarugas marinhas (Ferreira Júnior, 2009b), sendo de grande utilidade também para estudar as viabilidades populacionais das tartarugas e entender como o aumento da temperatura global ameaça essas populações (Esteban *et al.*, 2016).

2.6.2 Análise de dados climáticos e correlação com padrões reprodutivos

As mudanças climáticas não se resumem apenas ao aumento da temperatura média da Terra, pois podem causar também alterações na precipitação, eventos climáticos extremos e aumento do nível do mar (Artaxo, 2020), exercendo assim, grande influência no desenvolvimento embrionário e no sucesso de eclosão dos filhotes de tartarugas marinhas (Fuentes; Limpus; Hamann, 2011).

A taxa de eclosão de um ninho pode variar em diferentes regiões geográficas, variação que pode ser influenciada por múltiplos fatores, incluindo condições ambientais locais, como temperatura, umidade e tipo de substrato, bem como a presença de predadores naturais e impactos antrópicos sobre os ninhos (Fuentes; Hamann; Limpus, 2010; Esteban *et al.*, 2016).

Além disso, características específicas do local de nidificação, como sombreamento e cobertura vegetal, podem modular as condições microambientais do ninho, afetando diretamente o desenvolvimento embrionário e a sobrevivência dos filhotes (Miller; Limpus; Godfrey, 2003; Kamel, 2013).

Segundo Tacchi *et al.* (2019), o regime de chuvas durante o período de incubação dos ovos pode influenciar a temperatura e a umidade no ninho. A umidade pode afetar a absorção do vitelo e crescimento dos embriões, visto que interfere de forma direta nas trocas hídricas e gasosas entre os ovos e o meio (Ferreira Júnior, 2009b). Assim, períodos mais chuvosos podem aumentar a umidade da areia, além de provocar a inundação dos ninhos, diminuindo a taxa de eclosão (Lima *et al.*, 2020).

2.6.3 Modelagem preditiva para cenários futuros

Além dos fatores ambientais que podem afetar a incubação, a taxa de sobrevivência das tartarugas marinhas após a eclosão é extremamente baixa. Estima-se que, de cada mil filhotes que nascem, apenas um ou dois atinjam a maturidade sexual, evidenciando a importância de condições ambientais adequadas nos ninhos para maximizar o sucesso reprodutivo das tartarugas marinhas (Fundação Projeto Tamar, 2025).

Além da elevada mortalidade natural dos filhotes, as mudanças climáticas representam uma das principais ameaças à biodiversidade global, impactando diretamente os ecossistemas marinhos e costeiros e afetando espécies migratórias, como as tartarugas marinhas, que dependem de condições ambientais específicas para sobreviver e se reproduzir (Newson *et al.*, 2009).

Com o aumento da temperatura média do planeta, algumas populações de tartarugas marinhas poderão passar por um processo de feminização, com uma significativa redução no nascimento de machos, além de um aumento da mortalidade embrionária e comprometimento da saúde dos filhotes, que podem nascer mais fracos (Fuentes *et al.*, 2024; Lima *et al.*, 2020).

Pesquisas que utilizaram registradores de dados de temperatura em ninhos de tartarugas marinhas, apresentaram projeções que podem revelar estratégias direcionadas à redução dos impactos do aquecimento global sobre as tartarugas marinhas. Alguns estudos sugerem que métodos como sombreamento artificial, cobertura vegetal adaptada, irrigação dos ninhos ou até a transferências de ninhos para áreas com temperaturas mais estáveis podem contribuir para equilibrar a proporção sexual durante o desenvolvimento embrionário (Fuentes *et al.*, 2009; Simões *et al.*, 2014).

Além disso, a diminuição da proporção de machos em ninhos de tartarugas marinhas pode provocar uma perda genética significativa, que ameaça a sobrevivência e manutenção de suas populações (Bjordnal *et al.*, 2003; Simões *et al.*, 2014). Esse efeito pode ainda ter como consequência a ocorrência de indivíduos híbridos, que já foi comprovada por alguns estudos genéticos (De Castilhos *et al.*, 2011).

2.7 CONSERVAÇÃO DE TARTARUGAS MARINHAS NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

2.7.1 Estratégias de conservação atuais

As tartarugas marinhas enfrentam uma série de ameaças em todo o mundo, sendo necessários esforços que garantam a proteção de suas populações. Por isso, a adoção de algumas estratégias de conservação se mostram relevantes para a tomada de decisão frente a esses desafios (Richards *et al.*, 2024).

As pesquisas científicas são fundamentais para a conservação de espécies e ecossistemas ameaçados, pois possibilitam um levantamento detalhado de dados que podem subsidiar medidas de gestão e até a criação de unidades de conservação da vida marinha (Basílio *et al.*, 2020).

Nesse sentido, o monitoramento das tartarugas marinhas em grande parte do seu ciclo de vida contribui como uma importante estratégia para o trabalho de conservação. Nas áreas de desova, as atividades são direcionadas à proteção das fêmeas em atividade reprodutiva, com marcação e coleta de dados biométricos, e dos ninhos até o nascimento dos filhotes. Nas áreas de alimentação, migração e descanso, as principais estratégias adotadas são a captura intencional, o monitoramento da pesca e de encalhes, atividades que permitem a marcação e

identificação dos indivíduos, assim como a obtenção de informações sobre o crescimento e deslocamento desses animais (Santos *et al.*, 2011).

No entanto, apenas o conhecimento científico proveniente das pesquisas não é suficiente, visto que as atividades voltadas ao trabalho de conservação das tartarugas marinhas dependem também do conhecimento das comunidades locais e da relação entre pescadores e tartarugas. Por isso, destaca-se a sensibilização ambiental das comunidades locais e dos agentes envolvidos no turismo como uma estratégia crucial para o trabalho de conservação e redução dos impactos antrópicos sobre o meio ambiente, além do trabalho socioambiental com pescadores e comunidades litorâneas desenvolvido principalmente por instituições e projetos de conservação (Carvalho *et al.*, 2021).

2.7.2 Desafios futuros e adaptação às mudanças climáticas

O aquecimento climático atual pode superar a capacidade de adaptação de algumas espécies, representando um grande desafio à biodiversidade mundial. Para a conservação de populações ameaçadas, é fundamental uma compreensão abrangente dos seus mecanismos de adaptação para avaliar como respondem a esse aumento térmico (Kynoch *et al.*, 2024).

Kynoch *et al.* (2024), sugerem que as populações de tartarugas marinhas têm o potencial de se adaptar por seleção natural e podem responder de formas diferentes ao aumento das temperaturas, procurando novas áreas de nidificação, aumentando sua tolerância térmica ou ainda nidificando em épocas do ano mais frias.

No entanto, mudanças no comportamento reprodutivo das tartarugas marinhas podem resultar em uma maior exposição a ameaças. A alteração das áreas de nidificação, por exemplo, pode deixá-las mais expostas ao desenvolvimento costeiro e elevação do nível do mar. Por isso, destaca-se a necessidade de uma melhor compreensão desses fatores, somados ao comportamento das tartarugas marinhas, visto que interferem na capacidade de adaptação e sobrevivência desses animais às mudanças climáticas (Fuentes *et al.*, 2024).

2.7.3 Papel das áreas protegidas e manejo de praias de nidificação

As Unidades de Conservação, como as APAs (Áreas de Proteção Ambiental), Reservas Biológicas, Estações Ecológicas e Parques Nacionais, atuam como áreas

de proteção importantes para muitas espécies e ecossistemas. Algumas dessas áreas protegidas, contam com planos de manejo para proteção das tartarugas marinhas, bem como suas áreas de alimentação, reprodução e desova (Santos *et al.*, 2011).

Em grande parte dessas áreas protegidas é realizado o manejo das praias de nidificação de tartarugas marinhas, com o monitoramento dos ninhos, uma estratégia que contribui para aumentar o sucesso das ações de conservação (García; Ceballos; Adaya, 2003).

2.8 CONSERVAÇÃO DE TARTARUGAS MARINHAS NO RIO GRANDE DO NORTE

2.8.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada no litoral oriental potiguar, dentro da Área de Proteção Ambiental dos Recifes de Corais (APARC), uma das Unidades de Conservação Estaduais do Rio Grande do Norte. O estado possui cerca de 253 mil hectares em UCs, que protegem aproximadamente 2,14% da área continental e 14,53% da área marinha do estado (IDEMA, 2024b).

A região da APARC configura-se como um importante polo turístico do Rio Grande do Norte, frente às suas belezas naturais e grande biodiversidade, sendo permitidas práticas turísticas, como a visita aos bancos de corais, e também o desenvolvimento de pesquisas científicas. Algumas regras de conduta e a limitação de quotas diárias de visita turística, são algumas das diretrizes criadas para manter o controle turístico e diminuir as pressões antrópicas sobre esse ecossistema e as espécies ali existentes (IDEMA, 2024a).

2.8.2 Espécies de tartarugas marinhas presentes na região

Das sete espécies de tartarugas marinhas existentes atualmente, cinco ocorrem no litoral brasileiro, sendo elas: tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*), tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*), tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*), tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) e tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriacea*) (Azevedo, 1983; Santos *et al.*, 2011; Carmo *et al.*, 2016).

As tartarugas marinhas habitam diferentes locais ao longo do seu ciclo de vida, visto que apresentam hábitos alimentares e comportamentais distintos. Por isso, as áreas de desova, abrigo, alimentação e crescimento entre as praias do litoral e as ilhas oceânicas variam muito dependendo da espécie (Santos *et al.*, 2011).

Segundo Bellini *et al.* (1997), as tartarugas marinhas utilizam frequentemente o litoral do Rio Grande do Norte para reprodução, abrigo e alimentação. A região de Maracajaú, no litoral oriental norte potiguar, concentra o maior banco de algas do estado, onde provavelmente habitam muitas tartarugas marinhas. Além disso, o Atol das Rocas, que abriga a segunda maior colônia reprodutiva de *Chelonia mydas*, é uma importante área de alimentação de *Eretmochelys imbricata*, espécie que tem o litoral potiguar como área prioritária de desova. Ainda em seu estudo sobre as tartarugas marinhas no litoral do Rio Grande do Norte, Bellini *et al.* (1997) afirmam que *Lepidochelys olivacea* também é encontrada nessa região, com ocorrências de indivíduos juvenis e adultos em fase reprodutiva.

De acordo com Santos *et al.* (2012), as maiores concentrações de desovas de *Eretmochelys imbricata* no Brasil ocorrem no litoral norte da Bahia e no sul do Rio Grande do Norte, com a temporada reprodutiva se estendendo de setembro a abril. No litoral do Rio Grande do Norte esse período vai de novembro a junho, com pico de desovas de janeiro a março e com maior frequência de eclosão dos ninhos de fevereiro a maio. Já no litoral da Bahia, a temporada se estende de setembro a maio, com maior ocorrência de desovas de novembro a fevereiro e pico de eclosão dos ninhos de dezembro a abril (MMA, 2024a).

Cerca de 97% das desovas no litoral do Rio Grande do Norte são de tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*), embora sejam registradas ocorrências reprodutivas de outras espécies (Bellini; Vieira; Santos, 2017). Estudos mais recentes identificaram a Praia Cabo de São Roque, localizada no litoral oriental norte potiguar, como uma importante área reprodutiva para *Eretmochelys imbricata*, concentrando um número expressivo de ninhos (Da Silva, Barreto, Navoni, 2022; Santos, 2025).

2.8.3 Desafios específicos e estratégias de conservação locais

A área de estudo está localizada no município de Maxaranguape, uma importante região turística do estado do Rio Grande do Norte. Entre os principais desafios enfrentados nessa região, destaca-se o fluxo de veículos nas praias de desova, que pode prejudicar os ninhos e interferir no deslocamento dos filhotes até o mar. A movimentação sobre a areia pode ocasionar: o atropelamento dos ninhos e filhotes; a compactação da areia, que dificulta o processo de emergência dos filhotes ao nascer; a formação de barreiras deixadas pelos rastros dos veículos, que dificulta

a caminhada dos filhotes ao mar, aumentando a exposição à predação e desidratação; além da alteração do comportamento das fêmeas quando sobem à praia para desovar, pela desorientação causada pela luz dos faróis (Pizetta *et al.*, 2023).

A erosão costeira, é um outro grande desafio presente nessa região, visto que a ausência de faixa de areia adequada na praia para a postura dos ovos pode ocasionar a transformação do habitat, contribuindo para uma redução dos índices populacionais de tartarugas marinhas e a descontinuidade de suas áreas reprodutivas (Bellini; Vieira; Santos, 2017).

A predação de ovos pela fauna silvestre é um processo natural, mas que pode ser intensificado pela destruição dos habitats desses animais, que diminui a disponibilidade de alimentos e faz com que busquem novas fontes, aumentando a predação dos ninhos. Além disso, uma grande proporção de perda dos ninhos é ocasionada por animais domésticos, que predam ninhos e filhotes (Sforza; Marcondes; Pizetta, 2017). Ambos os tipos de predação são frequentes na área de estudo e impactam o sucesso de eclosão dos ninhos de tartarugas.

Outra grande ameaça presente na área de estudo é a atividade pesqueira, principalmente pela captura incidental de tartarugas marinhas. A utilização de redes de espera costeiras e as pescarias de arrasto de camarões, muito comuns nessa região, são atividades que apresentam um alto grau de interação com as tartarugas e aumentam os índices de mortalidade desses animais (Sforza; Marcondes; Pizetta, 2017).

Entre as principais estratégias de conservação adotadas nessa região, estão o monitoramento intensivo das áreas reprodutivas, com a sinalização e proteção dos ninhos, a transferência de ninhos para locais mais seguros, quando necessário, além da sensibilização ambiental, que tem um papel fundamental no trabalho de conservação.

2.8.4 Trabalho da Associação de Proteção e Conservação Ambiental Cabo de São Roque

A Associação de Proteção e Conservação Ambiental Cabo de São Roque é uma organização da sociedade civil (OSC), fundada em 2016, no município de Maxaranguape, litoral do Rio Grande do Norte, sendo reconhecida como utilidade

pública no Estado do Rio Grande do Norte, pela Lei 10.342/2018 (APC Cabo de São Roque, 2025).

A instituição tem como missão promover a conservação e proteção das espécies por meio da pesquisa e educação ambiental. Além disso, visa contribuir com o desenvolvimento sustentável da comunidade, promovendo oportunidades e despertando um novo comportamento de utilização dos recursos naturais (APC Cabo de São Roque, 2025).

A APC Cabo de São Roque executa diversos projetos socioambientais com as comunidades locais, buscando integrá-las ao trabalho de conservação. Dessa forma, promove a sustentabilidade e o fortalecimento social e econômico das regiões atendidas por meio de ações educativas nas escolas, incentivo e valorização do trabalho artesanal local e boa relação com os pescadores artesanais da região (APC Cabo de São Roque, 2025).

O Projeto Tartarugas ao Mar é um dos projetos executados pela APC Cabo de São Roque, sendo ele voltado à proteção e conservação das espécies de tartarugas marinhas que ocorrem no litoral do Rio Grande do Norte. Entre as principais ações desenvolvidas pelo Projeto, pode-se destacar o monitoramento reprodutivo e não reprodutivo de tartarugas marinhas, o acompanhamento das atividades pesqueiras, a pesquisa científica e atividades de educação ambiental com a comunidade (APC Cabo de São Roque, 2025).

A marcação de fêmeas adultas com anilhas metálicas é uma das atividades realizadas no monitoramento reprodutivo de tartarugas marinhas. O Projeto Tartarugas ao Mar já registrou mais de 150 tartarugas que utilizam a Praia de Cabo de São Roque e áreas adjacentes para a desova, evidenciando a relevância dessa região como importante área reprodutiva (APC Cabo de São Roque, 2025).

A atuação do Projeto Tartarugas ao Mar é essencial para a gestão e acompanhamento das áreas de desova, ampliando a capacidade de proteção desses habitats estratégicos. Além disso, o engajamento da comunidade local nesse processo, por meio do voluntariado, educação ambiental e colaboração direta nas atividades de monitoramento, fortalece significativamente os resultados do projeto.

Dessa forma, o projeto não apenas fortalece a conservação das tartarugas marinhas, mas também contribui para a manutenção da biodiversidade costeira e para

a implementação de ações de manejo baseadas em evidências científicas, reforçando o impacto positivo do apoio comunitário na conservação dos ecossistemas.

2.9 EDUCAÇÃO E SENSIBILIZAÇÃO AMBIENTAL PARA A CONSERVAÇÃO

Segundo Oliveira, Oliveira e Carvalho (2021), “a educação é a chave para preparar as sociedades para as mudanças globais”. Considerando a imprevisibilidade das consequências das mudanças climáticas, torna-se necessário estabelecer estratégias para enfrentá-las, por isso é fundamental preparar a sociedade para ser mais reflexiva e resiliente a esses efeitos, sensibilizando a população sobre os riscos das mudanças climáticas (Jacobi, 2014).

No entanto, ainda existe uma grande lacuna entre o ser humano e natureza, sendo preciso reconstruir o sentimento de que pertencemos a ela (Sauvé, 2005). Em seu livro “Ideias para adiar o fim do mundo”, Krenak (2020) discorre sobre essa temática e afirma que:

“Fomos, durante muito tempo, embalados com a história de que somos a humanidade. Enquanto isso – enquanto seu lobo não vem –, fomos nos alienando desse organismo de que somos parte, a Terra, e passamos a pensar que ela é uma coisa e nós, outra: a Terra e a humanidade. Eu não percebo onde tem alguma coisa que não seja natureza. Tudo é natureza. O cosmos é natureza. Tudo em que eu consigo pensar é natureza” (KRENAK, 2020, p. 16).

Portanto, a sensibilização é essencial para que o ser humano se reaproxime da natureza e se reconheça como parte dela. Nesse contexto, a educação ambiental configura-se como uma importante ferramenta nesse processo, pois integra a temática da sustentabilidade com a identificação ambiental, favorecendo a sensibilização e contribuindo para a transformação da consciência coletiva (Salzer; Mallmann; Carniatto, 2024).

De acordo com Lima, Neto e Holanda (2018, p. 48), “a educação ambiental tem sido utilizada como instrumento para a viabilização da sustentabilidade em nossa sociedade”, apresentando um modelo de desenvolvimento que associa crescimento econômico com preservação ambiental (Da Conceição Ferreira *et al.*, 2019).

A Organização das Nações Unidas (ONU) também reconhece a educação como indispensável ao desenvolvimento sustentável (Barbieri; Silva, 2011), incluindo-a entre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 (Ramos, 2022). Essa Agenda constitui um plano de ação global, adotado pelos países

membros da ONU, com objetivos e metas integrados que abrangem as três dimensões do desenvolvimento sustentável: social, ambiental e econômica (Gaertner *et al.*, 2021).

A Ação Contra a Mudança Global do Clima é um dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e tem como objetivo a adoção de medidas urgentes para combater as alterações climáticas e seus impactos globais (ONU, 2024). Pesquisas científicas atuais, incorporaram os temas abordados pelos ODS, representando um movimento importante em busca do desenvolvimento sustentável, conectando ciência e sociedade (Gaertner *et al.*, 2021).

No presente trabalho, a educação ambiental se manifesta na forma de produtos técnicos que visam o retorno social da pesquisa, evidenciando como a produção de conhecimento científico pode ser transformada em soluções aplicáveis capazes de promover soluções inovadoras voltadas às demandas sociais e ambientais (Mormina, 2019).

Dessa forma, a combinação entre produção científica, educação ambiental e produtos técnicos de impacto social reforça o papel da pesquisa acadêmica como promotora de conhecimento aplicado e transformador, alinhando-se às diretrizes globais de sustentabilidade e aos ODS.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa, de acordo com Gil *et al.* (2002), pode ser classificada como aplicada, exploratória e quali-quantitativa, visto que objetiva o levantamento de dados para investigação das variações de temperatura em ninhos de tartarugas marinhas e a correlação destas com as características do local de desova.

A abordagem metodológica segue o método experimental, no qual é apresentada uma área relevante para a conservação de tartarugas marinhas no litoral do Rio Grande do Norte, além do desenvolvimento da pesquisa de campo para a coleta de dados, utilizando registradores de dados de temperatura para monitoramento dos ninhos. Assim, os procedimentos técnicos abordados na presente investigação terão como base procedimentos bibliográficos e experimentais, visto que envolve a revisão de materiais científicos já publicados para posterior aplicação em

campo, em ambiente previamente definido com objetos de estudo também determinados.

3.2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a Praia Cabo de São Roque, localizada no município de Maxaranguape, litoral oriental norte do Rio Grande do Norte, que faz limite territorial com os municípios de Rio do Fogo, ao norte, Ceará-Mirim, ao sul, e Pureza, à oeste. A faixa litorânea do município é composta por quatro praias arenosas, sendo esse o limite territorial leste com o Oceano Atlântico. O clima predominante na região é o tropical chuvoso, com temperaturas médias anuais de 25,8°C e período chuvoso se estendendo de março a agosto. As formações vegetais encontradas no município incluem praias e dunas, tabuleiros litorâneos, campo de várzea, manguezal e floresta subperenifólia. O relevo apresenta planícies e tabuleiros costeiros, que não ultrapassam 100 metros de altitude (IDEMA, 2008).

Além disso, a região faz parte da Área de Proteção Ambiental dos Recifes de Corais – APARC, uma importante Unidade de Conservação de mais de 136 mil hectares, que abrange os municípios de Maxaranguape, Rio do Fogo e Touros. A APA dos Recifes de Corais assegura a proteção da biodiversidade marinha e promove a educação ambiental, destacando a importância dos ecossistemas locais (IDEMA, 2024a).

Por abrigar uma das mais importantes áreas de desova de *Eretmochelys imbricata*, o litoral potiguar é considerado o maior berçário do Atlântico Sul para essa espécie. A Praia Cabo de São Roque (Figura 5), que tem pouco mais de 3km de extensão e concentra cerca de 80% dos ninhos de tartarugas marinhas da região, sendo considerada uma área de saturação de desovas, principalmente para as tartarugas-de-pente, espécie foco deste estudo (Da Silva; Barreto; Navoni, 2022).

A Praia Cabo de São Roque apresenta faixa de areia estreita, com variação de largura de acordo com o regime de marés, além de setores com presença de falésias e dunas, recobertas por vegetação costeira nativa, como gramíneas e arbustos. Além disso, sua linha de costa é caracterizada por apresentar duas porções morfológicas distintas ao longo de sua extensão (Fernandes, 2021).

Uma delas possui morfologia em zeta, comum na região, caracterizada por um formato semelhante a um anzol. Esse tipo de configuração favorece um gradiente de energia decrescente em direção à parte mais protegida da baía, o que resulta na diminuição gradual da altura das ondas, da velocidade das correntes e na granulometria dos sedimentos, propiciando a formação de praias mais calmas e com declive suave (Amaral *et al.*, 2017; Diniz, 2002; *apud* Fernandes, 2021).

Figura 5 - Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Santos (2025).

A outra porção apresenta características de praia intermediária, típica do litoral estudado, com ondas vindas predominantemente do sudeste, gerando correntes costeiras no sentido sul-norte e variações ocasionais influenciadas pelos ventos do nordeste. Esse tipo de praia aberta é caracterizado pela presença de correntes de retorno, sedimentos de areias médias a grossas e inclinação moderada da face da praia (Diniz, 2002; *apud* Fernandes, 2021).

Considerando as características geomorfológicas da Praia Cabo de São Roque, que apresenta cerca de 3,6 km, a área de estudo foi dividida em três setores, com base na metodologia proposta por Santos (2025). Essa setorização considerou aspectos como cobertura vegetal e exposição solar, permitindo investigar se as condições ambientais de cada setor influenciam a temperatura e o sucesso reprodutivo dos ninhos entre os trechos.

No mapa abaixo (Figura 6), é possível visualizar a divisão dos setores na Praia Cabo de São Roque e ainda a densidade de desovas de tartarugas marinhas entre as temporadas reprodutivas de 2016/2017 a 2022/2023, levantamento feito por Santos (2025).

Figura 6 - Setorização e densidade de desovas na Praia Cabo de São Roque



Fonte: Santos (2025).

Observa-se que os setores foram delimitados de acordo com as duas baías naturais presentes na praia, adequando-se aos objetivos desta pesquisa: a primeira, localizada mais ao norte, resulta de um pequeno avanço de areia que gera uma curva na linha de costa; e a segunda, formada pelo promontório do Cabo de São Roque,

que cria uma configuração em “zeta”. Além dessas baías, a porção mais ao sul da praia corresponde a uma faixa intermediária e aberta, típica do litoral estudado.

3.3 COLETA DE DADOS

Os dados utilizados nesta pesquisa foram obtidos em parceria com a APC Cabo de São Roque, por meio do Projeto Tartarugas ao Mar, que atua no monitoramento das praias, desenvolve estudos científicos e promove ações de educação ambiental, tendo como objetivo central a conservação das tartarugas marinhas.

A coleta de dados ocorreu durante as temporadas reprodutivas de 2023/2024 e 2024/2025, entre os meses de dezembro a agosto. Os primeiros registros reprodutivos começam a ocorrer em meados de dezembro, no entanto, os esforços da pesquisa são concentrados nos meses de maior ocorrência, para registrar as fêmeas em processo de desova e possibilitar a instalação dos registradores de dados, equipamentos utilizados na pesquisa.

A metodologia desta pesquisa iniciou-se com o planejamento das atividades de campo e a programação dos registradores de dados para instalação ao longo da temporada reprodutiva das tartarugas marinhas, sendo instalado apenas um equipamento por ninho.

A maioria dos ninhos monitorados nesta pesquisa eram do tipo *in situ*, ou seja, mantidos no local original de desova. Os demais correspondiam a ninhos transferidos, realocados quando estavam em áreas consideradas de risco.

3.3.1 Equipamentos utilizados

Os registradores de dados utilizados nesta pesquisa são do tipo *data logger* de temperatura HOBO UA-001-64 da Onsetcomp (Figura 7). Para a leitura dos dados coletados foi utilizada a base-U-4 de leitura universal óptica, conectada ao acoplador específico de temperatura para o *data logger*. O software utilizado foi o HOBOWare, próprio para os registradores dessa marca.

Os *data loggers* foram programados para registrar a temperatura a cada uma hora, durante todo o período de incubação dos ovos, como sugerem os estudos de Zbinden, Margaritoulis, Arlettaz (2006) e Fuentes, Hamann, Limpus (2010). Esse período é estimado entre 50 e 60 dias para *Eretmochelys imbricata* (Witzel, 1983; Chacón, 2004, *apud* Santos, 2008), espécie foco deste estudo.

Além disso, os equipamentos foram configurados para ativação com o uso do acoplador específico, adequado a esse tipo de *data logger*, permitindo que fossem instalados a qualquer momento, dada a imprevisibilidade do horário de ocorrência das desovas.

Figura 7 – Equipamentos utilizados para a coleta de dados



Fonte: acervo próprio.

3.3.2 Procedimentos de instalação dos equipamentos

O processo de instalação dos equipamentos seguiu a metodologia descrita por Booth e Freeman, 2006, que sugere que os *data loggers* sejam instalados no interior dos ninhos, sobre a massa de ovos, logo após o final do processo de desova da tartaruga.

Para tal, foram acompanhadas as rondas noturnas (Figura 8) realizadas pela equipe do Projeto Tartarugas ao Mar, que percorria a praia de quadriciclo a cada 30 minutos, com o objetivo de registrar tartarugas marinhas em processo de desova. Quando uma tartaruga era avistada, a equipe realizava os procedimentos metodológicos necessários, como a coleta de dados biométricos, realização da fotoidentificação e marcação com anilhas metálicas. Concluídas essas etapas e finalizada a desova, o *data logger* era instalado.

Figura 8 - Registros do monitoramento noturno na Praia Cabo de São Roque



Legenda: 1. Equipe realizando a coleta e registro de dados; 2. Rastro de tartaruga desovando; 3. Marcação com anilha metálica; 4. Coleta de dados biométricos; 5. Tartaruga cobrindo o ninho e finalizando o processo de desova. Fonte: APC Cabo de São Roque.

O processo de instalação dos registradores de dados nos ninhos seguiu um protocolo padronizado para garantir a segurança do equipamento e a confiabilidade das informações obtidas. Inicialmente, um fio de nylon foi amarrado ao *data logger* para evitar sua perda durante o período de incubação. Uma das extremidades foi amarrada na parte superior do equipamento e outra foi presa a um graveto enterrado a certa distância do ninho. O fio foi então coberto com areia, de modo a permanecer oculto e não interferir na integridade do local.

Em seguida, realizava-se um registro fotográfico georreferenciado (Figura 9), contendo data, hora e o código identificador do equipamento, assegurando o momento exato da instalação. Após esse procedimento, o registrador era encaixado no acoplador para sua ativação e, posteriormente, inserido no interior do ninho.

Figura 9 - Registros fotográficos georreferenciados dos *data loggers*



Fonte: APC Cabo de São Roque (2024 e 2025).

A profundidade de instalação do equipamento foi de aproximadamente 30 centímetros, entre a superfície da areia e a massa de ovos, conforme recomendado por Mrosovsky e Provancha (1992). Em relação ao posicionamento do *data logger* no ninho, foi realizada uma adaptação em comparação à metodologia descrita por Booth e Freeman (2006), uma vez que não houve a remoção dos ovos para inserção do equipamento no centro da massa de ovos.

Após o período de incubação e posterior nascimento dos filhotes, os ninhos foram abertos para verificar o sucesso reprodutivo, por meio da contagem de filhotes vivos, natimortos e ovos não eclodidos. Nesse momento, o *data logger* foi removido do interior do ninho, sendo feito o registro fotográfico com localização georreferenciada, data e hora, garantindo a identificação do momento exato da retirada. Esse procedimento é essencial para não relacionar dados posteriores à remoção do equipamento.

3.3.3 Frequência de coleta de dados e limitações metodológicas

Considerando a variabilidade nos horários do monitoramento noturno e a frequência irregular de desovas, buscou-se maximizar o número de *data loggers* instalados, a fim de obter uma amostra representativa. Em alguns dias foram instalados mais de um equipamento, enquanto que em outros não houve registros.

Além disso, também foi avaliado o local de desova, quando apresentava possíveis riscos à instalação dos *data loggers*, como a influência de marés ou o escoamento de águas pluviais. Nesses casos, optou-se por não instalar o

equipamento ou por instalá-lo apenas após a transferência do ninho para uma área segura, na maioria das vezes bem próxima ao local da desova.

3.3.4 Critérios de seleção dos ninhos para monitoramento

Os ninhos selecionados para a instalação dos *data loggers* foram escolhidos aleatoriamente de acordo com a possibilidade de acompanhamento do processo de desova da tartaruga na praia, garantindo que os equipamentos fossem instalados logo após a postura dos ovos no ninho.

A seleção considerou ainda a distribuição espacial dos ninhos ao longo da Praia Cabo de São Roque, respeitando a setorização previamente estabelecida no trabalho de Santos (2025) em 3 setores, de modo a garantir uma amostragem representativa das diferentes condições ambientais presentes na praia. Além disso, buscou-se manter um equilíbrio no número de equipamentos instalados em cada setor, considerando tanto a densidade de desovas quanto a acessibilidade do ninho para monitoramento contínuo.

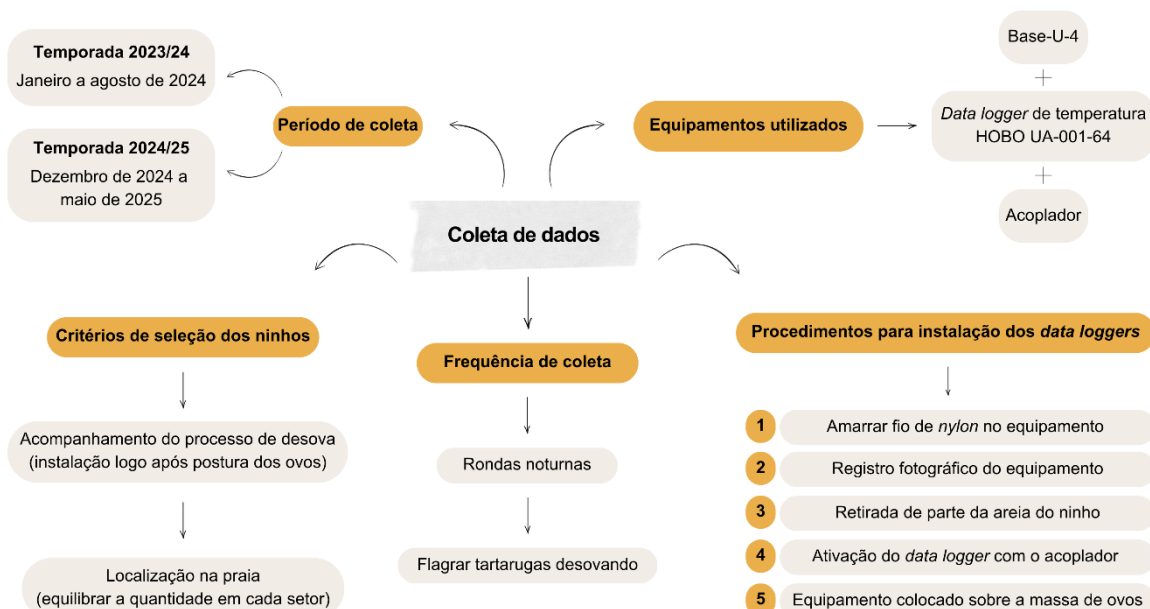
Para minimizar impactos sobre a incubação e o sucesso reprodutivo, os *data loggers* foram cuidadosamente instalados, sem alterar a estrutura do ninho, e somente em ninhos considerados estáveis e protegidos de possíveis marés altas ou erosão costeira local, seja pelo avanço da maré ou de possíveis desmoronamentos de falésias.

A estratégia de distribuição equilibrada dos equipamentos em diferentes setores permitiu avaliar como as variações morfológicas e microambientais da praia podem influenciar a temperatura nos ninhos e, conseqüentemente, o desenvolvimento embrionário, conforme práticas observadas em estudos semelhantes de monitoramento térmico em ninhos de tartaruga-de-pente (Fuentes; Hamann; Limpus, 2010; Simões *et al.*, 2014).

O fluxograma (Figura 10) apresentado abaixo resume de forma sistemática os critérios e etapas adotados na seleção dos ninhos monitorados, desde a observação inicial da desova até a instalação e recuperação dos registradores de dados. Esse recurso visual auxilia na compreensão do processo metodológico, destacando os pontos de decisão, como a análise das condições ambientais e a representatividade espacial dos setores da praia, além de indicar os cuidados técnicos necessários para a instalação dos equipamentos. Dessa maneira, o fluxograma contribui para tornar

mais claro e transparente o procedimento de coleta de dados, assegurando a reprodutibilidade do estudo.

Figura 10 - Fluxograma das etapas de coleta de dados da pesquisa



Fonte: autoria própria.

3.3.5 Variáveis adicionais coletadas

Para uma análise mais aprofundada, também foram considerados os dados meteorológicos da região durante o período de incubação, obtidos a partir dos relatórios pluviométricos fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). Esses registros climáticos são relevantes à pesquisa por possibilitarem a correlação entre a precipitação e as temperaturas observadas nos ninhos, visto que períodos mais chuvosos podem influenciar diretamente essa variável.

A análise dos dados buscou identificar relações entre as temperaturas registradas nos ninhos, o sucesso de eclosão e as características do local de desova, como o sombreamento e a presença de vegetação costeira natural. Para tal, elaborou-se um quadro com base na metodologia de Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2016), amplamente utilizada em pesquisas qualitativas para a interpretação de informações complexas. Essa abordagem possibilita uma análise mais consistente dos dados e favorece uma compreensão integrada e dinâmica das variáveis

analisadas (Valle; Ferreira, 2025). Segundo Bardin (2016), as etapas de codificação e categorização da Análise de Conteúdo permitem classificar e diferenciar os elementos da pesquisa, simplificando a apresentação das informações e facilitando a interpretação dos dados brutos da pesquisa.

Com base nesse método, foi elaborado o quadro a seguir (Quadro 1), destinado à caracterização dos ninhos quanto ao sombreamento e à presença de vegetação. Esses fatores externos, em conjunto com as condições climáticas e o tipo de sedimento, estão sendo analisados como importantes variáveis para a manutenção da temperatura interna dos ninhos (Simões *et al.*, 2014).

Quadro 1 - Caracterização do local do ninho

Item	Classificação	Caracterização
Sombreamento	Total (T)	Ninho totalmente sombreado
	Parcial (P)	Ninho com sombra em algum momento do dia, tarde (T) ou manhã (M)
	Ausente (A)	Ninho totalmente exposto ao sol, sem nenhuma sombra durante todo o dia
Vegetação	Presente (P)	Presença de vegetação ao redor (R) ou sobre (S) o ninho
	Ausente (A)	Ausência de vegetação

Fonte: autoria própria.

O sombreamento foi definido a partir da presença ou ausência de sombra sobre o ninho, conforme sua exposição ao sol. No caso de sombreamento parcial, este ocorria apenas em determinados períodos do dia, pela manhã ou à tarde, em função da cobertura de árvores ou falésias. Já a variável vegetação foi caracterizada pela presença de plantas a uma distância de até 0,5 m ao redor do ninho ou diretamente sobre ele, quando sua superfície era totalmente coberta.

Outra variável considerada foi a taxa de eclosão dos ninhos, calculada pela proporção de filhotes vivos em relação ao número total de ovos, permitindo correlacionar as variações de temperatura durante a incubação com o sucesso reprodutivo de cada ninho.

3.4 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS E AUTORIZAÇÕES PARA A PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida em parceria com a APC Cabo de São Roque, que possui licença válida do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBio), registrada sob o nº 64308 e emitida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), órgão federal vinculado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA). Essa autorização permite que a instituição realize o monitoramento de tartarugas marinhas na região, contemplando o manejo das tartarugas, seus ninhos e filhotes.

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos a partir do banco de dados da APC Cabo de São Roque, que disponibilizou os registros dos cadernos de campo, como a localização geográfica dos ninhos e contagem dos ovos, além dos registros fotográficos. As atividades de coleta envolveram procedimentos não invasivos, conduzidos segundo protocolos padronizados, de forma a minimizar potenciais impactos sobre os ninhos e o desenvolvimento embrionário.

3.5 PARCERIAS E COLABORAÇÕES

O desenvolvimento dessa pesquisa foi possível pela parceria com a APC Cabo de São Roque que, além de disponibilizar os equipamentos utilizados para a coleta de dados, contribuiu com toda a logística do trabalho em campo. Além disso, o compartilhamento de informações do caderno de campo reprodutivo, como a quantidade de ovos nos ninhos e o sucesso de eclosão de cada um, foi fundamental para a análise dos dados.

Espera-se que esse estudo contribua para o trabalho desenvolvido pela APC Cabo de São Roque, fornecendo dados relevantes sobre os padrões de temperatura encontrados e possíveis percepções frente às mudanças climáticas para uma tomada de decisão mais precisa quanto aos seus efeitos sobre as tartarugas marinhas. Os produtos técnicos desenvolvidos também foram pensados para contribuírem de forma significativa com o trabalho de campo e as ações de educação ambiental da instituição, além de permitir a divulgação das informações obtidas nesta pesquisa.

3.6 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados obtidos nesta pesquisa foi conduzida de forma integrada, contemplando abordagens qualitativa e quantitativa para garantir uma compreensão

abrangente dos resultados. Inicialmente, foram definidos critérios objetivos para inclusão ou exclusão dos ninhos monitorados, assegurando uma interpretação mais consistente e confiável.

A análise qualitativa envolveu a categorização das características do local dos ninhos, como sombreamento e presença de vegetação, com base em registros fotográficos e em observações diretas de campo, de modo a identificar padrões e fatores que possam influenciar a variabilidade térmica e o sucesso reprodutivo.

A análise quantitativa teve como base o tratamento estatístico dos dados de temperatura dos ninhos, taxa de eclosão e variáveis ambientais associadas, utilizando testes estatísticos apropriados para verificar tendências, correlações e possíveis diferenças significativas entre setores ou condições analisadas.

Para compreender as variações de temperatura nos ninhos de *Eretmochelys imbricata* ao longo das duas temporadas reprodutivas monitoradas, as temperaturas registradas foram examinadas em três etapas analíticas: o Período 1, correspondente à temporada 2023/2024; o Período 2, referente à temporada 2024/2025; e a interação entre os períodos, que permitiu avaliar possíveis diferenças térmicas entre as duas temporadas.

Além da comparação entre as duas temporadas reprodutivas, as temperaturas dos ninhos também foram avaliadas de acordo com os meses do ano, considerando o período reprodutivo. Essa abordagem permitiu identificar tendências sazonais dentro de cada temporada e possíveis variações associadas às condições climáticas predominantes em cada fase do ciclo reprodutivo. Posteriormente, esses resultados foram integrados à discussão climática, contemplando a influência de fenômenos como El Niño e La Niña, as variações de precipitação e seus potenciais reflexos sobre o sucesso de eclosão dos ninhos.

Essa abordagem integrada, combinando análises qualitativas e quantitativas, possibilitou uma interpretação mais robusta dos dados, favorecendo o entendimento das relações entre variáveis ambientais e parâmetros biológicos avaliados.

3.6.1 Critérios de inclusão ou exclusão para análise

Após a definição dos procedimentos analíticos, tornou-se essencial estabelecer critérios objetivos para a inclusão ou exclusão de dados, garantindo que as análises refletissem condições confiáveis.

Foram incluídos na análise apenas os ninhos que atenderam a determinadas condições, como o acompanhamento integral do período de incubação, sem interrupções ou interferências externas, registro completo e funcional dos *data loggers* durante todo o período de monitoramento e localização em áreas previamente definidas como parte da amostragem do estudo.

Por outro lado, foram excluídos os ninhos que apresentaram situações capazes de comprometer a confiabilidade das informações. Entre essas situações, destacam-se a predação total ou parcial do ninho, impossibilitando a coleta de dados precisos, como a determinação da taxa de eclosão. Além disso, foram desconsiderados na análise equipamentos que apresentaram falhas no funcionamento, como perda de dados ou mau funcionamento da bateria.

Esses critérios garantiram que a análise se restringisse a registros confiáveis, aumentando a precisão das interpretações sobre a variação térmica nos ninhos e seus efeitos no sucesso reprodutivo das tartarugas marinhas.

3.6.2 Testes estatísticos utilizados

Para garantir a confiabilidade dos resultados obtidos, os dados coletados foram previamente organizados, tabulados e verificados quanto à presença de inconsistências ou valores extremos. Assim, foram excluídos registros que não atenderam aos critérios previamente definidos, como falhas no funcionamento dos *data loggers* ou ninhos predados.

Inicialmente, procedeu-se a uma análise exploratória dos dados, com cálculo de estatísticas descritivas (média, mediana, desvio padrão, valores máximos e mínimos) para caracterizar a distribuição das variáveis. A escolha dos testes estatísticos considerou a natureza dos dados e os pressupostos de cada modelo.

Para avaliar o efeito do sombreamento e da vegetação associadas sobre a temperatura média e a variabilidade térmica dos ninhos, foram realizadas análises de variância (ANOVA) utilizando o software R. Antes da aplicação dos modelos paramétricos, as premissas de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias foram avaliadas por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Quando a ANOVA indicou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, aplicou-se o teste de comparações múltiplas de Tukey (*post hoc*), a fim de identificar quais pares de grupos apresentaram contrastes relevantes.

Nos casos em que as premissas paramétricas não foram atendidas, foram aplicados testes não paramétricos, como o de Kruskal-Wallis, para comparar os diferentes níveis de sombra e vegetação. Para complementar, utilizou-se o teste de comparações múltiplas de Dunn, com correção de Bonferroni, permitindo identificar de forma robusta quais grupos diferiram entre si mesmo quando a normalidade não era atendida.

Além disso, para avaliar relações entre variáveis contínuas e binárias, foi aplicado um modelo de regressão logística generalizada (GLM) com família quasibinomial, considerando como preditores a temperatura média nos ninhos, a variação térmica (SD), a presença de sombra e vegetação. Essa abordagem permitiu estimar a probabilidade de ocorrência de determinados eventos, como sucesso ou falha na eclosão, em função das condições microambientais dos ninhos.

Nos casos de comparação entre dois grupos independentes, foram utilizados tanto o teste t de Student não pareado (paramétrico) quanto o teste não paramétrico de Mann–Whitney/Wilcoxon, garantindo resultados mais robustos e consistentes, independentemente da distribuição dos dados.

Em todas as análises, adotou-se o nível de significância de 5% ($p < 0,05$) para a interpretação dos resultados. Estes então, forneceram a base para a avaliação do efeito do sombreamento e da vegetação sobre as condições microambientais dos ninhos, permitindo discutir suas implicações para o sucesso reprodutivo das tartarugas.

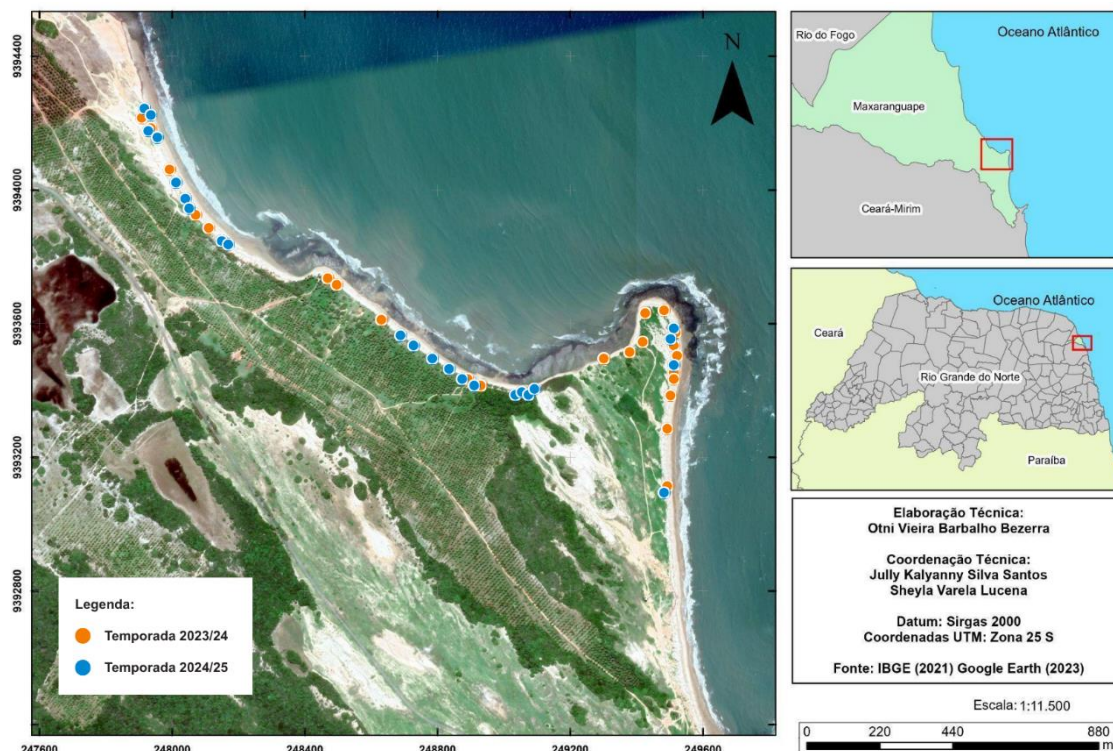
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante as temporadas reprodutivas de 2023/2024 e 2024/2025, foram monitorados 48 ninhos de *Eretmochelys imbricata* utilizando *data loggers* de temperatura. Na primeira temporada, 24 equipamentos foram instalados, sendo 17 em ninhos *in situ* e 7 em ninhos transferidos. Na temporada seguinte, outros 24 *data loggers* foram instalados, distribuídos em 22 ninhos *in situ* e 2 transferidos.

Como ilustrado na Figura 11, a distribuição dos *data loggers* ao longo da praia reflete o padrão espacial de ocorrência das desovas descrito por Santos (2025), com maior concentração de equipamentos instalados nas áreas onde os ninhos são mais frequentes. A figura evidencia, portanto, a predominância de *data loggers* instalados

no Setor 2, região central da praia, em razão de ser o trecho com maior concentração de desovas e, conseqüentemente, de ninhos monitorados.

Figura 11 - Mapa com a localização dos ninhos monitorados com *data logger* na Praia Cabo de São Roque durante duas temporadas reprodutivas



Fonte: adaptado de Santos (2025).

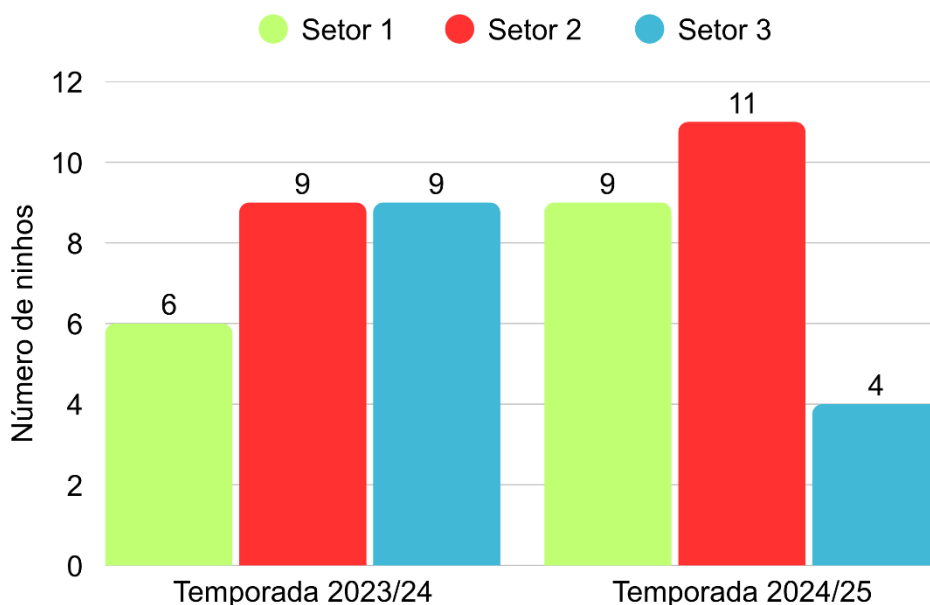
Desse total, apenas 37 ninhos puderam ser efetivamente analisados, devido a fatores que inviabilizaram a obtenção completa dos dados em alguns casos. Assim, 11 ninhos foram excluídos das análises por diferentes motivos, 7 da temporada 2023/2024 e 4 da temporada 2024/2025: 8 foram predados antes do final do período de incubação, o que impossibilitou a contagem dos ovos e o cálculo do sucesso de eclosão; em 2 casos, os *data loggers* apresentaram falhas, interrompendo o registro de temperatura antes do término do período de incubação; e, em 1 ninho, uma outra tartaruga realizou uma nova desova sobre o mesmo local, misturando os ovos e deslocando o equipamento, o que inviabilizou a análise.

4.1 SETORIZAÇÃO DA PRAIA E DENSIDADE DE DESOVAS

A Praia Cabo de São Roque apresenta características típicas de ambientes costeiros de alta relevância ecológica, com setores que variam em termos de vegetação, sombreamento e dinâmica sedimentar. Conforme já descrito por Fernandes (2021), a geomorfologia da área é marcada pela presença de falésias e dunas frontais, normalmente com vegetação, que pode variar entre mata nativa densa ou mata exótica, já modificada pela ação humana.

O gráfico abaixo (Figura 12), apresenta a distribuição dos ninhos monitorados com *data logger* por setor nas temporadas reprodutivas de 2023/2024 e 2024/2025. Observa-se que o Setor 2 foi a região com a maior quantidade de ninhos monitorados em ambas as temporadas, sendo 9 durante a temporada 2023/2024 e 11 na temporada 2024/2025, totalizando 20 ninhos. O Setor 1 teve 15 ninhos com *data logger*, sendo 6 na temporada 2023/2024 e 9 na temporada 2024/2025. Já no Setor 3, 13 ninhos receberam *data loggers*, sendo 9 ninhos na temporada 2023/2024 e outros 4 na temporada 2024/2025.

Figura 12 - Gráfico de ninhos monitorados com *data logger* por setor na Praia Cabo de São Roque em cada temporada reprodutiva



Fonte: autoria própria.

Pode ser observado na Figura 13 uma vista panorâmica dos Setores 1 e 2 da área de estudo, capturada a partir do promontório do Cabo de São Roque, ponto que marca o início do Setor 3. Essa perspectiva amplia a compreensão da setorização adotada, permitindo visualizar a disposição espacial dos setores ao longo da faixa litorânea. As linhas coloridas indicam os limites aproximados entre os dois setores, destacando as diferenças na morfologia da praia e na cobertura vegetal que caracterizam cada trecho.

Figura 13 - Vista panorâmica da área de estudo a partir do Cabo de São Roque



Fonte: acervo próprio.

O Setor 1 (Figura 14), localizado na porção mais ao norte da praia, corresponde a aproximadamente 28,88% da área total e apresenta morfologia acidentada e limitada faixa de praia. Suas características físicas incluem falésias escalonadas e a presença de dunas frontais, em sua maioria cobertas por vegetação (Fernandes, 2021). No geral, esse setor apresenta áreas sombreadas mais restritas e com pouca cobertura vegetal, localizadas principalmente em trechos influenciados pela sombra projetada das falésias durante o período da tarde.

Segundo Santos (2025), esses fatores resultam em uma baixa disponibilidade de espaço para a nidificação, o que contribui para a baixa densidade de desovas registradas nesse setor, com uma densidade espacial de 0,0035 ninhos/m². Essa menor concentração de desovas pode estar relacionada ao comportamento reprodutivo da tartaruga-de-pente, espécie que tende a selecionar locais próximos à vegetação para a construção dos ninhos, preferindo áreas mais elevadas e afastadas da linha de maré alta, onde há maior proteção contra inundações e possíveis predações (Moura *et al.*, 2012; Sforza; Marcondes; Pizetta, 2017). Ainda que a disponibilidade de espaço para nidificação seja limitada, o Setor 1 reúne as áreas consideradas mais estáveis e seguras, com menor exposição ao avanço da maré, o

que pode garantir maior sobrevivência dos ninhos instalados nessas zonas (Santos, 2025).

Figura 14 - Diferentes fisionomias e características físicas do Setor 1



Legenda: 1. Falésias escalonadas; 2. Área de duna entre falésias; 3. Região de dunas frontais que sobrepõem as falésias; 4. Área com mais cobertura vegetal; 5. Área de falésias que sofre com erosão costeira frequente; 6. Alguns *beachrocks* na área de transição entre os Setores 1 e 2. Fonte: APC Cabo de São Roque.

O Setor 2 (Figura 15), que corresponde à área central da Praia Cabo de São Roque, com aproximadamente 34,72% da extensão total da praia, apresenta baixa declividade e faixa de areia estreita (Fernandes, 2021). Em relação às características ambientais, observou-se que é o setor que apresenta maior cobertura vegetal, tanto em densidade quanto em extensão, o que o caracteriza como o setor com a maior quantidade de locais sombreados. As características físicas desse trecho, associadas à presença de vegetação de restinga, criam condições favoráveis para a escolha dos locais de nidificação, contribuindo diretamente para a intensa atividade reprodutiva

registrada nesse setor, com uma densidade de 0,0045 ninhos/m² (Moura *et al.*, 2012; Santos, 2025).

Figura 15 - Diferentes fisionomias e características físicas do Setor 2



Legenda: 1. Faixa de areia estreita na maré cheia; 2. Vista superior da área com cobertura vegetal densa; 3 e 4. Áreas com barreiras naturais; 5. Trecho com barreiras menores que as tartarugas conseguem ultrapassar; 6. Ninho em área sombreada; 7. Visão geral do Setor 2, com o Setor 1 ao fundo; 8. Área de transição para o Setor 3, com a presença de *beachrocks*. Fonte: APC Cabo de São Roque.

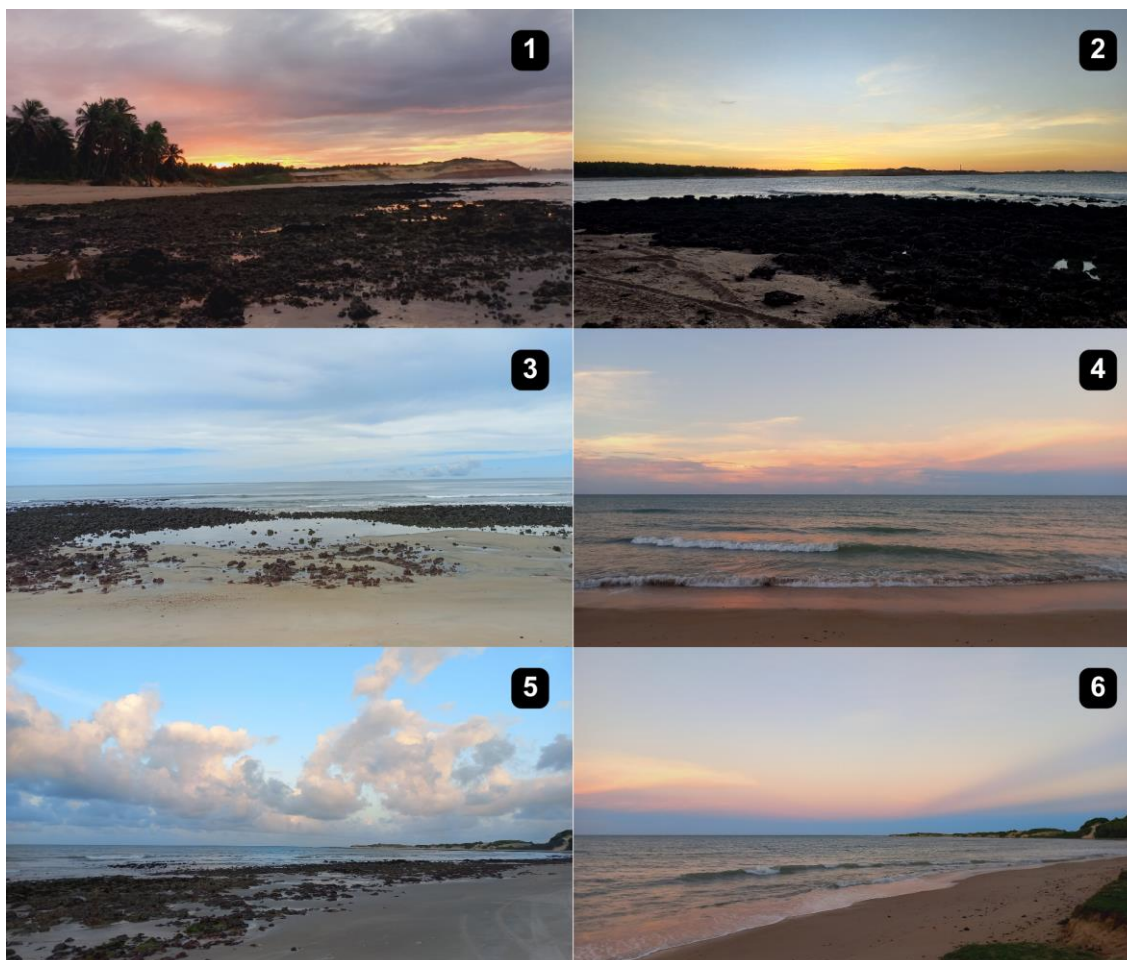
A predominância de desovas no Setor 2, já descrita no estudo de Santos (2025), reflete a preferência das tartarugas pelo local, possivelmente associada à

maior disponibilidade de áreas com sombra e cobertura vegetal, fatores conhecidos por influenciarem as condições térmicas e a umidade do substrato, contribuindo para o sucesso reprodutivo (Moura *et al.*, 2012; Kamel, 2013). No entanto, como foi evidenciado no estudo de Santos (2025), esse é também o setor da praia mais afetado pela erosão costeira, o que frequentemente compromete a estabilidade dos locais de desova e limita a viabilidade de manutenção dos ninhos *in situ*, padrão que reforça a necessidade manejo *ex situ* e justifica a maior intensidade de transferências nesse setor.

Além disso, o Setor 2 apresenta uma dinâmica costeira bastante variável ao longo do ano. A estreita faixa de areia, associada à ação constante das marés e das ondas, promove um processo de deposição e retirada de sedimentos que altera periodicamente o relevo local. Em determinados períodos, essa dinâmica resulta na formação de pequenas barreiras naturais, que podem dificultar o acesso das tartarugas às áreas mais elevadas e vegetadas, justamente aquelas consideradas mais seguras para a incubação, deixando os ninhos mais vulneráveis às inundações e à erosão costeira (Fernandes, 2021; Santos, 2025). Essas características reforçam a complexidade da escolha dos locais de nidificação pelas tartarugas, visto que é um processo que envolve tanto fatores favoráveis, como sombra e vegetação (Kamel, 2013; Chatting *et al.*, 2018), quanto riscos ambientais, como inundações e erosão costeira (Bio *et al.*, 2020; Fuentes, Limpus, Hamann, 2011).

Outra característica relevante do Setor 2 é a presença de *beachrocks* (Figura 16) por toda a sua extensão, formações rochosas situadas na zona intermaré que ficam expostas durante a maré baixa (Fernandes, 2021). Embora essas estruturas possam aparentar um potencial obstáculo ao deslocamento das tartarugas marinhas, estudos relatam que esses animais utilizam as marés cheias para atravessar recifes e formações rochosas, um comportamento adaptativo que evidencia a capacidade das tartarugas de se ajustarem aos diferentes ambientes sem comprometer o processo de desova (Bellini *et al.*, 2013; Mendonça, 2021).

Figura 16 - *Beachrocks* ao longo da extensão da Praia Cabo de São Roque



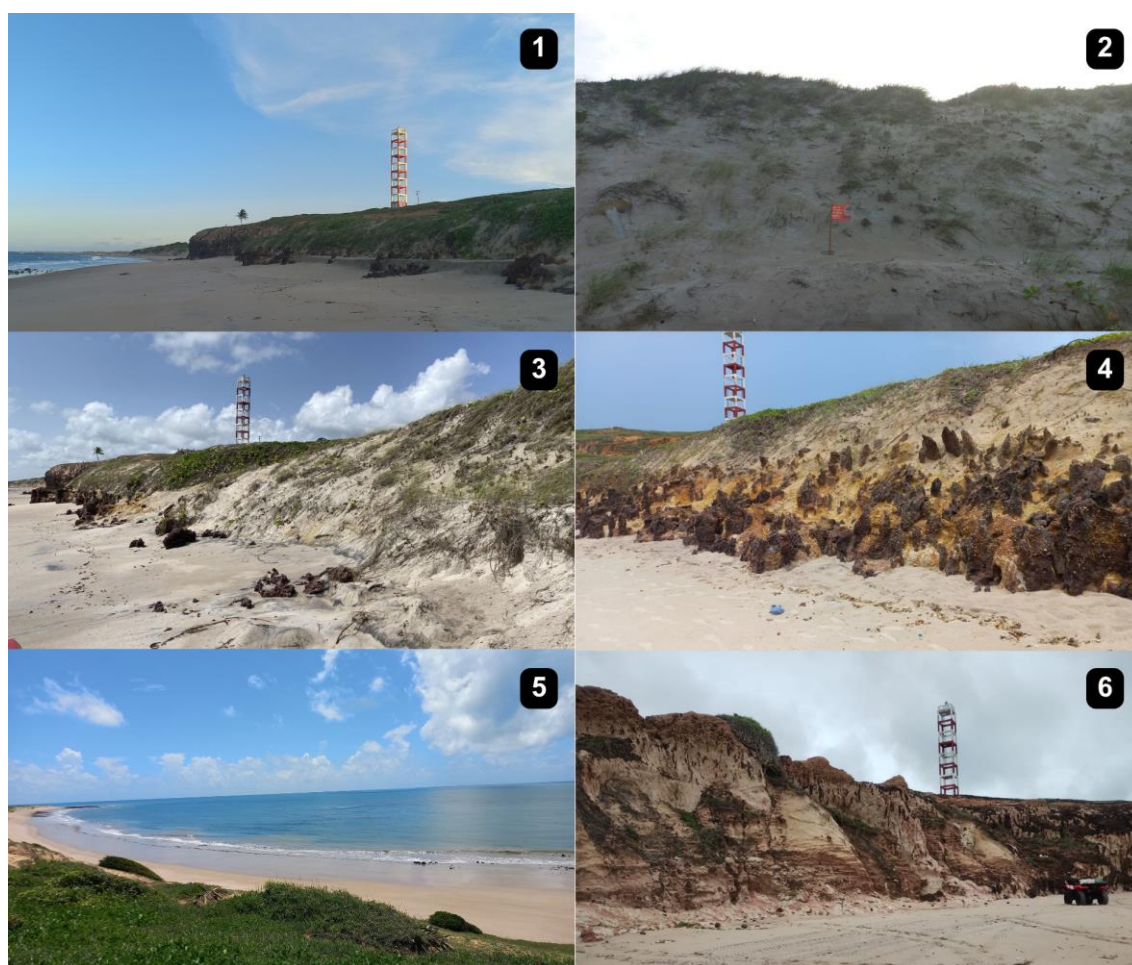
Legenda: 1 e 2. *Beachrocks* aparentes na maré seca; 3 e 4. Mesmo trecho em diferentes marés; 5 e 6. Mesmo trecho em diferentes marés. Fonte: APC Cabo de São Roque.

O Setor 3 (Figura 17), que corresponde a cerca 38,72% da extensão total da Praia Cabo de São Roque, apresenta-se como a área mais dinâmica e menos sombreada da praia, marcada pela influência de *beachrocks* e a ação do promontório do Cabo de São Roque, que promove a difração das ondas (Fernandes, 2021). Ainda de acordo com Fernandes (2021), esse setor apresenta uma face de praia mais íngreme em comparação aos demais, com predominância de dunas frontais relativamente altas e inclinadas, recobertas por vegetação nativa pouco densa. Essas dunas, em alguns trechos, sobrepõem as pequenas falésias presentes na área, as quais são as menores de toda a extensão estudada.

Essa combinação de fatores, associada à intensa dinâmica costeira e processos erosivos mais intensos, tornam essa área ambientalmente instável e aumentam a exposição dos ninhos à ação direta do mar, reduzindo significativamente a disponibilidade de locais adequados para nidificação. Apenas poucos trechos ainda

preservam dunas frontais consolidadas capazes de oferecer maior proteção e estabilidade aos ninhos, configurando-se como as únicas áreas potencialmente seguras para a incubação nesse setor. Segundo Santos (2025), esses fatores podem justificar a menor frequência de desovas observadas no Setor 3, com uma densidade de 0,0017 ninhos/m², sugerindo que as tartarugas devem evitar essa região em razão das características menos favoráveis, padrão que reforça a hipótese de que a escolha dos locais de nidificação está diretamente relacionada ao equilíbrio entre fatores ambientais, como temperatura e umidade do substrato, e a estabilidade física do ambiente costeiro (Booth; Freeman, 2006; Fuentes; Limpus; Hamann, 2011). Como resultado, foi o setor que apresentou o menor número de desovas monitoradas ao longo das duas temporadas. Nesse trecho, 13 ninhos receberam *data loggers*, sendo 9 ninhos na temporada 2023/2024 e apenas 4 na temporada 2024/2025.

Figura 17 - Diferentes fisionomias e características físicas do setor 3



Legenda: 1. Visão geral do Setor 3, com o Farol de São Roque ao fundo; 2. Ninho em duna preservada; 3 e 4. Áreas frequentemente impactadas pela erosão costeira; 4. Vista superior do setor 3; 6. Área com falésias. Fonte: APC Cabo de São Roque.

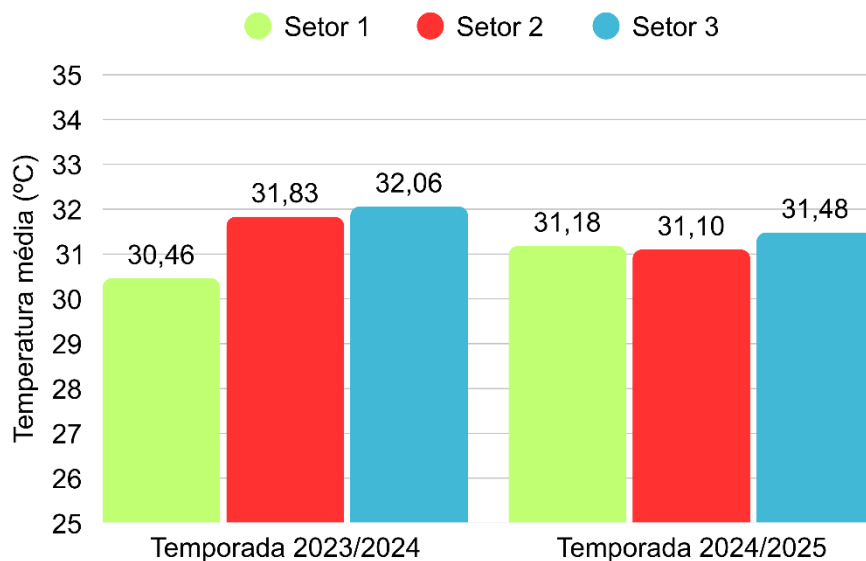
De modo geral, a caracterização ambiental dos três setores evidencia como as variações locais na morfologia da praia influenciam a distribuição e o comportamento reprodutivo das tartarugas-de-pente. A seletividade demonstrada pelas fêmeas na escolha dos locais de desova reflete estratégias adaptativas frente à heterogeneidade ambiental das praias, evidenciando a plasticidade ecológica da espécie em ajustar seu comportamento de nidificação às condições físicas e microambientais (Perez *et al.*, 2016; Patrício *et al.*, 2021). Assim, as praias de desova configuram-se como ambientes dinâmicos e seletivos, onde a interação entre fatores naturais e o comportamento das tartarugas molda padrões reprodutivos e influencia diretamente o sucesso das populações (Booth; Freeman, 2006; Fuentes; Hamann; Limpus, 2010; Esteban *et al.*, 2016).

4.2 PADRÕES TÉRMICOS POR SETOR

Para avaliar a influência da posição do ninho na praia sobre a temperatura de incubação, os setores da Praia Cabo de São Roque foram comparados em termos de temperatura média e variação térmica dos ninhos durante as duas temporadas monitoradas.

Na temporada 2023/2024, observou-se que o Setor 1, localizado na porção mais ao norte e com cobertura vegetal moderada, apresentou a menor temperatura média de 30,46°C, enquanto o Setor 2, central e com maior densidade de vegetação e sombra, apresentou temperatura média mais elevada 31,83°C, indicando que, embora o sombreamento possa atenuar a incidência direta da radiação solar, a maior densidade vegetal pode contribuir para o aumento da temperatura do substrato em determinadas condições microambientais (Fuentes; Limpus; Hamann, 2011; Ditmer; Stapleton, 2012). O Setor 3, caracterizado por maior exposição e menos vegetação, apresentou temperatura média de 32,06°C, sendo o setor com a temperatura mais elevada. Na temporada 2024/2025, observou-se aumento da temperatura média no Setor 1 para 31,18 °C, ligeira diminuição no Setor 2 para 31,1°C e temperatura de 31,48 °C no Setor 3, evidenciando pequenas variações interanuais entre os setores (Figura 18).

Figura 18 - Gráfico das temperaturas médias por setor na Praia Cabo de São Roque ao longo de duas temporadas reprodutivas

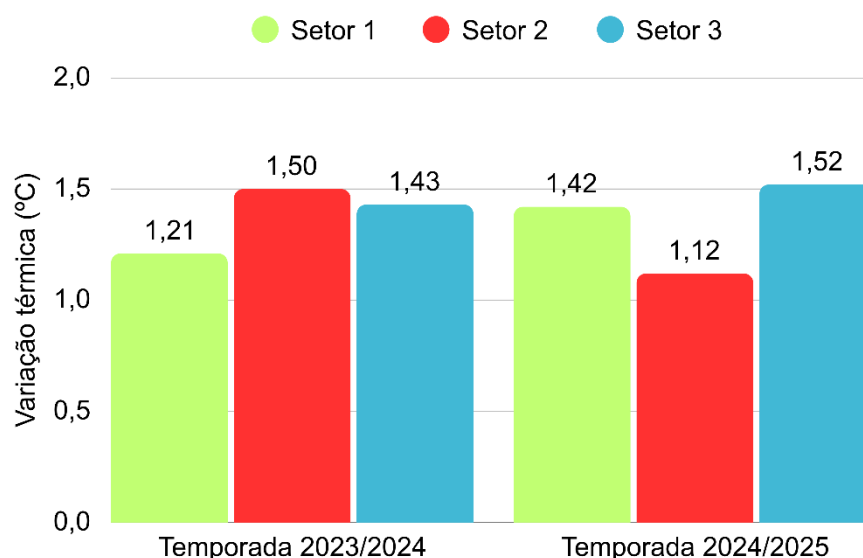


Fonte: autoria própria.

Em relação à variação térmica (Figura 19), na temporada 2023/2024, o setor 1 apresentou 1,21°C de oscilação, sugerindo relativa estabilidade, enquanto o Setor 2 apresentou maior amplitude térmica, com 1,5°C, e o Setor 3 apresentou 1,43°C, ligeiramente menor que o setor central. Na temporada 2024/2025, o Setor 1 apresentou variação térmica de 1,42°C, o Setor 2 reduziu a amplitude para 1,12°C, indicando maior estabilidade nesse período, e o Setor 3 apresentou 1,52°C.

Os padrões térmicos observados refletem as características físicas e ambientais de cada setor e evidenciam a complexidade das respostas microclimáticas na praia. Os setores 1 e 2 mostraram-se relativamente mais estáveis ao longo das duas temporadas, embora apresentem comportamentos opostos entre os períodos: no Setor 1, as temperaturas médias e a variação térmica dos ninhos foram menores no primeiro período e ligeiramente maiores no segundo, enquanto no Setor 2 ocorreu o inverso, com valores mais elevados inicialmente e uma redução posterior. Ainda assim, o Setor 1 é o que apresenta as maiores taxas de eclosão registradas na praia, o que corrobora o estudo de Santos (2025). O Setor 3, mais exposto e com maior amplitude térmica, mantém condições mais instáveis que podem comprometer o desenvolvimento embrionário.

Figura 19 - Gráfico da variação térmica por setor na Praia Cabo de São Roque ao longo de duas temporadas reprodutivas



Fonte: autoria própria.

A ausência de diferenças tão significativas para a temperatura média de incubação entre os setores sugere que outros fatores microambientais podem modular de forma mais direta o microclima dos ninhos, sendo essenciais para o sucesso de eclosão (Miller; Limpus; Godfrey, 2003; Fuentes; Limpus; Hamann, 2011; Kamel, 2013; Lockley; Eizaguirre, 2021). Esses resultados reforçam a importância de análises detalhadas setoriais, análise de maior número de ninhos e monitoramento contínuo, permitindo identificar áreas mais estáveis e seguras para nidificação, bem como fornecer subsídios para estratégias de manejo e conservação, especialmente em contextos de mudanças climáticas, aumento do nível do mar e erosão costeira.

4.3 PADRÕES TÉRMICOS POR TEMPORADA REPRODUTIVA

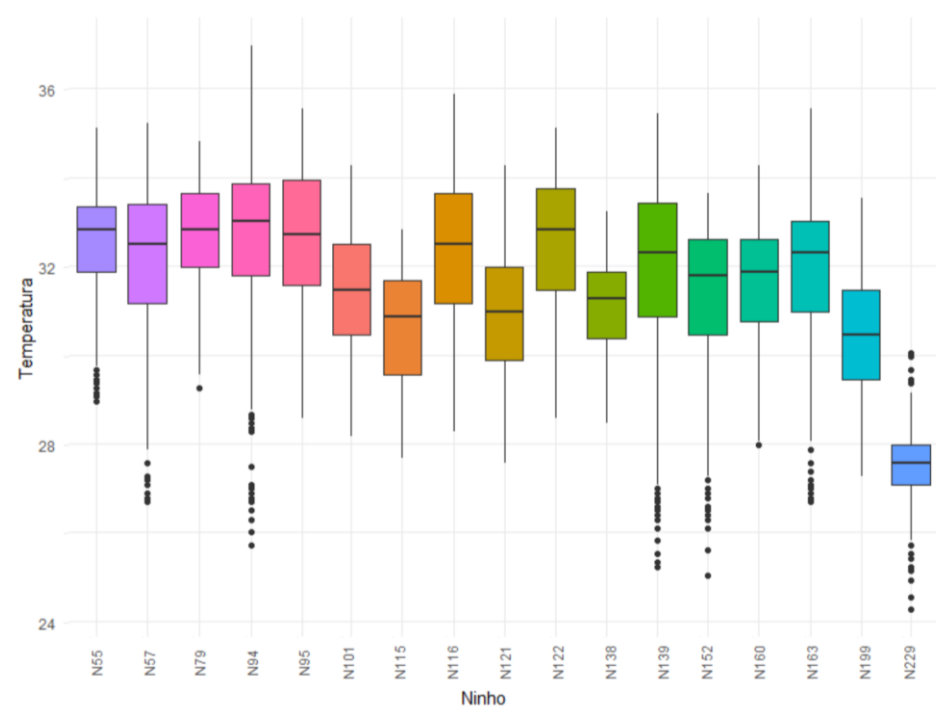
4.3.1 Período 1 (temporada 2023/2024)

Durante a primeira temporada reprodutiva monitorada (2023/2024), as temperaturas médias registradas nos ninhos variaram entre 27,49 e 32,85°C, com desvio padrão médio em torno de 1,41°C, indicando relativa estabilidade térmica ao longo do período de incubação. Dos 24 ninhos que foram monitorados com *data logger*, 17 apresentaram registros completos e puderam ser incluídos na análise, em razão dos fatores limitantes já mencionados anteriormente.

As temperaturas máximas registradas nos ninhos durante esse período variaram entre 30,05°C e 36,95°C, enquanto as mínimas oscilaram entre 24,25°C e 28,95°C, resultando em uma amplitude térmica média de cerca de 8°C. De modo geral, a maior parte dos ninhos apresentou temperaturas médias acima de 31°C, com valores máximos frequentemente ultrapassando 34°C.

A distribuição das temperaturas registradas nos ninhos durante o primeiro período é apresentada no gráfico abaixo (Figura 20). Esse tipo de representação permite visualizar de forma sintética a variação dos dados, destacando a mediana, os quartis e possíveis valores extremos. Assim, é possível identificar padrões de dispersão e eventuais diferenças entre os grupos analisados, fornecendo uma visão geral sobre a estabilidade térmica dos ninhos monitorados ao longo da temporada 2023/2024.

Figura 20 - *Boxplot* das temperaturas por ninho no Período 1 (2023/2024)



Fonte: autoria própria.

Entre os ninhos monitorados, o ninho 229 apresentou os menores valores médios de temperatura (27,49°C) e o menor desvio térmico (0,69°C), indicando condições de incubação mais estáveis e amenas em comparação aos demais. Esse padrão está diretamente relacionado ao período em que o ninho permaneceu em

incubação, entre junho e agosto, meses finais da temporada reprodutiva, quando as temperaturas ambientais e da areia tendem a ser mais baixas.

Esses resultados reforçam a influência sazonal sobre o regime térmico de incubação (Kamel; Mrosovsky, 2006; Dos Santos Oliveira *et al.*, 2020), evidenciando que ninhos formados no fim da temporada podem oferecer condições potencialmente mais equilibradas para o desenvolvimento embrionário e para a manutenção de proporções sexuais mais próximas do equilíbrio.

No entanto, constatou-se que em grande parte dos ninhos a temperatura da areia permaneceu predominantemente acima de 28°C, com muitos registros superando 35°C. Esses picos, contudo, não se mantiveram por longos períodos ao longo do dia, o que evita que atinjam níveis críticos para o desenvolvimento embrionário. Assim, esses resultados sugerem condições de incubação relativamente elevadas, ainda que dentro da faixa considerada adequada para o desenvolvimento dos embriões.

Embora a temperatura da maioria dos ninhos tenha se mantido dentro da faixa considerada adequada para o desenvolvimento embrionário de *Eretmochelys imbricata*, aproximadamente entre 29 e 33°C (Howard; Bell; Pike, 2014; Fuentes *et al.*, 2024), alguns registros ultrapassaram as temperaturas de incubação consideradas seguras para o sucesso de eclosão.

A ocorrência de picos térmicos em alguns ninhos, indica possíveis momentos de estresse térmico, o que pode ter contribuído para a redução observada no sucesso de eclosão nesta temporada. Além da influência sobre a determinação sexual, as altas temperaturas médias e os picos térmicos superiores a 35°C observados em alguns ninhos representam um fator crítico para o sucesso de eclosão. Temperaturas excessivas podem comprometer o desenvolvimento dos embriões, reduzindo as taxas de eclosão e aumentando a mortalidade embrionária (Howard; Bell; Pike., 2014; Wyneken; Salmon, 2020; Fuentes *et al.*, 2024).

Esses padrões de temperatura indicam ainda uma tendência à feminização das populações de tartarugas marinhas, fenômeno amplamente discutido na literatura em função do mecanismo de determinação sexual dependente da temperatura (TSD), visto que temperaturas mais altas tendem a produzir uma proporção maior de fêmeas (Jensen *et al.*, 2018; Esteban *et al.*, 2016; Fuentes *et al.*, 2009). Essa tendência, associada ao aquecimento global e à redução das áreas seguras nas praias de

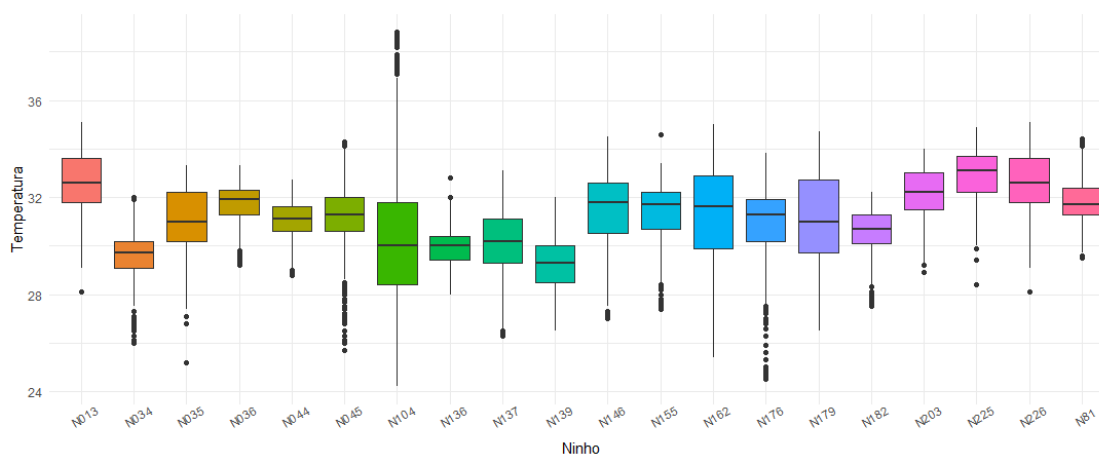
desova, levanta preocupações sobre o equilíbrio populacional a longo prazo, já que a escassez de machos pode comprometer o potencial reprodutivo das populações de tartarugas marinhas (Laloë; Hays, 2023; Patrício *et al.*, 2021).

4.3.2 Período 2 (temporada 2024/2025)

Durante a segunda temporada reprodutiva monitorada (2024/2025), as temperaturas médias registradas nos ninhos variaram entre 29,31°C e 32,88°C, com desvio padrão médio de 1,27°C. Dos 24 ninhos monitorados com *data logger*, 20 apresentaram registros completos e puderam ser incluídos nas análises, sendo os demais excluídos devido a falhas no equipamento ou perda parcial de dados.

As temperaturas máximas nos ninhos variaram de 31,98°C a 38,82°C, enquanto as mínimas oscilaram entre 24,16°C e 29,15°C. O *boxplot* das temperaturas médias registradas nos ninhos durante a temporada 2024/2025 (Figura 21) evidencia um padrão térmico relativamente mais uniforme quando comparado ao da temporada anterior. A mediana situou-se próxima de 31°C, indicando que a maior parte dos ninhos se manteve dentro da faixa considerada adequada para o desenvolvimento embrionário de *Eretmochelys imbricata*.

Figura 21 - *Boxplot* das temperaturas por ninho no Período 2 (2024/2025)



Fonte: autoria própria.

De modo geral, as variações de temperatura nos ninhos mostraram-se mais estáveis durante o período, refletindo um ambiente térmico mais homogêneo. A redução da amplitude térmica e a ausência de valores extremos na maioria dos ninhos indicam condições ambientais regulares, possivelmente associadas a um regime

climático mais equilibrado e menor exposição a picos de aquecimento. Em quase todos os ninhos, as temperaturas permaneceram abaixo de 35°C durante todo o período de incubação e apenas um ninho apresentou pico superior a esse limite, atingindo 38°C, possivelmente em decorrência de fatores locais, como menor profundidade ou maior incidência solar direta.

Esses resultados reforçam a importância de se compreender a interação entre fatores climáticos e microambientais na determinação do ambiente térmico dos ninhos, especialmente em contextos de variabilidade climática acentuada.

4.3.3 Interação entre as temporadas

De forma comparativa, observou-se que as temperaturas médias dos ninhos apresentaram valores semelhantes entre as duas temporadas, mas com médias máximas ligeiramente mais elevadas no primeiro período (2023/2024). As temperaturas máximas médias nos ninhos foram de 34,5°C na primeira temporada e 33,9°C na segunda, enquanto as mínimas médias variaram de 26,9°C para 27,1°C, respectivamente. Em relação à amplitude térmica, a média da primeira temporada foi de 8,05°C e de 6,97°C na segunda, indicando uma estabilidade térmica um pouco maior no segundo período.

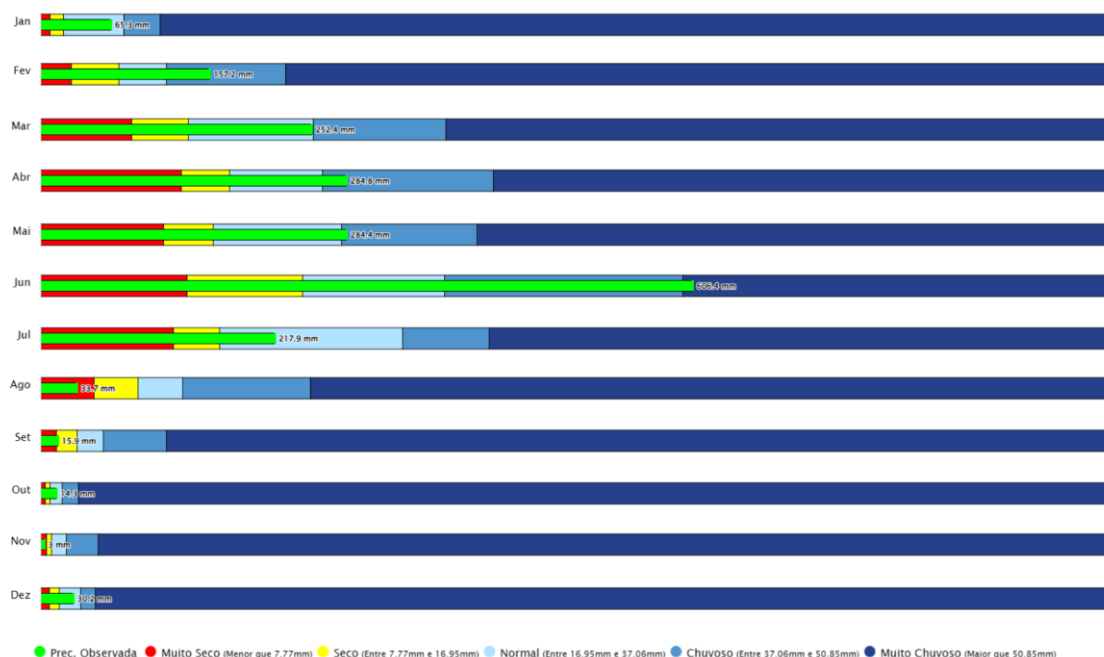
Durante a temporada 2023/2024, a atuação de um evento El Niño contribuiu para temperaturas ambientais mais elevadas e maior incidência de radiação solar, o que pode ter elevado as temperaturas nos ninhos e aumentado o risco de superaquecimento embrionário (Santidrián Tomillo *et al.*, 2017; Howard; Bell; Pike, 2014). De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e a NASA, 2024 foi o ano mais quente já registrado, com temperaturas que superaram 1,5°C acima dos níveis pré-industriais, resultado das alterações climáticas a longo prazo somadas ao efeito do El Niño de 2023/2024.

Sugere-se que, embora o aumento da umidade relativa possa estar associado à redução da temperatura do substrato em alguns momentos, a combinação de períodos de calor intenso e elevada umidade pode ter impactado negativamente o sucesso de eclosão. Nessas condições, a alta umidade tende a diminuir a oxigenação do substrato, enquanto as temperaturas elevadas podem comprometer o desenvolvimento embrionário, resultando em menor estabilidade microambiental nos ninhos (Houghton *et al.*, 2007; Jourdan; Fuentes, 2015; Lockley; Eizaguirre, 2021).

Em contraste, a temporada seguinte (2024/2025) ocorreu sob condições de neutralidade climática, com tendência de transição para La Niña, apresentando um regime térmico mais ameno e estável. As temperaturas médias ligeiramente inferiores registradas nos ninhos indicam um ambiente de incubação mais equilibrado, possivelmente associado à redução das temperaturas atmosféricas e à atenuação dos efeitos do fenômeno El Niño observados no período anterior.

A análise dos dados meteorológicos regionais reforça as diferenças observadas entre as duas temporadas reprodutivas, evidenciando o papel dos fatores climáticos sobre as condições microambientais dos ninhos. No ano de 2024, a precipitação acumulada registrada no posto meteorológico UFRN-INMET (Natal/RN) (Figura 22), o mais próximo da área de estudo em atividade, foi de aproximadamente 1.965mm, com regime pluviométrico dentro do padrão sazonal típico do litoral oriental do Rio Grande do Norte.

Figura 22 - Precipitação acumulada em Natal no ano de 2024



Fonte: adaptado de Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN).

O trimestre inicial apresentou aumento progressivo das chuvas e volumes dentro das categorias normal a chuvoso, com destaque para março (252,4mm), que marca o início da quadra chuvosa principal da região litorânea. Entre abril (284,8mm) e maio (284,4mm), os índices mantiveram-se próximos da média histórica, enquanto

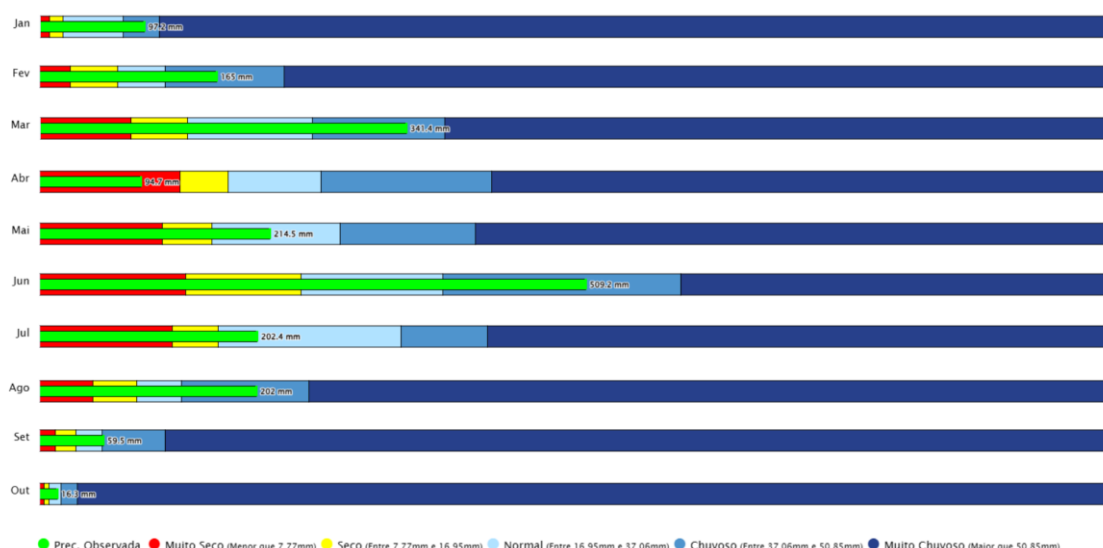
junho (606,4mm) configurou-se como o mês mais chuvoso do ano, enquadrando-se na categoria muito chuvoso.

Esse pico acentuado reflete a forte atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), possivelmente modulada por anomalias positivas de temperatura superficial do mar no Atlântico Tropical Sul, que tenderam a compensar parcialmente os efeitos de redução pluviométrica associados ao evento El Niño (CPTEC/INPE, 2024). Esse comportamento, aliado às temperaturas elevadas da areia, pode ter contribuído para maior aquecimento e flutuação térmica nos ninhos durante a temporada de 2023/2024, conforme observado nas análises térmicas.

A partir de julho, observou-se uma redução progressiva nas chuvas, com o trimestre de julho a setembro apresentando volumes entre normal e seco. Os meses de agosto (37,7mm) e setembro (15,9mm) registraram precipitações consideravelmente abaixo da média, configurando o início de um período de baixa precipitação que se estendeu até novembro.

Em 2025, o regime pluviométrico entre janeiro e outubro apresentou uma variabilidade temporal, com alternância entre períodos secos e chuvosos. O total acumulado de precipitação para esses meses foi de cerca de 1.902mm (Figura 23).

Figura 23 - Precipitação acumulada em Natal no ano de 2025



Fonte: adaptado de Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN).

A quadra chuvosa concentrou-se entre março e junho, com destaque para junho (509,2mm) e março (341,4mm), com chuvas dentro da categoria chuvoso. O

mês de abril (94,7mm) apresentou um comportamento atípico, caracterizando-se como muito seco, o que sugere uma interrupção pontual na atuação dos sistemas de convergência. No segundo semestre, os volumes mantiveram-se dentro do padrão normal, embora as precipitações tenham sido mais significativas do que no mesmo período no ano anterior.

A comparação entre os anos de 2024 e 2025 evidencia padrões distintos de distribuição temporal das chuvas, ainda que os totais de precipitação acumulada tenham sido semelhantes. Vale destacar que os dados de 2025 referem-se apenas ao período até outubro, o que indica um volume de chuvas mais elevado neste ano.

O ano de 2024 apresentou um primeiro semestre muito chuvoso, com pico expressivo de precipitação em junho, seguido por um segundo semestre mais seco. Em contraste, 2025 apresentou um regime pluviométrico mais equilibrado, com variações moderadas entre os primeiros meses, refletindo uma distribuição mais homogênea das precipitações e menor ocorrência de extremos. Essa diferença de regularidade entre os dois períodos pode estar relacionada à transição dos fenômenos El Niño para La Niña, que modulam a posição e intensidade da ZCIT e influenciam diretamente o comportamento das chuvas e da temperatura na faixa costeira do Nordeste (Moura; Shukla, 1981; Nobre; Shukla, 1996).

De forma geral, o comportamento pluviométrico observado ressalta a influência crescente das oscilações climáticas de larga escala sobre a variabilidade intra e interanual das chuvas no litoral potiguar, um aspecto relevante para estudos ambientais, ecológicos e de monitoramento de ecossistemas sensíveis, como áreas de desova de tartarugas marinhas.

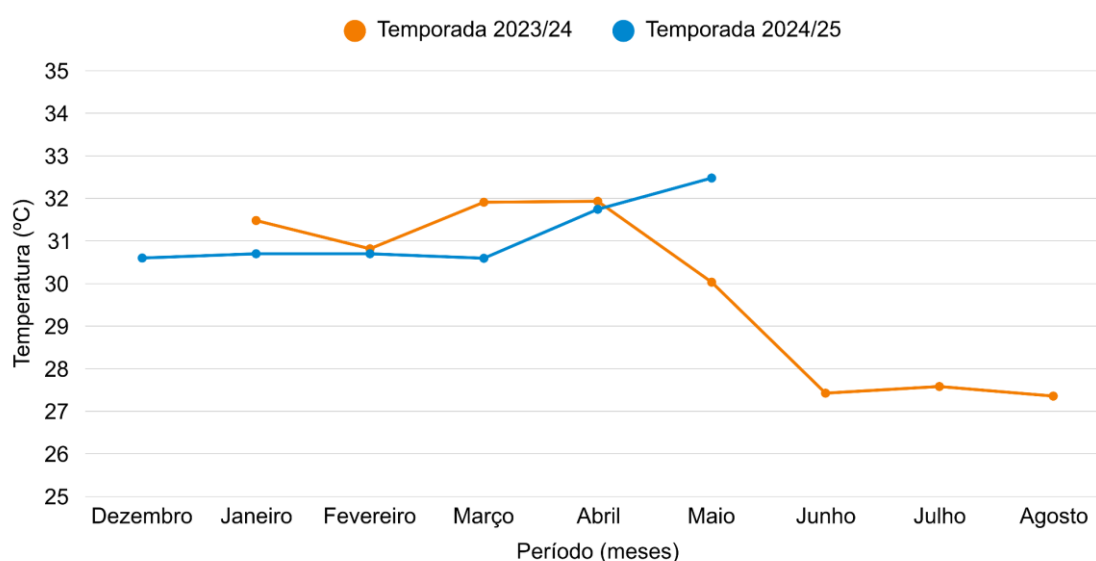
Essa integração entre dados meteorológicos e térmicos reforça a relação entre a variabilidade climática regional e as condições dos ninhos, oferecendo uma base sólida para a discussão das influências climáticas sobre o sucesso reprodutivo de *Eretmochelys imbricata* na Praia Cabo de São Roque.

4.4 PADRÕES TÉRMICOS POR PERÍODO DO ANO

A análise das temperaturas dos ninhos ao longo das duas temporadas monitoradas evidencia padrões sazonais claros, refletindo tanto a influência das condições climáticas regionais quanto das características microambientais dos locais de desova. Observou-se que, em ambas as temporadas, as maiores temperaturas

médias nos ninhos ocorreram entre março e maio (Figura 24), enquanto os menores valores médios foram registrados nos meses finais do período reprodutivo, indicando uma tendência de aquecimento no início da temporada e resfriamento progressivo à medida que a estação avança.

Figura 24 - Gráfico das temperaturas médias registradas nos ninhos monitorados com *data logger* em cada temporada reprodutiva



Fonte: autoria própria.

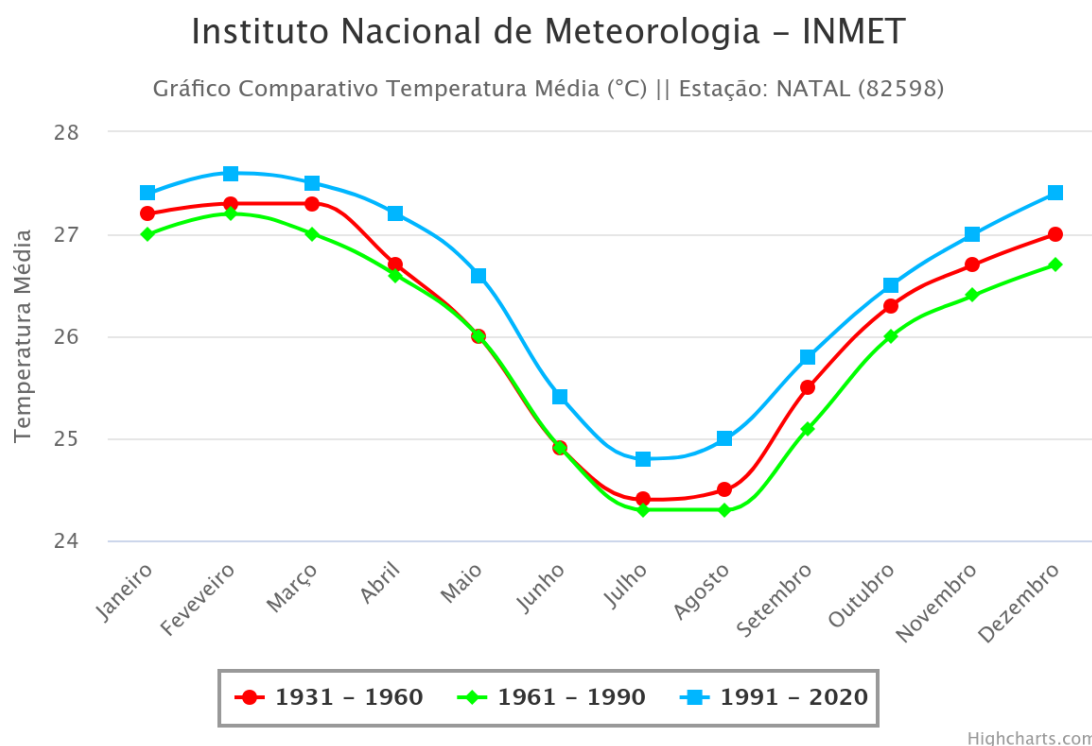
Na temporada 2023/2024, a média mensal das temperaturas nos ninhos variou de 31,5°C em janeiro a 27,4°C em agosto, destacando-se valores médios de 31,9°C nos meses de março e abril, período que concentrou algumas das maiores temperaturas registradas na temporada. As máximas absolutas atingiram 36,9°C em março, enquanto as mínimas absolutas chegaram a 24,3°C em agosto. Esse padrão sugere que os primeiros meses do ciclo reprodutivo coincidiram com a fase mais quente e seca do regime climático regional, possivelmente intensificada pela atuação do El Niño. À medida que o semestre avançou, a combinação entre o aumento da pluviosidade e a redução da insolação diária contribuiu para uma queda gradual nas temperaturas e maior estabilidade térmica, resultando em amplitudes mensais menores.

Na temporada 2024/2025, o comportamento térmico dos ninhos manteve o mesmo padrão sazonal, mas com valores ligeiramente inferiores e amplitudes menores. As temperaturas médias oscilaram entre 30,6 °C em dezembro e 32,5 °C

em maio, com máximas absolutas de 38,8 °C e mínimas de 24,2 °C, ambas registradas em março. A redução das amplitudes e o equilíbrio térmico ao longo da temporada estão associados à neutralidade climática e à regularidade pluviométrica, que favoreceram a moderação térmica do substrato arenoso. Esse cenário mais estável tende a reduzir o estresse térmico e criar condições mais favoráveis à incubação, conforme discutido em estudos sobre o papel da umidade e da cobertura superficial no amortecimento térmico (Houghton *et al.*, 2007; Lockley & Eizaguirre, 2021).

Ao relacionar esses resultados com os dados meteorológicos regionais (Figura 25), observa-se que os picos de temperatura nos ninhos coincidem com os meses de maior radiação solar e menor precipitação, enquanto os períodos chuvosos correspondem às menores médias térmicas e à diminuição da amplitude entre as temperaturas máximas e mínimas.

Figura 25 - Histórico de temperaturas médias regionais ao longo dos anos



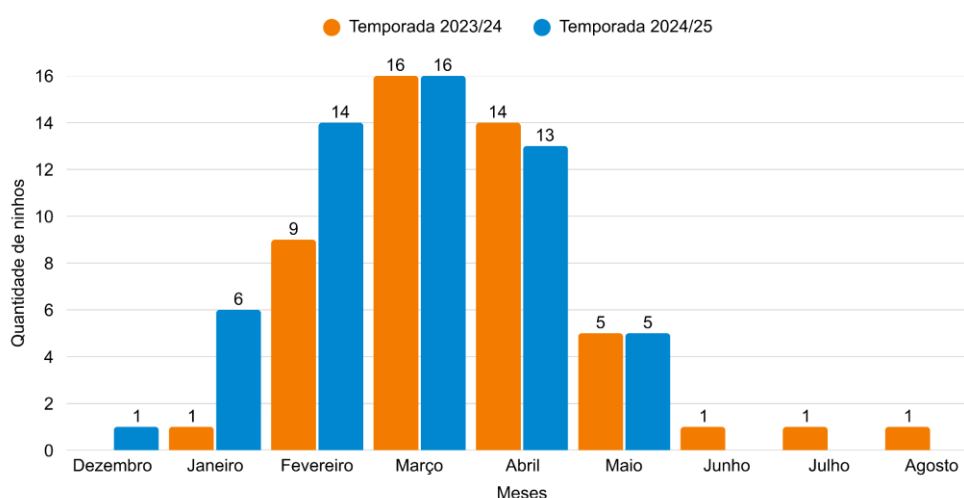
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A análise conjunta das duas temporadas evidencia que, embora os extremos variem entre anos, o padrão geral de aquecimento inicial seguido de resfriamento progressivo se mantém consistente, fornecendo subsídios importantes para

compreender o impacto da variabilidade climática sobre o desenvolvimento embrionário e o sucesso reprodutivo da espécie.

A análise da distribuição mensal dos ninhos monitorados (Figura 26) evidencia um padrão sazonal bem definido para ambas as temporadas, com maior concentração de ninhos entre fevereiro e abril, período que corresponde ao pico da atividade reprodutiva na Praia Cabo de São Roque (Da Silva, Barreto; Navoni, 2022; Santos, 2025). Na temporada 2023/2024, o número de ninhos monitorados aumentou progressivamente de janeiro, com 1 ninho, até atingir o pico em março, com 16 ninhos, seguido de um declínio nos meses seguintes. Já na temporada 2024/2025, observou-se uma distribuição semelhante, com o máximo de ninhos entre março e abril, com 16 e 13 ninhos, respectivamente.

Figura 26 - Gráfico com a distribuição temporal dos ninhos monitorados com *data logger* ao longo de duas temporadas reprodutivas



Fonte: autoria própria.

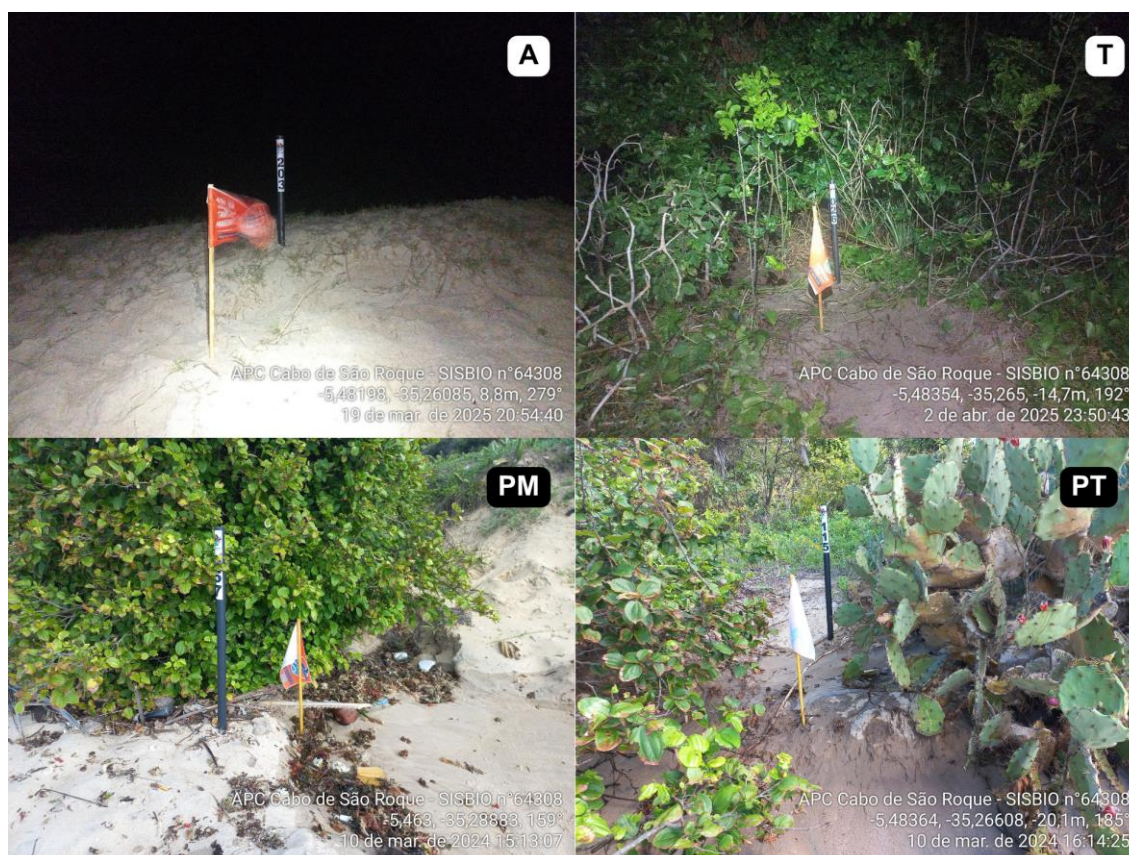
Do ponto de vista reprodutivo, verificou-se que a maior concentração de ninhos em incubação ocorreu justamente durante os meses de maior estabilidade térmica, indicando uma possível sincronização ecológica entre o pico de desova e as condições ambientais mais favoráveis. Esse comportamento é coerente com o padrão observado em outras regiões tropicais, nas quais as fêmeas ajustam a época de postura de ovos em função da temperatura do substrato e da disponibilidade de umidade equilibrada, maximizando as chances de sucesso embrionário e eclosão (Kamel; Mrosovsky, 2006; Dos Santos Oliveira *et al.*, 2020).

4.5 PADRÕES TÉRMICOS E CONDIÇÕES AMBIENTAIS DOS NINHOS

A distribuição dos *data loggers* em diferentes condições ambientais, possibilitou a análise comparativa entre locais com distintos graus de sombreamento e cobertura vegetal, contribuindo para compreender como esses fatores influenciam as variações térmicas e o sucesso de eclosão.

Conforme a caracterização dos locais de nidificação apresentada na metodologia, os registros a seguir (Figuras 27 e 28) permitem visualizar com maior clareza as diferenças entre os tipos de ambiente analisados, destacando as condições ambientais dos ninhos em relação ao grau de sombreamento e à presença de vegetação.

Figura 27 - Caracterização do local do ninho quanto ao sombreamento



Legenda: A - Ausente; T - Total; PM - Parcial pela manhã; PT - Parcial pela tarde. Fonte: APC Cabo de São Roque.

Vale ressaltar que a presença de vegetação sobre o ninho considerou não apenas o sombreamento proporcionado pela copa das plantas, mas também a influência das raízes no microambiente subterrâneo, que tende a manter o substrato mais úmido. Ambos os fatores, sombreamento e umidade, são apontados na literatura

como elementos relevantes na regulação térmica dos ninhos, contribuindo para a redução das temperaturas internas (Booth; Freeman, 2006; Simões *et al.*, 2014).

Figura 28 - Caracterização do local do ninho quanto à vegetação



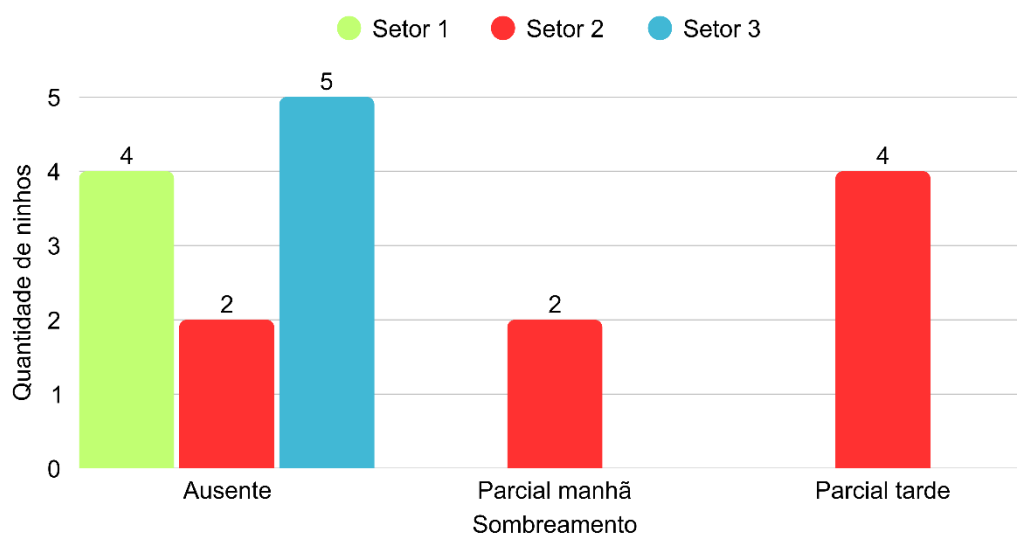
Legenda: A - Ausente; PS - Presente sobre o ninho; PR - Presente ao redor do ninho. Fonte: APC Cabo de São Roque.

Quanto ao sombreamento, na temporada 2023/2024, 6 ninhos estavam localizados em áreas parcialmente sombreadas, sendo 2 com sombreamento pela manhã e 4 com sombreamento pela tarde, e 11 ninhos estavam em locais expostos, sem influência de sombra. Na temporada 2024/2025, 9 ninhos estavam em áreas sombreadas, sendo 4 com sombreamento total e 5 com sombreamento parcial pela tarde.

A análise da relação entre a distribuição dos ninhos e as categorias de sombreamento revelou padrões distintos entre setores e entre as duas temporadas avaliadas. Na temporada 2023/2024 (Figura 29), observou-se predominância de ninhos em áreas sem sombreamento, especialmente nos Setores 1 e 3, que concentraram, respectivamente, quatro e cinco ninhos nesta categoria. O Setor 2 apresentou distribuição mais heterogênea, com ninhos em áreas sem sombreamento

quanto em condições de sombreamento parcial pela manhã ou à tarde, sugerindo maior variabilidade microambiental.

Figura 29 – Gráfico da quantidade de ninhos por setor em relação ao grau de sombreamento na temporada 2023/2024

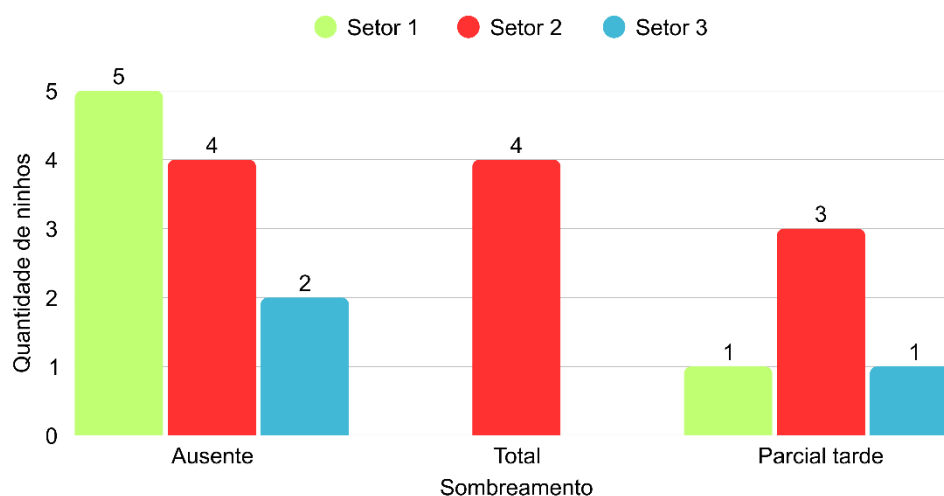


Fonte: autoria própria.

Na temporada 2024/2025 (Figura 30), o padrão de uso das condições ambientais apresentou variações relevantes. Embora o Setor 1 tenha mantido a predominância em áreas completamente expostas, o Setor 2 passou a registrar número expressivo de ninhos também em locais com sombreamento total, além de manter ocupação em áreas parcialmente sombreadas. O Setor 3, por outro lado, apresentou número reduzido de ninhos e maior concentração em áreas sem sombreamento.

De forma geral, a comparação entre temporadas evidencia um aumento do uso de ambientes mais sombreados em 2024/2025, em especial no Setor 2, o que pode refletir mudanças na estrutura da vegetação costeira, na disponibilidade de locais adequados para desova ou em condições ambientais associadas à escolha dos locais de desova pelas tartarugas.

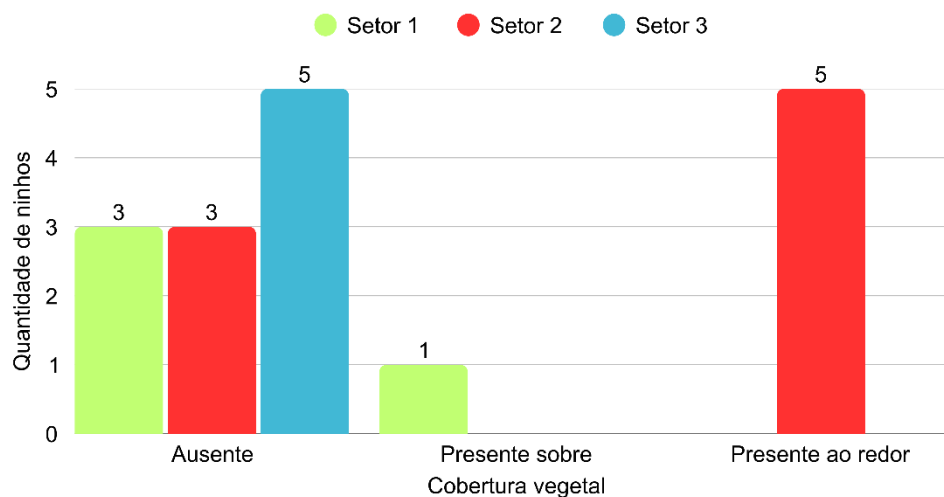
Figura 30 – Gráfico da quantidade de ninhos por setor em relação ao grau de sombreamento na temporada 2024/2025



Fonte: autoria própria.

Em relação à cobertura vegetal, na temporada 2023/2024 11 ninhos estavam em áreas com ausência de vegetação e 6 ninhos estavam em áreas vegetadas, sendo 1 com vegetação sobre o ninho e 5 com vegetação ao redor do ninho. Na temporada 2024/2025, 14 ninhos estavam em áreas sem cobertura vegetal e 6 ninhos estavam em áreas com vegetação sendo 4 em áreas com vegetação sobre o ninho e 2 com vegetação ao redor.

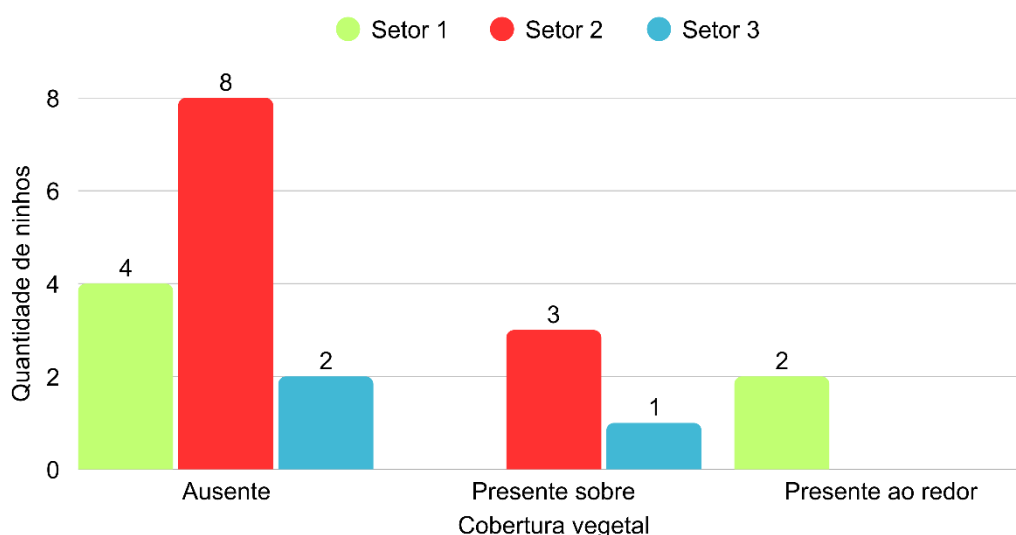
Figura 31 – Gráfico da quantidade de ninhos por setor em relação à cobertura vegetal na temporada 2023/2024



Fonte: autoria própria.

A análise referente à cobertura vegetal também apresentou variações entre temporadas. Em 2023/2024 (Figura 31), a categoria mais frequente em todos os setores foi a ausência de vegetação, com destaque para o Setor 2, que registrou oito ninhos nessa condição, embora seja o setor com mais áreas vegetadas. O uso de áreas com vegetação sobre o ninho ou ao redor ocorreu em menor proporção, indicando preferência geral por zonas abertas. Na temporada 2024/2025 (Figura 32), embora a ausência de cobertura vegetal tenha permanecido como a categoria predominante nos Setores 1 e 3, o Setor 2 apresentou alteração importante: o maior número de ninhos concentrou-se na categoria presente ao redor.

Figura 32 – Gráfico da quantidade de ninhos por setor em relação à cobertura vegetal na temporada 2024/2025



Fonte: autoria própria.

Ao comparar as duas temporadas, os resultados evidenciam que, embora áreas abertas continuem sendo amplamente utilizadas para a nidificação, especialmente nos Setores 1 e 3, o Setor 2 demonstra maior variabilidade espacial e alterações interanuais mais marcantes, tanto em relação ao sombreamento quanto à cobertura vegetal. Tais padrões reforçam a importância de considerar a heterogeneidade das condições ambientais e a variação temporal das características da praia na compreensão da ecologia reprodutiva das tartarugas marinhas na região estudada.

De forma geral, a análise estatística revelou que a presença de sombra, bem como a vegetação associada, não exerceu influência significativa sobre a temperatura média dos ninhos nem sobre a variabilidade térmica registrada durante o período de incubação. A seguir, esses parâmetros são discutidos em maior detalhe, considerando a influência dessas variáveis e das condições microambientais sobre o regime térmico dos ninhos nas duas temporadas.

4.5.1 Temperatura e sombreamento

Para os dados da temporada 2023/2024 (Tabela 1), a análise de variância (ANOVA) indicou que a presença de sombra não exerceu influência estatisticamente significativa sobre a temperatura média nos ninhos ($F(2,14) = 0.401$, $p = 0.677$). Os testes de Levene confirmaram a homogeneidade das variâncias entre os grupos (Levene, $p = 0.41$), e o teste de Shapiro-Wilk indicou violação da normalidade apenas para os resíduos da temperatura média (Shapiro-Wilk, $p = 0.003$), o que justificou a aplicação complementar do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, que confirmou a ausência de diferenças significativas entre os grupos ($\chi^2 = 2.01$, $gl = 2$, $p = 0.367$).

Tabela 1 - Resultados para análise do efeito de sombra sobre temperatura média nos ninhos para a temporada 2023/2024

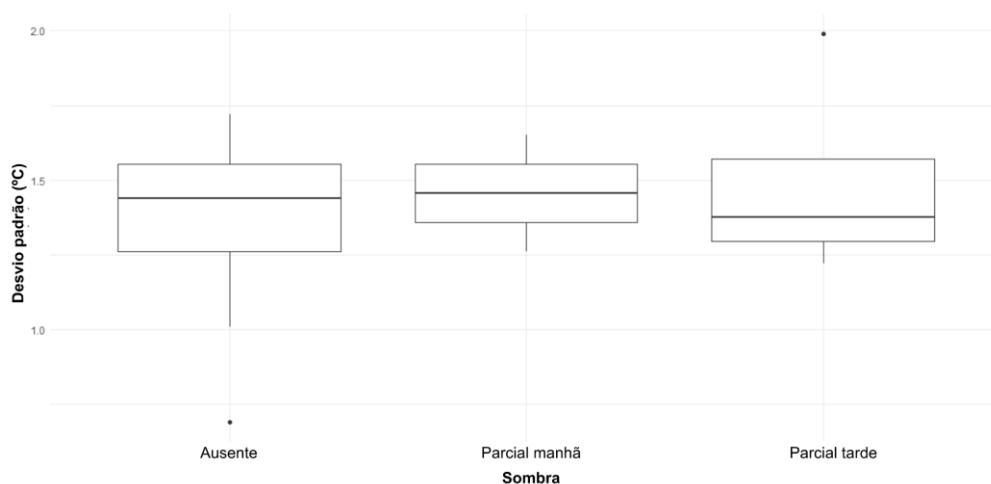
Análise	Estatística	Valor-p	Conclusão
ANOVA (Temperatura média e sombra)	$F(2,14) = 0.401$	0.677	Não significativo
ANOVA (Desvio padrão e sombra)	$F(2,14) = 0.193$	0.827	Não significativo
Shapiro-Wilk (Resíduos de temperatura média)	$W = 0.814$	0.003	Violação da normalidade
Shapiro-Wilk (Resíduos desvio padrão)	$W = 0.973$	0.865	Normalidade atendida
Levene (Temperatura média)	$F(2,14) = 0.947$	0.411	Homogeneidade atendida
Levene (Desvio padrão)	$F(2,14) = 0.014$	0.986	Homogeneidade atendida
Kruskal-Wallis (Temperatura média)	$\chi^2(2) = 2.01$	0.367	Não significativo

Fonte: autoria própria.

De forma semelhante, o desvio padrão das temperaturas (Figura 33), indicador da estabilidade térmica, também não apresentou diferenças significativas entre os

grupos ($F(2,14) = 0.193$; $p = 0.827$), demonstrando que o grau de sombreamento não afetou a amplitude das variações térmicas. No caso da variabilidade térmica, tanto a normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk, $p = 0.86$) quanto a homogeneidade das variâncias (Levene, $p = 0.98$) foram atendidas, validando o resultado do teste paramétrico.

Figura 33 - *Boxplot* da variação térmica com o tipo de sombreamento para o Período 1 (2023/2024)



Fonte: autoria própria.

De acordo com o gráfico, a análise da variação térmica entre os diferentes níveis de sombreamento demonstra que, embora existam pequenas diferenças nas médias registradas, essas variações não foram expressivas. Os ninhos localizados em áreas sem sombreamento apresentaram temperatura média de aproximadamente 31,5°C e desvio padrão médio de 1,38°C, enquanto aqueles sob sombra parcial pela manhã registraram médias ligeiramente mais altas, de 32,3°C, e 1,45 °C de variabilidade. Nos ninhos com sombra parcial à tarde, a temperatura média foi 31,4°C, com desvio padrão de 1,49°C.

De forma geral, os resultados indicam que a presença de sombra não exerce influência estatisticamente significativa nem sobre a temperatura média dos ninhos nem sobre a amplitude de sua variação. Embora a literatura descreva o sombreamento como um fator potencialmente modulador das temperaturas de incubação (Fuentes; Hamann; Limpus, 2010; Esteban *et al.*, 2016), os resultados obtidos indicam que, nas condições analisadas, essa variável não apresentou efeito significativo. Além disso, fatores como a profundidade do ninho, o tipo e a umidade do

substrato e a exposição solar ao longo do dia exercem influência conjunta sobre a temperatura interna, podendo reduzir o efeito isolado da sombra (Hays *et al.*, 2001; Santidrián Tomillo *et al.*, 2017; Simões *et al.*, 2014).

Para a temporada 2024/2025, os testes estatísticos realizados, incluindo ANOVA e Kruskal-Wallis, não revelaram diferenças significativas entre os grupos de sombra para nenhuma das variáveis analisadas (Tabela 2).

Tabela 2 - Resultados para análise do efeito de sombra sobre temperatura média nos ninhos para a temporada 2024/2025

Variável	Teste	Estatística	Valor-p	Premissas atendidas
Temperatura média	ANOVA	$F(2,17) = 1.83$	0.191	Normalidade Homogeneidade
Variabilidade (SD)	ANOVA	$F(2,17) = 2.21$	0.140	Normalidade Homogeneidade
Temperatura média	Kruskal-Wallis	$\chi^2(2) = 2.91$	0.233	Não paramétrico
Variabilidade (SD)	Kruskal-Wallis	$\chi^2(2) = 3.70$	0.157	Não paramétrico

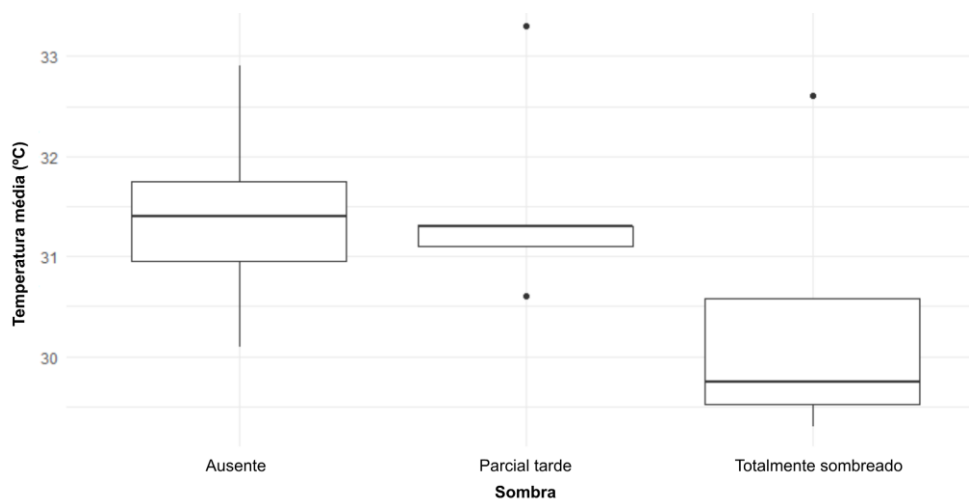
Fonte: autoria própria.

Especificamente, a temperatura média se manteve semelhante em ninhos sem sombra e com sombra parcial, tanto na parte da manhã quanto da tarde (Figura 34), sendo confirmado tanto pelos resultados da ANOVA, quanto pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Da mesma forma, a amplitude das flutuações térmicas, avaliada pelo desvio-padrão, também não apresentou diferenças significativas entre os grupos. A avaliação das premissas mostrou que a normalidade e a homogeneidade de variâncias foram atendidas para a temperatura média, enquanto a variabilidade térmica apresentou violação da normalidade, justificando a aplicação do teste não paramétrico como complemento.

De acordo com os registros obtidos, a análise das temperaturas médias nos ninhos em função do sombreamento indica pequenas diferenças entre os grupos, porém sem diferenças significativas. Os ninhos localizados em áreas sem sombra apresentaram temperatura média de aproximadamente 31,37°C. Aqueles sob sombra parcial à tarde registraram média ligeiramente mais elevada, de 31,52°C, enquanto os ninhos em áreas totalmente sombreadas apresentaram a menor média, de 30,35°C.

Esses resultados indicam que, mesmo com pequenas variações nas médias de temperatura em função do sombreamento, os efeitos não parecem ser expressivos.

Figura 34 - *Boxplot* das temperaturas médias com o tipo de sombreamento para o Período 2 (2024/2025)



Fonte: autoria própria.

Esses resultados reforçam o padrão observado na temporada anterior, sugerindo que o sombreamento não desempenha papel determinante na regulação térmica dos ninhos, indicando que outros fatores microambientais, como profundidade do ninho, granulometria do substrato e umidade, podem ter maior influência sobre a estabilidade térmica durante a incubação, corroborando estudos anteriores que destacam a complexidade do microclima do ninho como resultado da interação de múltiplas variáveis ambientais (Miller; Limpus; Godfrey, 2003; Simões *et al.*, 2014; Kamel, 2013).

Para integrar os dados das duas temporadas e avaliar possíveis diferenças no comportamento térmico dos ninhos em função do sombreamento, foi conduzida uma análise conjunta considerando os diferentes níveis de sombra registrados ao longo dos dois períodos reprodutivos (Tabela 3). Inicialmente, foi aplicado um modelo de análise de variância (ANOVA) de um fator, tendo a temperatura média dos ninhos como variável dependente e o nível de sombreamento como fator fixo.

Tabela 3 - Resultados para análise do efeito de sombra sobre temperatura média para os dois períodos (2023/2024 e 2024/2025)

Teste	Estatística	gl	Valor-p	Interpretação
Shapiro-Wilk (normalidade dos resíduos)	W = 0.9185	-	0.01005	Distribuição não normal
Levene (homogeneidade das variâncias)	F = 0.7663	4	0.5551	Variâncias homogêneas
ANOVA	F = 1.189	4	0.334	Diferenças não significativas
Kruskal-Wallis	$\chi^2 = 5.3261$	4	0.2554	Diferenças não significativas

Fonte: autoria própria.

O teste de Shapiro-Wilk indicou que os resíduos não apresentaram distribuição normal ($W = 0,918$; $p = 0,010$), violando a premissa de normalidade. Por outro lado, o teste de Levene demonstrou homogeneidade de variâncias entre os grupos ($F = 0,766$; $p = 0,555$), permitindo a aplicação de um modelo robusto para comparação. Diante da violação da normalidade, optou-se pela utilização do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, que não revelou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ($\chi^2 = 5,33$; $gl = 4$; $p = 0,255$).

Esses resultados sugerem que, de modo geral, o nível de sombreamento não exerceu influência significativa sobre a temperatura média dos ninhos, mesmo quando consideradas as duas temporadas conjuntamente. Tal resultado reforça o padrão observado nas análises separadas de 2023/2024 e 2024/2025, indicando que a temperatura de incubação tende a permanecer estável independentemente da cobertura de sombra.

No caso da amplitude térmica, a ANOVA de um fator também foi aplicada, considerando novamente o fator fixo de sombra (Tabela 4). O teste de Shapiro-Wilk indicou violação da normalidade ($W = 0,689$; $p < 0,001$), enquanto o teste de Levene confirmou a homogeneidade das variâncias ($F = 0,855$; $p = 0,501$). Assim, empregou-se novamente o teste de Kruskal-Wallis, que apontou ausência de diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ($\chi^2 = 7,89$; $gl = 4$; $p = 0,096$), embora com uma tendência marginal de diferença (valor de p próximo de 0,05).

Tabela 4 - Resultados para análise da variação térmica e tipo de sombreamento para a interação entre os períodos (2023/2024 e 2024/2025)

Teste	Estatística	gl	Valor-p	Interpretação
Shapiro-Wilk (normalidade dos resíduos)	W = 0.6887	-	1,44E-04	Distribuição não normal
Levene (homogeneidade das variâncias)	F = 0.8547	4	0.5015	Variâncias homogêneas
ANOVA	F = 1.27	4	0.302	Diferenças não significativas
Kruskal-Wallis	$\chi^2 = 7.8862$	4	0.09584	Diferenças não significativas (tendência próxima de 0,05)

Fonte: autoria própria.

Essa leve tendência pode indicar que, sob determinadas condições microambientais, o sombreamento exerça influência sutil sobre a estabilidade térmica dos ninhos, possivelmente por alterar os padrões de aquecimento e resfriamento ao longo do dia. No entanto, tal efeito não foi suficientemente expressivo para configurar uma diferença estatisticamente significativa, sugerindo que o microclima interno do ninho é regulado por múltiplos fatores interativos, e não apenas pela cobertura de sombra.

Dessa forma, a análise integrada confirma que, nas condições avaliadas, o sombreamento como variável isolada não se mostrou determinante na modulação térmica dos ninhos de *Eretmochelys imbricata*. A relativa homogeneidade térmica entre os grupos reforça a resiliência do ambiente de incubação frente a variações externas, aspecto que pode representar uma vantagem adaptativa em contextos de mudanças climáticas (Laloë; Hays, 2023; Fuentes et al., 2024).

4.5.2 Temperatura e cobertura vegetal

A influência da vegetação sobre a temperatura dos ninhos de *Eretmochelys imbricata* foi avaliada considerando três categorias: vegetação presente ao redor do ninho, vegetação presente diretamente sobre o ninho e ausência de vegetação.

Para análise dessa variável sobre a temperatura média dos ninhos, foi realizada inicialmente uma ANOVA de um fator, considerando os diferentes tipos de vegetação. O modelo indicou ausência de efeito estatisticamente significativo sobre a

temperatura média ($F(2,14) = 0.155$, $p = 0.858$) para os resultados da temporada 2023/2024 (Tabela 5).

Tabela 5 - Resultados para análise do efeito de vegetação na temperatura média para a temporada 2023/2024

Teste	Estatística	Valor- p	Conclusão
ANOVA (F)	$F(2,14) = 0.155$	0.858	Sem efeito significativo
Shapiro-Wilk (normalidade)	$W = 0.815$	0.003	Sem normalidade
Levene (homogeneidade)	$F(2,14) = 1.088$	0.364	Homogeneidade atendida
Kruskal-Wallis (χ^2)	$\chi^2(2) = 0.868$	0.648	Sem diferença significativa

Fonte: autoria própria.

Entretanto, a análise das premissas revelou violação da normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk ($W = 0.815$, $p = 0.003$), inviabilizando a interpretação direta da ANOVA. A homogeneidade de variâncias foi atendida pelo teste de Levene, onde $F(2,14) = 1.088$, $p = 0.364$. Diante da violação da normalidade, aplicou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, que confirmou a ausência de diferenças significativas entre os grupos de vegetação ($\chi^2 = 0.868$, $gl = 2$, $p = 0.648$).

De forma semelhante, a análise da variabilidade térmica (Tabela 6), expressa pelo desvio padrão das temperaturas nos ninhos, também indicou ausência de efeito significativo da cobertura vegetal ($F(2,14) = 1.183$, $p = 0.335$). Nesse caso, tanto a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk ($W = 0.976$, $p = 0.908$) quanto a homogeneidade de variâncias pelo teste de Levene ($F(2,14) = 0.469$, $p = 0.635$) foram atendidas, validando o uso do teste paramétrico.

Tabela 6 - Resultados para análise do efeito de vegetação na variação de temperatura para a temporada 2023/2024

Teste	Estatística	Valor- p	Conclusão
ANOVA (F)	$F(2,14) = 1.183$	0.335	Sem efeito significativo
Shapiro-Wilk (normalidade)	$W = 0.976$	0.908	Normalidade atendida
Levene (homogeneidade)	$F(2,14) = 0.469$	0.635	Homogeneidade atendida

Fonte: autoria própria.

A análise do efeito da vegetação sobre a temperatura dos ninhos durante a temporada 2023/24 indicou que as médias térmicas variaram de forma muito discreta entre os diferentes tipos de cobertura. Esses resultados sugerem que a estabilidade térmica dos ninhos não foi influenciada pelo tipo de vegetação circundante, indicando que o microclima interno dos ninhos é capaz de amortecer variações externas e manter padrões de flutuação térmica semelhantes independentemente da cobertura vegetal local.

Para a temporada 2024/2025, os resultados da ANOVA também indicaram que não houve diferença estatisticamente significativa da temperatura média nos ninhos entre os diferentes tipos de vegetação ($F(2,17) = 1.39$; $p = 0.275$) (Tabela 7). Como forma de validação, também foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, que igualmente confirmou a ausência de diferenças entre os grupos ($\chi^2(2) = 1.29$; $p = 0.524$), sugerindo que a vegetação não exerce um papel determinante sobre a média da temperatura nos ninhos avaliados.

Tabela 7 - Resultados para análise do efeito de vegetação em temperatura média para a temporada 2024/2025

Variável	Teste	Estatística	Valor- <i>p</i>
Temperatura média	ANOVA	$F(2,17) = 1.39$	0.275
Temperatura média	Kruskal-Wallis	$\chi^2(2) = 1.29$	0.524

Fonte: autoria própria.

Em contraste, ao analisar a variabilidade térmica (desvio padrão), observou-se uma tendência de influência da vegetação (Tabela 8). A ANOVA indicou diferença significativa ($F(2,17) = 3,69$; $p = 0,047$), sendo que ninhos com vegetação diretamente sobre eles apresentaram maior flutuação de temperatura em relação aos ninhos sem vegetação ($p = 0,044$, teste de Tukey). Embora os resíduos do modelo tenham violado o pressuposto de normalidade, o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis apontou uma tendência marginal ($\chi^2(2) = 5,55$; $p = 0,062$), reforçando a possibilidade de que a vegetação sobre o ninho aumente a amplitude térmica diária.

Essa maior oscilação térmica pode ter implicações importantes para o desenvolvimento embrionário, já que a estabilidade térmica é um fator determinante

para a eclosão e o sucesso reprodutivo das tartarugas marinhas (Fuentes; Limpus; Hamann, 2011; Lockley; Eizaguirre, 2021). Por outro lado, ninhos sem vegetação ou com cobertura ao redor mostraram amplitudes térmicas mais reduzidas, sugerindo que outros fatores microambientais, como o sedimento e profundidade do ninho, provavelmente exercem papel mais relevante na regulação térmica durante a incubação (Miller; Limpus; Godfrey, 2003; Kamel, 2013).

Portanto, embora a cobertura vegetal não altere significativamente a temperatura média, sua presença direta sobre os ninhos pode contribuir para um aumento da flutuação térmica, evidenciando que a vegetação é um fator modulador da variabilidade térmica. Esses resultados reforçam a importância de análises locais que considerem a interação entre múltiplos fatores ambientais, uma vez que a simples presença de vegetação ou sombra não necessariamente implica variação térmica relevante, visto que a variabilidade térmica pode ser mais fortemente modulada por fatores como o regime pluviométrico e a sazonalidade (Houghton *et al.*, 2007; Howard; Bell; Pike., 2014; Lockley; Eizaguirre, 2021).

A análise conjunta das temporadas 2023/2024 e 2024/2025 permitiu avaliar se o efeito da vegetação sobre as temperaturas dos ninhos de *Eretmochelys imbricata* apresentou variação interanual. Os resultados indicaram que as médias térmicas permaneceram estáveis entre as duas temporadas, independentemente do tipo de cobertura vegetal.

Para investigar se a cobertura vegetal ao redor dos ninhos influencia a temperatura média, foi ajustado um modelo de ANOVA de um fator, utilizando a temperatura média como variável dependente e vegetação como fator fixo. As premissas do modelo foram verificadas por meio dos testes de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (Levene).

O teste de Shapiro-Wilk indicou que os resíduos não apresentaram distribuição normal ($W = 0,918$; $p = 0,010$), demonstrando violação da premissa de normalidade. O teste de Levene, entretanto, mostrou que as variâncias entre os grupos de vegetação foram homogêneas ($F = 0,720$; $p = 0,614$), satisfazendo essa condição. Considerando a falta de normalidade, utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis como alternativa robusta à ANOVA.

Os resultados do teste de Kruskal-Wallis não revelaram diferenças significativas na temperatura média entre os diferentes tipos de cobertura vegetal (χ^2

= 4,625; gl = 5; $p = 0,463$). Da mesma forma, a ANOVA corroborou a ausência de efeito significativo da vegetação ($F = 0,666$; $p = 0,652$) (Tabela 8).

Tabela 8 - Resultados para análise do efeito de vegetação em temperatura média para a interação dos períodos (2023/2024 e 2024/2025)

Teste	Estatística	gl	Valor- p	Interpretação
Shapiro-Wilk (normalidade dos resíduos)	$W = 0.9184$	-	0.01000	Distribuição não normal
Levene (homogeneidade das variâncias)	$F = 0.7196$	5	0.6137	Variâncias homogêneas
ANOVA	$F = 0.666$	5	0.652	Diferenças não significativas
Kruskal-Wallis	$\chi^2 = 4.6247$	5	0.4634	Diferenças não significativas

Fonte: autoria própria.

Esses resultados sugerem que a densidade ou tipo de vegetação ao redor dos ninhos não influenciou de forma expressiva a temperatura média do ambiente de incubação. Isso pode indicar que os ninhos estão inseridos em um microclima relativamente estável, onde fatores como sombreamento direto, profundidade do ninho e características do solo exercem papel mais determinante na regulação térmica do que a cobertura vegetal geral.

A influência da cobertura vegetal sobre a variação térmica dos ninhos, expressa pelo desvio padrão da temperatura (SD), foi avaliada por meio de um modelo de ANOVA de um fator, tendo vegetação como variável independente. As premissas do modelo foram verificadas antes da interpretação dos resultados.

O teste de Shapiro-Wilk indicou que os resíduos não seguiram distribuição normal ($W = 0,8146$; $p < 0,001$), violando a premissa de normalidade (Tabela 9). O teste de Levene, baseado na mediana, apontou uma tendência à heterogeneidade das variâncias entre os grupos ($F = 2,197$; $p = 0,080$). Apesar disso, a ANOVA foi conduzida e revelou um efeito significativo da vegetação sobre a variação térmica dos ninhos ($F = 2,566$; $p = 0,047$).

Tabela 9 - Resultados para análise do efeito de vegetação na variação de temperatura para a interação entre os períodos (2023/2024 e 2024/2025)

Teste / Comparação	Estatística	gl	Valor- <i>p</i>	Interpretação
Shapiro-Wilk (normalidade dos resíduos)	W = 0.8146	-	2.6e-05	Distribuição não normal
Levene (homogeneidade das variâncias)	F = 2.1966	5	0.07999	Tendência à heterogeneidade
ANOVA	F = 2.566	5	0.047	Diferença significativa
Kruskal-Wallis	$\chi^2 = 11.321$	5	0.04538	Diferença significativa
Dunn-Bonferroni (Ausência x Vegetação sobre)	Z = -2.713	-	0.1001 (ajustada)	Tendência de diferença

Fonte: autoria própria.

Para confirmar o resultado, considerando a não normalidade dos dados, aplicou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, que também indicou diferenças entre os grupos ($\chi^2 = 11,321$; gl = 5; $p = 0,045$). Em seguida, o teste de comparações múltiplas de Dunn, com correção de Bonferroni, foi utilizado para identificar quais grupos diferiram entre si. Embora nenhuma comparação tenha se mantido significativa após o ajuste conservador de *p*-valores, observou-se uma tendência de diferença entre ninhos com ausência de vegetação e aqueles com vegetação presente sobre o ninho ($Z = -2,713$; p ajustada = 0,100).

Os resultados sugerem que a presença e posição da vegetação ao redor ou sobre o ninho influenciam a estabilidade térmica do microambiente, refletida nas variações internas de temperatura. Ninhos localizados em áreas totalmente expostas tenderam a apresentar maior amplitude térmica, possivelmente devido à incidência direta da radiação solar, enquanto ninhos sob cobertura vegetal apresentaram maior estabilidade térmica. Essa diferença na variação de temperatura é relevante, pois pode afetar a taxa de desenvolvimento embrionário, o sucesso de eclosão e até a determinação sexual dos filhotes (Wyneken; Salmon, 2020; Kuschke; Perrault; Wyneken, 2024).

4.6 PADRÕES TÉRMICOS E SUCESSO REPRODUTIVO

O sucesso reprodutivo é fortemente condicionado pelas variáveis ambientais que atuam durante o período de incubação, especialmente a temperatura e a umidade do substrato, fatores que influenciam tanto a taxa de eclosão quanto a viabilidade dos

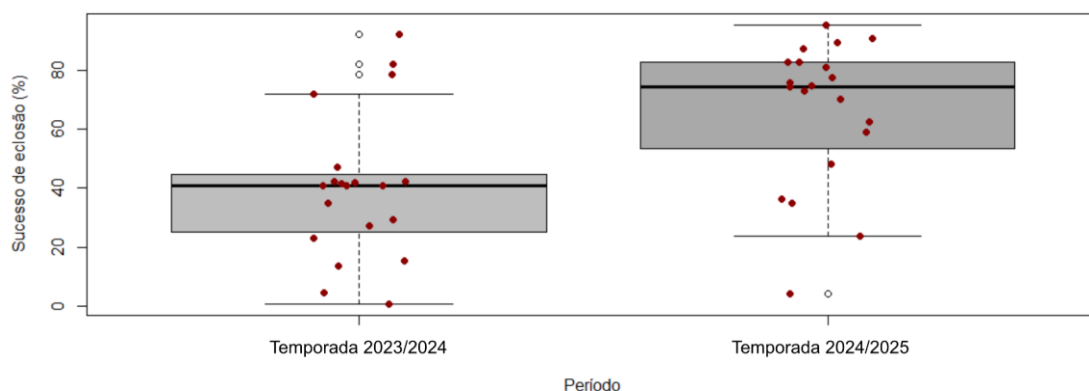
filhotes de tartarugas marinhas (Hays *et al.*, 2001; Kamel; Mrosovsky, 2006; Tacchi *et al.*, 2019).

Assim, compreender a relação entre o microclima dos ninhos e as taxas de eclosão é essencial para interpretar os padrões observados entre setores, temporadas e períodos do ano. A seguir serão apresentados os resultados das análises que avaliaram essas relações e os possíveis efeitos de variações térmicas, permitindo discutir como os fatores ambientais podem influenciar o sucesso reprodutivo da espécie.

4.6.1 Taxas de eclosão por temporada

As taxas médias de eclosão dos ninhos apresentaram variação considerável entre as duas temporadas reprodutivas analisadas. No conjunto geral de registros, os valores médios foram de 40,78% na temporada 2023/2024 e 57,44% na temporada 2024/2025. Já entre os ninhos monitorados nesta pesquisa, as médias seguiram o mesmo padrão de aumento entre as temporadas, passando de 40,5% na primeira para 66,2% na segunda (Figura 35).

Figura 35 - *Boxplot* do sucesso de eclosão por período



Fonte: autoria própria.

Apesar dessa diferença numérica, os modelos estatísticos aplicados não apontaram efeitos significativos das variáveis ambientais testadas sobre o sucesso de eclosão, sugerindo que outros fatores podem estar envolvidos na variação observada entre as temporadas. No entanto, é importante considerar que o tamanho amostral pode ter influenciado esses resultados, uma vez que amostras reduzidas tendem a

limitar o poder estatístico das análises e, conseqüentemente, a detecção de diferenças significativas entre os grupos.

Para a temporada 2023/2024, foi ajustado um modelo de regressão logística com função de ligação *logit* (família quasibinomial) para investigar os fatores que poderiam influenciar o sucesso de eclosão dos ninhos. A análise não revelou efeitos estatisticamente significativos da temperatura média, da oscilação térmica (SD), do tipo de sombreamento ou da presença da vegetação sobre o sucesso de eclosão ($p > 0,05$ para todos os preditores), indicando que, dentro do conjunto de dados analisado, o sucesso de eclosão não foi estatisticamente associado às condições microclimáticas ou de vegetação.

Para a temporada 2024/2025, foi ajustado um modelo de regressão logística generalizada (GLM com família quasibinomial), considerando como preditores a temperatura média, a variação térmica (SD), a sombra e a vegetação, que não identificou efeitos significativos de nenhuma das variáveis sobre o sucesso de eclosão (todos os $p > 0,20$).

Em particular, a temperatura média (Estimate = -0.40, $p = 0.265$) e a variação térmica (SD) (Estimate = 0.05, $p = 0.888$) não mostraram associação com a proporção de ovos eclodidos. Da mesma forma, as variáveis categóricas sombra e vegetação não apresentaram coeficientes estatisticamente significativos. No entanto, embora os resultados deste estudo não indiquem relação direta entre essas variáveis e a taxa de eclosão, é amplamente reconhecido na literatura que fatores microambientais, como temperatura e sombreamento, exercem forte influência sobre o desenvolvimento embrionário e o sucesso de eclosão (Houghton *et al.*, 2007; Kamel, 2013; Porter *et al.*, 2021). Assim, a ausência de significância estatística observada pode estar associada ao tamanho amostral reduzido, que possivelmente limitou a capacidade de detecção de efeitos sutis entre os grupos analisados.

Mesmo após a simplificação dos modelos, considerando apenas os preditores térmicos (temperatura média e SD) ou apenas a variável de sombreamento, os resultados permaneceram consistentes, sem efeitos significativos (temperatura média: $p = 0.212$; SD: $p = 0.701$). O modelo apenas com sombra também não explicou significativamente a variação no sucesso de eclosão (todos os níveis de sombra $p > 0.46$).

O sucesso de eclosão dos ninhos foi também comparado entre as duas temporadas, inicialmente verificando a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro–Wilk, que indicou distribuição aproximadamente normal para o primeiro período ($W = 0,929$; $p = 0,147$), enquanto o segundo período apresentou violação da normalidade ($W = 0,881$; $p = 0,018$). Diante dessa inconsistência, foram aplicados tanto o teste t de Student não pareado quanto o teste não paramétrico de Mann–Whitney/Wilcoxon, para garantir resultados mais robustos.

Os resultados de ambos os testes indicaram diferença estatisticamente significativa entre as temporadas. A média de eclosão observada no primeiro período foi de 40,5%, enquanto o segundo período apresentou média de 66,2%. O teste de Mann–Whitney/Wilcoxon confirmou a significância ($W = 97$; $p = 0,0056$), corroborando que os ninhos da temporada 2024/2025 exibiram maior sucesso reprodutivo.

Biologicamente, a ausência de efeitos detectáveis não implica, necessariamente, que condições térmicas e de cobertura vegetal sejam irrelevantes para o sucesso reprodutivo, visto que as taxas de eclosão podem estar relacionadas a fatores não mensurados, como características do solo, profundidade do ninho, umidade ou ainda aspectos genéticos dos embriões (Hays *et al.*, 2001; Santidrián Tomillo *et al.*, 2017; Simões *et al.*, 2014).

De forma geral, as médias de eclosão observadas na Praia Cabo de São Roque revelam valores inferiores ao padrão geralmente descrito para *Eretmochelys imbricata* em diferentes regiões do litoral brasileiro. Os estudos de Marcovaldi e Laurent (1996), indicam taxas médias de eclosão variando entre 60% e 80% para a espécie, dependendo do local, das condições microambientais e da intensidade do manejo dos ninhos. Assim, embora tenha sido observado um aumento expressivo entre as temporadas analisadas nessa pesquisa, especialmente entre os ninhos monitorados (de 40,5% para 66,2%), os valores permanecem, em parte, abaixo do intervalo superior documentado em outras áreas reprodutivas do país.

Essa diferença pode refletir particularidades ambientais da área de estudo, como características térmicas e estruturais da praia, padrões de precipitação e variações no sombreamento e na cobertura vegetal, além de possíveis diferenças metodológicas no monitoramento dos ninhos entre regiões. Tais resultados reforçam a necessidade de considerar fatores locais e interanuais para a interpretação das taxas de eclosão e para a comparação com parâmetros estabelecidos na literatura.

A relação entre a cobertura vegetal e o sucesso de eclosão dos ninhos de *Eretmochelys imbricata* envolve múltiplos fatores ecológicos e microclimáticos, que podem atuar de forma complexa e interdependente. Estudos recentes apontam que a vegetação pode exercer um duplo papel sobre a incubação: por um lado, o sombreamento e a umidade conferidos pela cobertura vegetal podem ajudar a amortecer os efeitos de um clima cada vez mais quente, mitigando a erosão e reduzindo o superaquecimento dos ninhos; por outro, a vegetação densa pode aumentar a variabilidade térmica e a retenção de umidade, afetando negativamente a eclosão (Fuentes; Limpus; Hamann, 2011; Lockley; Eizaguirre, 2021).

Ditmer e Stapleton (2012) destacam que diferentes tipos de vegetação podem fornecer sombreamentos variados e reter a umidade do substrato de formas distintas, o que evidencia que a influência da cobertura vegetal sobre o sucesso de incubação depende tanto do tipo quanto da densidade da vegetação. Nesse sentido, a vegetação não deve ser interpretada isoladamente como um fator positivo ou negativo, mas como um modulador ambiental que interage com variáveis físicas locais, influenciando a temperatura e a umidade dos ninhos.

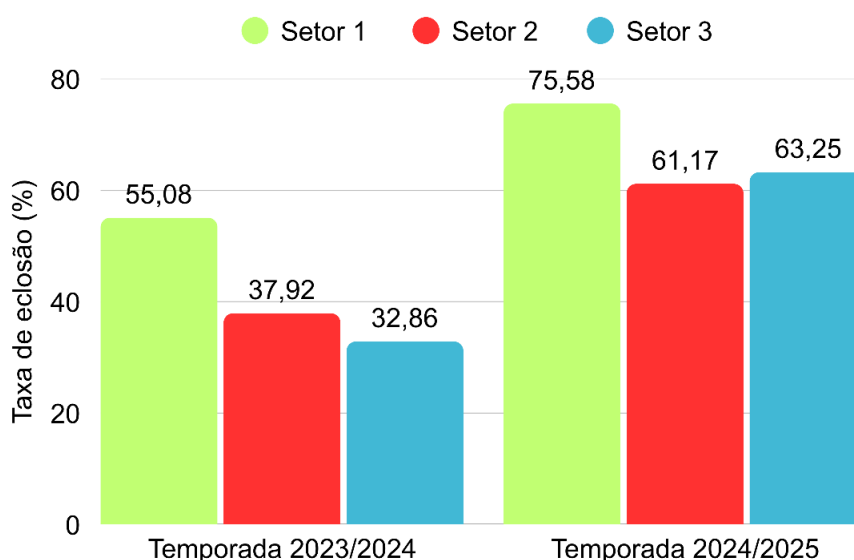
4.6.2 Taxas de eclosão por setor

As taxas médias de eclosão apresentaram variação entre os setores da Praia Cabo de São Roque, seguindo padrões coerentes com as características ambientais e morfológicas de cada trecho. Na temporada 2023/2024, o Setor 1 apresentou a maior taxa média de eclosão de 55,08%, seguido pelo Setor 2 com 37,92% e o Setor 3 com 32,86%. Na temporada 2024/2025, observou-se um aumento expressivo em todos os setores, com ênfase no Setor 1 que teve taxa de eclosão média de 75,58% e valores intermediários nos Setores 2 com 61,17% e o Setor 3 com 63,25% (Figura 36).

O Setor 1 se destaca por reunir as condições ambientais mais estáveis da Praia Cabo de São Roque, ainda que apresente uma menor densidade de desovas quando comparado ao Setor 2. Por estar localizado em uma área morfológicamente acidentada e com faixa de areia mais estreita, esse trecho possui menor cobertura vegetal e áreas sombreadas mais restritas, concentradas principalmente nas porções influenciadas pela sombra projetada das falésias durante o período da tarde. Apesar dessas limitações, as características de maior estabilidade geomorfológica e menor

exposição ao avanço da maré conferem ao setor condições favoráveis para a incubação, contribuindo para a maior taxa média de eclosão na área de estudo.

Figura 36 - Gráfico das taxas de eclosão dos ninhos analisados por setor ao longo de duas temporadas reprodutivas na Praia Cabo de São Roque



Fonte: autoria própria.

Ao longo dos anos de monitoramento e manejo de ninhos na Praia Cabo de São Roque, foi possível observar que o Setor 1 tem sido consistentemente aquele onde os ninhos apresentam melhor desempenho, com maiores taxas de eclosão e menor incidência de perdas por alagamento ou erosão. Com a incorporação do monitoramento térmico, os resultados confirmaram essas observações empíricas, revelando que o Setor 1 é também um dos setores termicamente mais estáveis, com menor variação térmica (SD) entre os ninhos monitorados. Essa estabilidade microambiental pode estar diretamente relacionada à posição topográfica mais elevada, ao sombreamento parcial das falésias e à menor influência direta das marés, fatores que contribuem para condições térmicas mais equilibradas e previsíveis durante o período de incubação, favorecendo o sucesso de eclosão.

Esses resultados reforçam a importância desse setor como área de alta relevância reprodutiva, mesmo que apresente menor número de desovas. Do ponto de vista ecológico, ele representa um refúgio ambiental potencial, especialmente em contextos de intensificação da erosão costeira e de elevação do nível do mar,

fenômenos que tendem a reduzir as áreas seguras disponíveis para a nidificação (Silva, 2014; Fuentes *et al.*, 2020). A manutenção e a proteção dessas zonas estáveis tornam-se, portanto, estratégicas para garantir um maior sucesso reprodutivo das populações locais de tartarugas marinhas frente às mudanças climáticas.

No entanto, para compreender de forma mais abrangente os mecanismos que sustentam a estabilidade microclimática observada nesse setor, estudos mais aprofundados são necessários. Aspectos como o tipo de sedimento, a granulometria da areia e o albedo do substrato devem ser investigados, pois são fatores diretamente associados à retenção de calor e à manutenção do microclima dos ninhos (Hays *et al.*, 2001; Santidrián Tomillo *et al.*, 2017; Miller; Limpus; Godfrey, 2003; Kamel, 2013), influenciando de maneira decisiva o sucesso de incubação e a razão sexual das ninhadas (Fuentes; Limpus; Hamann, 2011; Lockley; Eizaguirre, 2021; Kuschke; Perrault; Wyneken, 2024).

No caso do Setor 2, embora a elevada densidade de desovas e a maior cobertura vegetal indiquem condições microambientais favoráveis à incubação, essa é também a área mais suscetível ao avanço das marés e à erosão costeira, fatores que frequentemente comprometem a estabilidade dos ninhos. Vale ressaltar que, de acordo com o estudo de Santos (2025), esse é o trecho da praia que mais demanda ações de manejo *ex situ*, realizadas quando há necessidade de transferir ninhos ameaçados pela maré ou pela instabilidade do terreno. Essa situação evidencia que, apesar das condições ambientais aparentemente favoráveis, a segurança dos ninhos depende de um equilíbrio delicado entre fatores físicos e climáticos, o que torna essa região especialmente vulnerável.

Essas limitações locais tornam-se ainda mais preocupantes diante dos efeitos das mudanças climáticas globais, especialmente a elevação do nível do mar e o aumento da frequência de eventos erosivos (Silva, 2014), que tendem a reduzir progressivamente as áreas consideradas seguras para a nidificação (Fuentes *et al.*, 2020). À medida que a faixa de areia se estreita, parte dos ninhos passa a ser instalada em zonas mais próximas à linha de maré alta, elevando o risco de inundação e perda total das posturas (Lima *et al.*, 2020).

Além disso, a busca por novos locais de desova pode levar as fêmeas a ocuparem áreas menos adequadas, sujeitas à erosão costeira ou à pressão antrópica crescente, como a urbanização litorânea (Bellini; Vieira; Santos, 2017; Fernandes *et*

al., 2015; Ribeiro *et al.*, 2018). Essa redução do espaço disponível intensifica a densidade de ninhos nas faixas remanescentes, comprometendo a capacidade de suporte da praia e o sucesso reprodutivo das populações (Mazaris; Matsinos; Pantis, 2009).

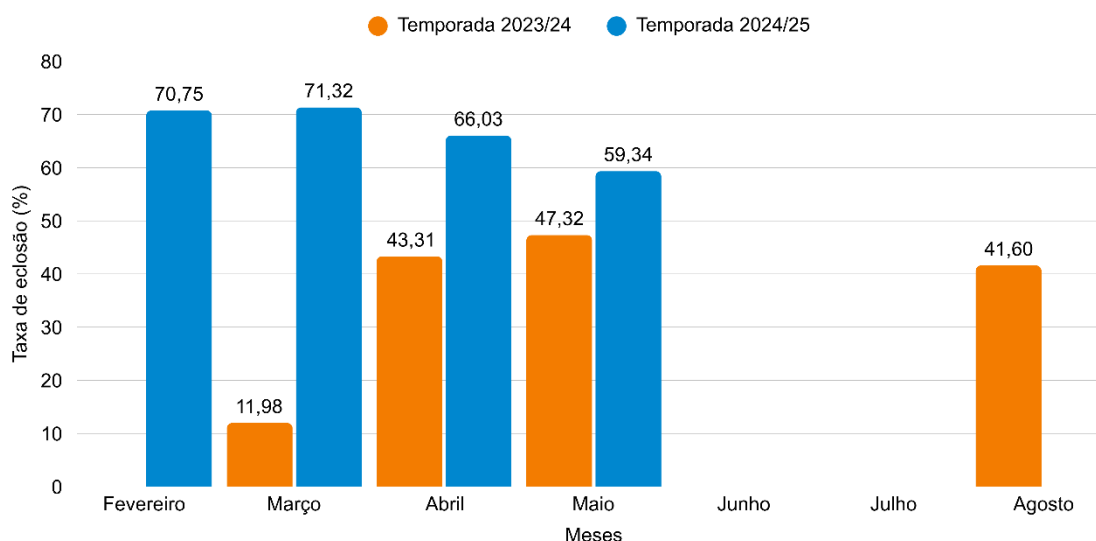
Por fim, o Setor 3, que representa a porção mais exposta e instável da Praia Cabo de São Roque, registrou um acréscimo expressivo nas médias de taxa de eclosão entre as duas temporadas analisadas, passando de 32,86% na temporada 2023/2024 para 63,25% na temporada 2024/2025. Essa diferença significativa reforça a importância de compreender o papel da heterogeneidade ambiental na manutenção das taxas de eclosão, uma vez que pequenas diferenças no relevo, na profundidade dos ninhos ou no tipo de sedimento podem compensar condições macroambientais desfavoráveis (Booth; Freeman, 2006; Fuentes; Hamann; Limpus, 2010).

De modo geral, embora o Setor 3 se mantenha como a área menos favorável para a nidificação, a interpretação dos resultados deve considerar a multiplicidade dessas variáveis, que não podem ser compreendidas isoladamente. A continuidade do monitoramento e do levantamento de dados ambientais são, portanto, fundamentais para aprimorar o entendimento sobre as relações entre temperatura, tipo de sedimento, albedo, cobertura vegetal e estabilidade da linha de costa. Estudos futuros devem aprofundar essas análises, investigando de forma mais detalhada a composição granulométrica e o albedo do substrato, fatores que podem estar relacionados à manutenção do microclima interno dos ninhos (Hays *et al.*, 2001; Santidrián Tomillo *et al.*, 2017; Kamel, 2013).

4.6.3 Taxas de eclosão por período do ano

A análise das taxas de eclosão ao longo dos meses (Figura 37) permitiu identificar padrões temporais e relacioná-los às condições ambientais de cada setor da Praia Cabo de São Roque. Esses padrões coincidem com a dinâmica da incubação dos ninhos, cuja média é de aproximadamente 55 dias, indicando que os picos de eclosão refletem os períodos de maior atividade reprodutiva, concentrada entre janeiro e março.

Figura 37 - Gráfico das taxas de eclosão por mês ao longo de duas temporadas reprodutivas na Praia Cabo de São Roque



Fonte: autoria própria.

Durante a temporada 2023/2024, observou-se que as taxas de eclosão variaram ao longo do período de incubação monitorado. O mês de março apresentou o menor sucesso de eclosão (11,98%), enquanto abril e maio registraram aumentos progressivos, com médias de 43,31% e 47,32%, respectivamente. Vale ressaltar que as taxas de eclosão para março consideraram a análise de apenas dois ninhos localizados em um mesmo trecho do Setor 2, que sofre constantemente com o avanço da maré. Nessa área o substrato permanece muito úmido, condição que pode ter influenciado negativamente o desenvolvimento embrionário e contribuído para as baixas taxas observadas.

O mês de agosto apresentou um leve declínio (41,60%), sugerindo que a eclosão dos ovos pode ter sido influenciada por condições ambientais subsequentes à desova, como temperatura do sedimento e variações climáticas locais. A taxa de eclosão referente a esse mês compreende a análise de apenas um ninho, que esteve em incubação de junho a agosto, período com temperaturas mais amenas, além do pico de precipitação que foi registrado em junho de 2024.

Destaca-se esse ninho pois ele levanta uma discussão relevante: embora o ninho analisado no mês de agosto estivesse em incubação durante um período de temperaturas mais amenas e elevada precipitação, condições geralmente desfavoráveis ao sucesso embrionário (Houghton *et al.*, 2007; Howard; Bell; Pike,

2014; Fuentes; Limpus; Hamann, 2011), ele estava localizado em uma área do Setor 1 considerada ambientalmente estável e segura, reconhecida por apresentar historicamente boas taxas de eclosão. Essa observação indica que, mesmo em condições climáticas menos favoráveis, características locais do microambiente, como o tipo de substrato, a drenagem e o grau de sombreamento, podem exercer papel compensatório sobre o desenvolvimento embrionário (Miller; Limpus; Godfrey, 2003; Kamel, 2013).

Ao comparar o desempenho desse ninho com as taxas médias observadas nos meses de abril e maio, que apresentaram condições térmicas distintas e ocorreram em setores com diferentes níveis de exposição e vegetação, nota-se que as taxas de eclosão não foram tão divergentes. Esse resultado reforça que o sucesso reprodutivo das tartarugas marinhas é determinado pela interação entre múltiplos fatores ambientais e biológicos, e que análises robustas dependem de uma amostragem mais ampla e de abordagens integradas que considerem simultaneamente variáveis microclimáticas, topográficas e ecológicas (Houghton *et al.*, 2007; Wyneken; Salmon, 2020; Kuschke; Perrault; Wyneken, 2024).

Na temporada 2024/2025, as taxas de eclosão foram significativamente mais altas, iniciando em fevereiro com 70,75% e mantendo-se elevadas em março (71,32%). Em abril e maio, observou-se leve declínio para 66,03% e 59,34%, respectivamente. Este padrão indica que as condições ambientais durante o período de pico da desova foram mais favoráveis ao desenvolvimento embrionário, possivelmente devido à combinação de temperaturas médias moderadas, cobertura vegetal adequada e menor exposição à ação direta do mar em setores mais seguros da praia. Esses resultados refletem o comportamento climático observado na temporada 2024/2025, marcada por neutralidade atmosférica e tendência de transição para La Niña, o que resultou em temperaturas mais amenas e regime pluviométrico mais equilibrado em comparação à temporada anterior. Essa estabilidade contribuiu para a redução das amplitudes térmicas e para a manutenção de níveis de umidade mais constantes no substrato arenoso, favorecendo a incubação e diminuindo o risco de superaquecimento embrionário (Miller; Limpus; Godfrey, 2003; Houghton *et al.*, 2007).

A comparação entre as duas temporadas reprodutivas evidencia de forma clara a influência das condições climáticas regionais sobre os microambientes de

incubação. A temporada 2023/2024 ocorreu sob forte influência do evento El Niño, caracterizado por temperaturas do ar e da superfície do mar acima da média e menor regularidade pluviométrica. Esse cenário resultou em substratos mais quentes e secos no início do ciclo reprodutivo, elevando as temperaturas médias dos ninhos e ampliando a variação térmica diária. Tais condições tendem a aumentar o risco de superaquecimento embrionário e a reduzir a viabilidade dos ovos (Santidrián Tomillo *et al.*, 2017; Howard; Bell; Pike, 2014). Além disso, a alternância entre períodos muito chuvosos e intervalos secos, como observado em junho, o mês mais chuvoso do período, pode ter provocado oscilações bruscas de temperatura e umidade, afetando a estabilidade térmica dos ninhos (Jourdan; Fuentes, 2015; Lockley; Eizaguirre, 2021).

Em contraste, na temporada 2024/2025, a redução nas máximas absolutas e o aumento da homogeneidade térmica entre setores sugerem uma condição ambiental mais favorável à incubação, refletida nas maiores taxas médias de eclosão observadas nessa temporada. De acordo com Miller, Limpus e Godfrey (2003), a estabilidade térmica e a manutenção da umidade são fatores-chave para o sucesso reprodutivo de tartarugas marinhas, uma vez que influenciam tanto o metabolismo embrionário quanto a troca gasosa no interior dos ninhos.

De forma integrada, os resultados indicam que o ano climático mais estável, referente à temporada 2024/2025, proporcionou condições mais propícias à incubação, reduzindo o estresse térmico e ampliando o sucesso de eclosão. No entanto, a persistência de diferenças entre setores evidencia que as respostas locais podem ser desiguais, mesmo sob um mesmo regime climático, o que destaca a necessidade de monitoramentos contínuos e análises de longo prazo, além de um levantamento amostral maior.

4.6.4 Tolerância térmica e sucesso de eclosão

De acordo com a literatura, a temperatura de incubação é uma variável que pode influenciar não só a determinação sexual em tartarugas marinhas, como pode também ser um fator crítico para a viabilidade embrionária (Howard; Bell; Pike., 2014; Wyneken; Salmon, 2020; Fuentes *et al.*, 2024). Alguns estudos apontam que uma faixa térmica entre 29 e 33°C é considerada ótima para o desenvolvimento embrionário, com redução progressiva da eclosão e aumento do risco de mortalidade à medida que as temperaturas excedem 33 a 35°C (Howard; Bell; Pike, 2014).

Temperaturas muito baixas, próximas ou inferiores a 25°C, podem retardar ou interromper o desenvolvimento embrionário, resultando em redução do sucesso de eclosão (Fuentes *et al.*, 2024; Porter *et al.*, 2021). Por outro lado, Fuentes *et al.* (2024) afirma ainda que valores acima de 33 a 35°C ultrapassam o limite letal, podendo causar mortalidade significativa ou deformações nos filhotes, como falhas no fechamento do casco e interrupções no desenvolvimento neural. Estudos experimentais indicam que acima de 35°C, esses efeitos tornam-se mais frequentes, especialmente quando mantidos por períodos prolongados (Matsuzawa *et al.*, 2002; Booth, 2017; Santidrián Tomillo *et al.*, 2017). Assim, o tempo de exposição a temperaturas potencialmente estressantes é crucial, visto que episódios curtos podem ser tolerados, enquanto exposições prolongadas a temperaturas altas aumentam fortemente a mortalidade embrionária (Howard; Bell; Pike, 2014; Porter *et al.*, 2021; Kuschke; Perrault; Wyneken, 2024).

Estudos recentes também ressaltam que, embora existam valores de referência gerais, há variabilidade entre populações e entre ninhadas de diferentes fêmeas, o que pode modular a tolerância térmica e oferecer potencial adaptativo em algumas populações (Kynoch *et al.*, 2024). A interação entre temperatura e umidade do sedimento exerce papel determinante na oxigenação do ninho e na viabilidade embrionária, visto que altas temperaturas combinadas com substrato mais úmido podem reduzir a disponibilidade de oxigênio para os embriões, agravando o risco de mortalidade (Fuentes *et al.*, 2024; Laloë *et al.*, 2017).

Os dados obtidos nas duas temporadas indicam que alguns ninhos ficaram expostos a extremos térmicos, sugerindo que parte das incubações ocorreu em condições limítrofes ou letais. Na temporada 2023/2024 observou-se que muitas médias térmicas nos ninhos estiveram acima de 31°C, com máximas registradas de aproximadamente 36,9°C e amplitude térmica média em torno de 8°C, valores que colocam vários ninhos dentro da faixa de risco para estresse térmico e mortalidade embrionária segundo a literatura. Já na temporada 2024/2025 as temperaturas médias foram, em geral, ligeiramente inferiores e as amplitudes diárias menores, embora tenham sido registrados picos extremos, com temperaturas atingindo 38,8°C, e mínimas muito baixas, de aproximadamente 24,2°C.

4.7 EFEITOS E RESPOSTAS ECOLÓGICAS LOCAIS ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA PRAIA CABO DE SÃO ROQUE

As mudanças climáticas globais têm se manifestado de forma crescente nos ecossistemas costeiros, provocando transformações físicas e biológicas que afetam diretamente a dinâmica das populações de tartarugas marinhas (Neelmani *et al.*, 2019; Bio *et al.*, 2020; Fuentes *et al.*, 2020). Na Praia Cabo de São Roque, os efeitos locais dessas alterações têm se tornado cada vez mais evidentes, refletindo a interação entre processos globais e condições ambientais locais específicas. Estudos realizados anteriormente nessa área já demonstram a instabilidade do ambiente costeiro, evidenciando a fragilidade geomorfológica da área e os desafios que essa dinâmica impõe à conservação das tartarugas marinhas (Fernandes, 2021; Santos, 2025). Fenômenos como o avanço do mar e a erosão costeira vêm modificando o perfil da praia e suas condições ambientais, alterações que são refletidas no sucesso reprodutivo das populações locais de tartarugas marinhas, evidenciando que os impactos das mudanças climáticas ultrapassam a escala global e já são observados em respostas ecológicas locais (Santos, 2025).

Na Figura 38, estão alguns exemplos de como a intensa dinâmica costeira da Praia Cabo de São Roque causa efeitos negativos sobre os ninhos de tartarugas marinhas. O avanço do mar sobre os ninhos em áreas tradicionalmente utilizadas pelas tartarugas para a desova (Figura 38.1), ilustra um cenário de vulnerabilidade crescente, no qual setores antes considerados seguros vêm sendo periodicamente alcançados pela maré. Essa condição pode elevar a umidade do substrato, reduzindo a oxigenação no interior do ninho e comprometendo o desenvolvimento embrionário (Houghton *et al.*, 2007; Jourdan; Fuentes, 2015; Lockley; Eizaguirre, 2021).

Um cenário inverso, no qual a deposição de grandes volumes de sedimentos resultou no soterramento de um ninho, pode ser observado na Figura 38.2, situação que ocorre pela ação combinada das marés e da dinâmica sedimentar local, que alteram rapidamente o perfil da praia (Fernandes, 2021). Ninhos enterrados em profundidades excessivas apresentam maior dificuldade de troca gasosa e redução da temperatura, o que pode retardar ou inviabilizar a eclosão (Houghton *et al.*, 2007; Booth, 2017; Santidrián Tomillo *et al.*, 2017). Tais processos indicam que tanto o avanço quanto o recuo da maré, impulsionados por eventos climáticos extremos,

afetam a viabilidade dos ninhos, reforçando a necessidade de compreender as interações entre a dinâmica da praia e o sucesso reprodutivo.

Figura 38 - Efeitos da intensa dinâmica costeira sobre ninhos de tartarugas marinhas na Praia Cabo de São Roque



Legenda: 1. Avanço da maré sobre ninho; 2. Deposição de areia sobre ninho; 3. Erosão costeira próxima a ninho; 4. Ninho exposto pela ação da maré. Fonte: APC Cabo de São Roque.

A Figura 38.3 revela um exemplo claro do efeito da erosão costeira pelo avanço do mar, com a formação de uma barreira de areia e a exposição de rochas anteriormente cobertas. Esse tipo de feição indica perda sedimentar intensa, típica de ambientes em processo acelerado de erosão costeira, conforme já descrito por Fernandes (2021) nessa região. A proximidade entre essas barreiras e os locais de desova aumenta o risco de desmoronamento ou inundação dos ninhos, comprometendo a estabilidade térmica e a integridade dos ovos (Santos, 2025). Estudos realizados em diferentes regiões tropicais apontam que a elevação do nível do mar e a erosão associada ao aumento da energia das ondas estão entre as principais ameaças às praias de desova, reduzindo a disponibilidade de áreas

adequadas para a reprodução das tartarugas (Silva, 2014; Fuentes *et al.*, 2020; Lima *et al.*, 2020).

A Figura 38.4 retrata uma situação emergencial, na qual um ninho foi parcialmente levado pela ação direta da maré, expondo os ovos e resultando na perda de parte da ninhada. Em casos como esse, o manejo *ex situ* torna-se uma medida necessária, ainda que de risco, visando preservar os ovos remanescentes e garantir a sobrevivência de alguns filhotes (Santos, 2025). A recorrência de eventos dessa natureza reflete o agravamento das condições ambientais nas praias de nidificação, especialmente em regiões sujeitas à erosão acelerada. O aumento da frequência e intensidade de tempestades, associado ao aquecimento global e à intensificação dos fenômenos El Niño e La Niña, tem sido apontado como fator determinante na perda de ninhos e redução do sucesso reprodutivo em várias populações de tartarugas marinhas (Santidrián Tomillo *et al.*, 2017).

De forma geral, as imagens ilustram um processo contínuo de transformação da paisagem costeira, que pode estar diretamente influenciado pelas mudanças climáticas e pela elevação do nível do mar, visto que estão cada vez mais intensos (Silva, 2014). Esses fenômenos não apenas afetam a estabilidade física das praias, mas também alteram as condições microclimáticas essenciais ao desenvolvimento embrionário das tartarugas marinhas, como temperatura, umidade e aeração do substrato (Jourdan; Fuentes, 2015; Fuentes *et al.*, 2024). Os resultados deste estudo ressaltam a importância do monitoramento contínuo e da adoção de estratégias de conservação adaptativas para a manutenção das populações de *Eretmochelys imbricata* na região, ao evidenciar a importância da Praia Cabo de São Roque como um local essencial para a reprodução para essa espécie, ao mesmo tempo em que destaca os desafios impostos pelos efeitos locais das mudanças climáticas.

Nesse contexto, o monitoramento das temperaturas de incubação assume papel central, uma vez que a temperatura é a variável ambiental que mais diretamente influencia processos críticos como o desenvolvimento embrionário, o sucesso de eclosão, a determinação sexual e a ocorrência de anomalias morfológicas nos filhotes (Jensen *et al.*, 2018; Howard; Bell; Pike., 2014; Kuschke; Perrault; Wyneken, 2024). Assim, compreender as variações térmicas e suas implicações permite não apenas identificar padrões locais de vulnerabilidade, mas também reconhecer como as tendências globais de aquecimento se manifestam em escala regional, impactando a

estabilidade e o equilíbrio populacional de *Eretmochelys imbricata* na Praia Cabo de São Roque.

Os resultados obtidos na área de estudo indicam temperaturas médias de incubação elevadas em boa parte dos ninhos monitorados, especialmente durante os meses de pico da temporada reprodutiva. Em vários casos, as temperaturas permaneceram acima de 30°C por longos períodos, superando a faixa pivotal estimada para *Eretmochelys imbricata*, de aproximadamente 29,6°C (Godfrey *et al.*, 1999 *apud* Ferreira Júnior, 2009a), o que sugere uma predominância na produção de fêmeas. Esse padrão acompanha a tendência observada em outras áreas de desova do Atlântico Sul, onde o aquecimento progressivo dos sedimentos tem resultado na crescente feminização das populações de tartarugas marinhas (Jensen *et al.*, 2018; Fuentes *et al.*, 2024).

Essa predominância de valores térmicos acima da faixa neutra sugere que a incubação dos ovos na área de estudo tende a gerar uma proporção majoritária de fêmeas. O estudo realizado por Rocha (2021) complementa essa perspectiva, visto que ao analisar as gônadas de filhotes natimortos de *Eretmochelys imbricata* foi observada uma proporção de razão sexual de (5:1) de fêmeas para macho, evidenciando que as alterações climáticas podem estar influenciando a determinação sexual de filhotes de tartarugas marinhas, com uma distorção para o sexo feminino.

Adicionalmente, estudos recentes apontam que o aquecimento global tem potencializado esse desequilíbrio, especialmente em regiões tropicais onde as temperaturas médias do substrato já se encontram próximas dos limites térmicos de viabilidade dos embriões (Fuentes *et al.*, 2024; Jensen *et al.*, 2018). Nessas condições, mesmo pequenas elevações térmicas podem aumentar a mortalidade embrionária ou reduzir as taxas de eclosão dos ninhos (Wyneken; Salmon, 2020; Santidrián Tomillo *et al.*, 2017). As taxas de eclosão observadas ao longo das duas temporadas mostraram variação considerável entre os setores, refletindo diretamente as diferenças térmicas e de umidade registradas nos ninhos. De modo geral, os ninhos com temperaturas médias acima de 33 °C apresentaram menores taxas de eclosão, resultado compatível com os limites críticos descritos na literatura (Matsuzawa *et al.*, 2002; Booth, 2017).

Além disso, foram registradas ocorrências de filhotes com alterações morfológicas e com condições atípicas em filhotes de alguns ninhos na Praia Cabo de

São Roque (Figura 39), incluindo deformações cranianas, má absorção do saco vitelínico, irregularidades nas placas da carapaça e tamanho reduzido dos filhotes.

Figura 39 - Alterações morfológicas e condições atípicas em filhotes de *Eretmochelys imbricata* na Praia Cabo de São Roque



Legenda: 1. Filhote com má formação nos olhos; 2. Filhote com disposição atípica das placas da carapaça; 3. Diferença de tamanho entre filhotes; 4. Filhotes com aparente inflamação no saco vitelínico; Fonte: APC Cabo de São Roque.

Embora não seja possível estabelecer uma relação direta e exclusiva com as altas temperaturas, a frequência desses casos parece ter aumentado nos últimos anos, sugerindo uma possível associação com condições térmicas extremas e microambientais durante a incubação. Esse padrão corrobora observações anteriores que associam o estresse térmico à ocorrência de malformações e à redução da

vitalidade dos filhotes (Matsuzawa *et al.*, 2002; Lezcano; Milton, 2025; Kuschke; Perrault; Wyneken, 2024).

Além dos efeitos morfológicos, temperaturas excessivas podem comprometer o desenvolvimento fisiológico e o desempenho locomotor dos filhotes, influenciando diretamente as chances de sobrevivência durante a corrida até o mar (Fisher; Godfrey; Owens, 2014; Rutledge *et al.*, 2024). Alguns estudos também relatam uma redução no tamanho dos filhotes de tartarugas marinhas, associado a uma diminuição no período de incubação dos ovos em temperaturas mais elevadas. Lezcano e Milton (2025) observaram que filhotes incubados em médias térmicas elevadas, próximas ou acima de 33 °C, apresentaram menor tamanho corporal e maior incidência de anomalias nas placas da carapaça. A ocorrência desses casos na Praia Cabo de São Roque reforça a necessidade de integrar o monitoramento térmico com avaliações qualitativas dos filhotes para aprimorar as estratégias de manejo e conservação de tartarugas marinhas na região.

4.8 Produtos técnicos

Os produtos técnicos desenvolvidos neste trabalho foram elaborados com o propósito de oferecer suporte prático às atividades de campo e às ações de educação ambiental da APC Cabo de São Roque, ao mesmo tempo em que possibilitam a divulgação acessível dos resultados desta pesquisa.

Foram elaborados dois materiais: um manual técnico (Apêndice A), destinado à padronização dos procedimentos de instalação dos *data loggers*, que futuramente será complementado com a criação de um curso de capacitação para os voluntários, fortalecendo o vínculo entre pesquisa, educação e conservação; e uma cartilha educativa (Apêndice B), que abordou informações sobre as mudanças climáticas e seus efeitos sobre as tartarugas marinhas e os ecossistemas costeiros.

O manual técnico e o curso de capacitação visam qualificar os voluntários, transformando-os em agentes multiplicadores capazes de aplicar corretamente a metodologia de monitoramento térmico dos ninhos, ampliando a rede de coleta de dados da instituição e garantindo maior qualidade científica às pesquisas desenvolvidas. Esse produto surgiu a partir de uma demanda identificada durante a execução do estudo, quando se constatou a necessidade de aprimorar a capacitação

técnica da equipe de campo, de modo a assegurar a padronização dos procedimentos e a correta instalação dos equipamentos em longo prazo.

A cartilha, que tem como público alvo principal alunos do Ensino Fundamental I e II, apresenta conceitos como determinação sexual dependente da temperatura, mudanças climáticas e suas implicações no sucesso reprodutivo das tartarugas marinhas. Esse material didático tem como principais objetivos tornar o conhecimento científico mais acessível e contribuir para a formação de uma consciência ambiental crítica.

Em conjunto, esses produtos fortalecem diretamente as iniciativas da APC Cabo de São Roque ao fornecer ferramentas que auxiliam na gestão e monitoramento das áreas de desova, além de ampliar o alcance das ações de sensibilização das comunidades locais e visitantes para a conservação das tartarugas marinhas.

4.8.1 Aderência

Os produtos técnicos apresentam forte aderência às necessidades institucionais da APC Cabo de São Roque e de seus parceiros, pois atendem diretamente às demandas por ferramentas práticas de educação ambiental e protocolos padronizados no monitoramento de áreas reprodutivas de tartarugas marinhas.

A cartilha dialoga com o público escolar e comunitário de forma acessível, enquanto o manual técnico e o curso de capacitação oferecem suporte estruturado para a atuação de voluntários, garantindo coerência com os objetivos de conservação da área.

4.8.2 Aplicabilidade

A aplicabilidade dos materiais é ampla e diversificada. A cartilha pode ser utilizada em atividades escolares, em ações de extensão comunitária e em programas de educação ambiental. Já o manual técnico e o curso de capacitação oferecem suporte metodológico ao trabalho de campo, promovendo padronização metodológica e qualificação das equipes envolvidas no monitoramento dos ninhos.

4.8.3 Complexidade

A elaboração dos produtos apresenta níveis distintos de complexidade. A cartilha demandou um processo de tradução do conhecimento científico para uma linguagem acessível e atraente, sem perder a precisão conceitual.

O manual técnico exigiu detalhamento metodológico e rigor científico, assegurando clareza na padronização dos procedimentos. Além desse material, o curso de capacitação que será desenvolvido, requer planejamento pedagógico e estrutura logística, incluindo materiais de apoio e acompanhamento prático aos voluntários.

4.8.4 Impacto

Os impactos esperados com os produtos técnicos abrangem tanto o campo científico quanto o socioambiental. Do ponto de vista acadêmico, a padronização metodológica contribui para fortalecer a qualidade dos dados coletados, contribuindo para o avanço das pesquisas nessa área. No aspecto social, a cartilha amplia a sensibilização e o engajamento da comunidade local, incentivando práticas sustentáveis e a participação ativa na conservação das tartarugas marinhas.

4.8.5 Inovação

A principal inovação dos produtos está na integração entre comunicação científica acessível e padronização metodológica, articulando educação ambiental e pesquisa aplicada. A cartilha aborda, de forma inédita, a relação entre mudanças climáticas e a biologia reprodutiva das tartarugas marinhas em linguagem acessível ao público em geral. Já o manual e o curso garantem a replicação padronizada de metodologias de campo, aumentando a qualidade e consistência das pesquisas na região.

4.8.6 Replicabilidade

Os produtos possuem grande potencial de replicação, podendo ser adaptados e aplicados em diferentes contextos costeiros no Brasil e em outros países que enfrentam desafios semelhantes.

A cartilha pode ser reproduzida em programas educativos e campanhas ambientais, enquanto o manual técnico e o curso de capacitação podem ser utilizados por outras instituições que atuam com o monitoramento de tartarugas marinhas,

promovendo o compartilhamento de técnicas de campo e fortalecendo redes colaborativas de conservação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo reforçam a importância da Praia Cabo de São Roque como uma área reprodutiva essencial para a tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) no litoral do Rio Grande do Norte, ao mesmo tempo em que evidenciam a vulnerabilidade desse ambiente frente às pressões das mudanças climáticas e da intensa dinâmica costeira. A instabilidade observada na área, já apontada por estudos anteriores, intensifica os processos erosivos e ameaça diretamente os ninhos localizados nas faixas mais baixas da praia.

A análise térmica dos ninhos revelou que, embora o sombreamento e a vegetação não tenham apresentado influência estatisticamente significativa sobre as temperaturas médias, a heterogeneidade microambiental permanece fundamental para a manutenção da reprodução, especialmente em um contexto de elevação das temperaturas médias globais, avanço do mar e aumento da frequência de eventos climáticos extremos.

As temperaturas registradas em ambas as temporadas indicam que parte dos ninhos esteve exposta a condições térmicas próximas ou superiores aos limites ideais de incubação (29-33°C), o que sugere uma predominância de filhotes fêmeas e potenciais riscos de mortalidade embrionária e deformações morfológicas. A observação de filhotes menores e com anomalias nas placas da carapaça corrobora a influência das altas temperaturas sobre a taxa de crescimento e a qualidade morfológica, indicando que o aquecimento global pode afetar não apenas a proporção sexual, mas também a aptidão física e a sobrevivência inicial desses indivíduos.

De modo mais amplo, os resultados encontrados até o momento contribuem para compreender como a variabilidade interanual e os extremos climáticos, cada vez mais intensos, modificam a dinâmica térmica dos ninhos e, conseqüentemente, o sucesso reprodutivo das tartarugas marinhas. Ao refletirem, em escala local, os efeitos das mudanças climáticas globais, as variações térmicas registradas na Praia Cabo de São Roque evidenciam a necessidade de integrar o monitoramento ambiental com estratégias de manejo adaptativo, capazes de proteger áreas com condições microclimáticas mais estáveis. Assim, a pesquisa científica revela-se fundamental

para o trabalho de conservação, pois revela informações de extrema relevância para o desenvolvimento de ações que minimizem os impactos das mudanças climáticas sobre as tartarugas marinhas.

Para o aprimoramento das futuras pesquisas, recomenda-se a ampliação do conjunto de variáveis monitoradas, incluindo umidade, profundidade, tipo de sedimento e albedo do substrato, além de aumento do número de ninhos acompanhados, a fim de fortalecer as análises. Sugere-se ainda uma distribuição mais equilibrada dos *data loggers* ao longo da temporada, com aproximadamente 15 ninhos monitorados por mês (cerca de cinco em cada setor), permitindo acumular dados de forma contínua e manter uma margem operacional segura entre as coletas e a disponibilidade dos equipamentos. Além disso, propõe-se a análise das temperaturas por terço do período de incubação, utilizando médias diárias, a fim de identificar com maior precisão as variações térmicas que ocorrem nas diferentes fases do desenvolvimento embrionário.

Recomenda-se também a ativação e manutenção regular do posto meteorológico da EMPARN no município de Maxaranguape, medida que pode aumentar a confiabilidade dos dados climáticos e contribuir significativamente para a interpretação dos resultados de pesquisas futuras na região.

A ampliação de pesquisas nessa área é essencial para subsidiar estratégias de manejo e conservação mais eficazes, sobretudo em um cenário de mudanças climáticas que tende a acentuar a vulnerabilidade das áreas de desova. Nesse contexto, a atuação do Projeto Tartarugas ao Mar, da APC Cabo de São Roque, desempenha papel fundamental na gestão e monitoramento das áreas de desova, ampliando a capacidade de proteção desses habitats estratégicos. O engajamento da comunidade local, por meio de voluntariado, educação ambiental e participação direta nas atividades de campo, potencializa os resultados do projeto, fortalecendo não apenas a conservação das tartarugas marinhas, mas também a manutenção da biodiversidade costeira. Dessa forma, o projeto demonstra como a integração entre ciência, manejo e sensibilização ambiental contribui para estratégias de conservação baseadas em evidências, reforçando o impacto positivo da participação comunitária na preservação dos ecossistemas costeiros.

Os produtos técnicos desenvolvidos neste trabalho também representam uma contribuição relevante nesse processo, ao aliarem divulgação científica, padronização

metodológica e sensibilização ambiental. A cartilha educativa e o manual técnico fortalecem diretamente as ações da APC Cabo de São Roque, fornecendo instrumentos que ampliam a rede de monitoramento, garantem maior qualidade científica às coletas e estimulam o engajamento comunitário nas atividades de conservação. Esses materiais refletem um esforço de tornar o conhecimento científico acessível e aplicável, consolidando a ponte entre pesquisa, educação e ação ambiental.

Por fim, esta pesquisa contribui também com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, especialmente com o ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), o ODS 14 (Vida na Água) e o ODS 15 (Vida Terrestre), ao integrar ciência aplicada, educação ambiental e conservação da biodiversidade. Dessa forma, reforça-se que o monitoramento térmico de ninhos de tartarugas marinhas não apenas contribui para o avanço do conhecimento científico, mas também constitui uma ferramenta estratégica para a gestão costeira sustentável e o enfrentamento dos desafios impostos pelas mudanças climáticas globais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. P. **Comportamento Reprodutivo de Tartarugas Marinhas**. Anais do XIX Congresso Brasileiro de Etologia, Juiz de Fora, 2001. p. 62-65. Disponível em: http://www.projetotamar.org.br/publicacoes_html/pdf/2001/2001_Comportamento_Reprodutivo_2001.pdf. Acesso em: 13 out. 2024.
- ALMEIDA, A. P. *et al.* Avaliação do estado de conservação da tartaruga marinha *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, Ano I, Nº 1, 12-19, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v1i1.87>. Acesso em: 17 out. 2024.
- ALVES, G. C.; SILVA, D. N.; DE BARROS, J. C. P.. A Educação Ambiental no ensino formal para refletir sobre os impactos do aquecimento global na Década das Nações Unidas de Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável: um relato de experiência. **Scientific Journal ANAP**, v. 1, n. 4, 2023. Disponível em: <https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap/article/view/3966/3817>. Acesso em: 12 out. 2024.
- AMBRIZZI, T. *et al.* **Mudanças Climáticas e a Sociedade**. São Paulo: Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP, 2021. *E-book* (44p.). ISBN 978-65-88233-03-0. Disponível em: https://educacao.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2023/08/MC_sociedade.pdf. Acesso em: 07 out. 2024.
- APC Cabo de São Roque. **Associação de Proteção e Conservação Ambiental Cabo de São Roque**, 2025. Disponível em: <https://apccabodesaoroque.com.br/>. Acesso em: 03 set. 2025.
- ARANTES, L. S.; VARGAS, S. M.; SANTOS, F. R. Global phylogeography of the critically endangered hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*). **Genetics and Molecular Biology**, v. 43, n. 2, p. e20190264, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2019-0264>. Acesso em: 29 set. 2025.
- ARTAXO, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos avançados**, v. 34, p. 53-66, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.005>. Acesso em: 21 set. 2024.
- AZEVEDO, M. Â. As tartarugas marinhas do litoral brasileiro. **Ciência Hoje**, Ano 1, n.5, p.32-35, 1983. Disponível em: http://www.projetotamar.org.br/publicacoes_html/pdf/1980-89/1983_As_Tartarugas_Marinhas_do_Litoral_Brasileiro.pdf. Acesso em: 27 out. 2024.
- BACHTROG, D. *et al.* Sex determination: why so many ways of doing it?. **PLoS Biology**, v. 12, n. 7, p. e1001899, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001899>. Acesso em: 13 out. 2024.
- BAPTISTOTTE, C. **Tartarugas marinhas: Projeto Tamar**. In: Congresso de Herpetologia no Brasil. sn, 1994. p. 33-37. Disponível em:

http://www.projetotamar.org.br/publicacoes_html/pdf/1992/1992_Tartarugas_Marinhas_Projeto_TAMAR.pdf. Acesso em: 12 out. 2024.

BAPTISTOTTE, C. **Testudines marinhos (tartarugas marinhas)**. Tratado de Animais Selvagens: medicina veterinária, v. 2, p. 259-70, 2014. Disponível em: http://www.projetotamar.org.br/publicacoes_html/pdf/2014/2014_Testudines_Marinhas_Tratado_de_Animais_Selvagens.pdf. Acesso em: 13 out. 2024.

BARBIERI, J. C. **Desenvolvimento sustentável: das origens à Agenda 2030**. Editora Vozes, 2020. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=KzcDEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT6&dq=desenvolvimento+sustent%C3%A1vel&ots=xjrj_FXXLR&sig=04kxV1YihT-T638vSdOptl6U5wk#v=onepage&q=desenvolvimento%20sustent%C3%A1vel&f=false. Acesso em: 06 out. 2024.

BARBIERI, J. C.; SILVA, D. Desenvolvimento sustentável e educação ambiental: uma trajetória comum com muitos desafios. RAM. **Revista de Administração Mackenzie**, v. 12, p. 51-82, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ram/a/DSKVMHs8qLRFRRGcGqTKh7H/?lang=pt>. Acesso em: 22 set. 2024.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016. Disponível em: <https://ia802902.us.archive.org/8/items/bardin-laurence-analise-de-conteudo/bardin-laurence-analise-de-conteudo.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2025.

BASÍLIO, T. H. *et al.* **Tartarugas marinhas. Biodiversidade e Conservação das Ilhas Costeiras do Litoral Sul Capixaba**. São Paulo: Lura Editorial, p. 182-195, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fungyi-Chow/publication/342184422_2020_Basilio_et_al_Biodiversidade_e_conservacao_das_ilhas_capixaba/links/5ee7faba299bf1faac5994ea/2020-Basilio-et-al-Biodiversidade-e-conservacao-das-ilhas-capixaba.pdf#page=182. Acesso em: 27 out. 2024.

BELLINI, C. *et al.* Green turtle (*Chelonia mydas*) nesting on Atol das Rocas, north-eastern Brazil, 1990–2008. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 93, n. 4, p. 1117-1132, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S002531541200046X>. Acesso em: 21 ago. 2025.

BELLINI, C. *et al.* **Tartarugas marinhas no litoral do Rio Grande do Norte, Brasil**. In: Congresso Nordeste de Ecologia Mata da Atlântica, 7., Ilhéus, 1997. Ilhéus: EDITUS, 1997, p.245-246. Disponível em: https://www.tamar.org.br/publicacoes_html/pdf/1997/1997_Tartarugas_marinhas_no_litoral_do_Rio_Grande_do_Norte.pdf. Acesso em: 27 out. 2024.

BELLINI, C.; VIEIRA, D. H. G.; SANTOS, A. J. B. **Praias prioritárias para a proteção das tartarugas-de-pente, *Eretmochelys imbricata*, no litoral sul do Rio Grande do Norte**. 2017. Disponível em: https://repositorio.icmbio.gov.br/bitstream/cecav/1973/1/2017_Praias_prioritarias_para_a_protecao_das_tartarugas.pdf. Acesso em: 28 out. 2024.

BERMANN, C. Crise ambiental e as energias renováveis. **Ciência e Cultura**, v. 60, n. 3, p. 20-29, 2008. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v60n3/a10v60n3.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2023.

BIO, Ana *et al.* Indicadores de vulnerabilidade de erosão costeira: Um estudo de caso no Norte de Portugal. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, 2020. Disponível em: https://repositorium.uminho.pt/bitstream/1822/69660/1/3175-rgci-n337_Bio.pdf. Acesso em: 14 out. 2024.

BJORNDAL, K. A. *et al.* Compensatory growth in oceanic loggerhead sea turtles: response to a stochastic environment. **Ecology**, v. 84, n. 5, p. 1237-1249, 2003. Disponível em: [https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/0012-9658\(2003\)084\[1237:CGIOLS\]2.0.CO;2](https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/0012-9658(2003)084[1237:CGIOLS]2.0.CO;2). Acesso em: 18 out. 2024.

BJORNDAL, K. A. *et al.* Somatic growth dynamics of west Atlantic hawksbill sea turtles: a spatio- temporal perspective. **Ecosphere**, v. 7, n. 5, p. e01279, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ecs2.1279>. Acesso em: 29 set. 2025.

BLOIS, J. L. *et al.* Climate change and the past, present, and future of biotic interactions. **Science**, v. 341, n. 6145, p. 499-504, 2013. Disponível em: <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.1237184>. Acesso em: 21 set. 2024.

BOOTH, D. T. Influence of incubation temperature on sea turtle hatchling quality. **Integrative Zoology**, v. 12, n. 5, p. 352-360, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12255>. Acesso em: 20 out. 2025.

BOOTH, D. T.; FREEMAN, C. Sand and nest temperatures and an estimate of hatchling sex ratio from the Heron Island green turtle (*Chelonia mydas*) rookery, Southern Great Barrier Reef. **Coral reefs**, v. 25, p. 629-633, 2006. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00338-006-0135-4>. Acesso em: 03 set. 2024.

BRIERLEY, A. S.; KINGSFORD, M. J. Impacts of climate change on marine organisms and ecosystems. **Current biology**, v. 19, n. 14, p. R602-R614, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.05.046>. Acesso em: 15 out. 2025.

CARMO, H. M. A. *et al.* **Distribuição espaço-temporal dos ninhos de tartarugas marinhas nas praias da Barreira do Inferno (Parnamirim/RN)**. In: Congresso Brasileiro de Oceanografia, 7., 2016, Salvador, 2016. Disponível em: https://www.tamar.org.br/publicacoes_html/pdf/2016/2016_Distribuicao_espaco_temporal_dos_ninhos_de_tartarugas_marinhas.pdf. Acesso em: 29 set. 2025.

CARVALHO, G. D. *et al.* **A importância ecológica da conservação das tartarugas marinhas**. Proceedings of the Anais do II Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciências e Tecnologias, Diamantina, MG, Brazil. 2021. Disponível em: <https://taola.website.cv/wp-content/uploads/2025/02/IMPORTANCIAECOLGICADACONSERVAODASTARTARUGASMARINHAS.pdf>. Acesso em: 13 out. 2024.

CHALOUPKA, M. Y.; LIMPUS, C. J. Robust statistical modelling of hawksbill sea turtle growth rates (southern Great Barrier Reef). **Marine Ecology Progress Series**,

v. 146, p. 1-8, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.3354/meps>. Acesso em: 29 set. 2025.

CHALOUPKA, M.; LIMPUS, C.; MILLER, J.. Green turtle somatic growth dynamics in a spatially disjunct Great Barrier Reef metapopulation. **Coral Reefs**, v. 23, n. 3, p. 325-335, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00338-004-0387-9>. Acesso em: 29 set. 2025.

CHATTING, M. *et al.* Nesting ecology of hawksbill turtles, *Eretmochelys imbricata*, in an extreme environmental setting. **PloS one**, v. 13, n. 9, p. e0203257, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203257>. Acesso em: 29 set. 2025.

COMPAGNON, M.; ALMEIDA, S. F. **Impactos do aquecimento global na biodiversidade do Monte Roraima em notícia-entrevista de blog**. Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação. 44º Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação, 2021. Disponível em: <https://portalintercom.org.br/anais/nacional2021/resumos/ij07/mairon-compagnon.pdf>. Acesso em: 06 out. 2024.

CPTEC. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Boletim Mensal nº 08: Painei El Niño 2023-2024, 12 de junho de 2024. Disponível em: https://dataserver.cptec.inpe.br/dataserver_diptc/web/Painel-Elnino/2023-2024/painel_el_nino_boletim_mensal_no_08.pdf. Acesso em: 16 out. 2025.

DA CONCEIÇÃO FERREIRA, L. *et al.* Educação ambiental e sustentabilidade na prática escolar. **Revista Brasileira de Educação Ambiental** (RevBEA), v. 14, n. 2, p. 201-214, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/2678/1639>. Acesso em: 19 set. 2024.

DA SILVA, L. G. V. P.; BARRETO, I. N.; NAVONI, J. A. Ocorrência reprodutiva de *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766), no litoral norte do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista de Salud Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 217-222, 2022. Disponível em: <https://www.ojs.diffundit.com/index.php/ras/article/view/1159>. Acesso em: 05 nov. 2024.

DA SILVEIRA CASTRO, F. *et al.* Impacto das projeções de mudanças climáticas globais do IPCC no zoneamento agroclimático da cultura da cana-de-açúcar na América do Sul. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 28410-28427, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-331>. Acesso em: 07 out. 2024.

DE ALMEIDA, T. C.; DE SOUZA, G. B. G. **Vulnerabilidade Costeira e Seus Efeitos Sobre os Serviços Ecossistêmicos na Baía de Todos os Santos**. Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, 2023. Disponível em: <https://anpur.org.br/wp-content/uploads/2023/05/st04-53.pdf>. Acesso em: 14 out. 2024.

DE ARAÚJO ALVES, M. A. *et al.* **Estudo das mudanças climáticas pela ação indiscriminada da espécie humana**. Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em

Ciências, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ana-De-Oliveira-22/publication/374872945_ESTUDO_DAS_MUDANCAS_CLIMATICAS_PELA_ACAO_INDISTRIMINADA_DA_ESPECIE_HUMANA/links/65333dce73a2865c7ac1bf5d/ESTUDO-DAS-MUDANCAS-CLIMATICAS-PELA-ACAO-INDISTRIMINADA-DA-ESPECIE-HUMANA.pdf. Acesso em: 07 out. 2024.

DE CASTILHOS, J. C. *et al.* Avaliação do estado de conservação da tartaruga marinha *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829) no Brasil, 2011. Disponível em: https://repositorio.icmbio.gov.br/bitstream/cecav/2114/1/Avaliacao_do_estado_de_conservacao_da_tartaruga_ma.pdf. Acesso em: 18 out. 2024.

DE FARIAS, M. E. A. C.; MARTINS, M. F.; CÂNDIDO, G. A. Agenda 2030 e Energias Renováveis: sinergias e desafios para alcance do desenvolvimento sustentável. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 17, p. e13101723867-e13101723867, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/23867/21304>. Acesso em: 5 nov. 2023.

DE SOUZA, A. C. M. *et al.* Os impactos da acidificação oceânica e elevação da temperatura do mar no ecossistema marinho. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 1, p. 1418-1423, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n1-117>. Acesso em: 06 out. 2024.

DIAS, R. Impactos climáticos em ecossistemas costeiros. **Revista Sociedade Científica**, v. 7, n. 1, p. 426-454, 2024. Disponível em: <https://journal.scientificsociety.net/index.php/sobre/article/view/205>. Acesso em: 14 out. 2024.

DITMER, M. A.; STAPLETON, S. P. Factors affecting hatch success of hawksbill sea turtles on Long Island, Antigua, West Indies. **PloS one**, v. 7, n. 7, p. e38472, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038472>. Acesso em 20 out. 2025.

DONEY, S. C. *et al.* Climate change impacts on marine ecosystems. **Annual review of marine science**, v. 4, n. 2012, p. 11-37, 2012. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-marine-041911-111611?crawler=true>. Acesso em: 15 out. 2025.

DOS SANTOS OLIVEIRA, G. C. *et al.* Later nesting by hawksbill turtle following sea surface warming. **Journal of Herpetology**, v. 54, n. 3, p. 371-377, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1670/19-062>. Acesso em: 29 set. 2025.

ESTEBAN, N. *et al.* Male hatchling production in sea turtles from one of the world's largest marine protected areas, the Chagos Archipelago. **Scientific Reports**, 2016. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/srep20339>. Acesso em: 7 jul. 2023.

FERNANDES, R. S. *et al.* **Monitoria, Marcação e Conservação de Tartarugas Marinhas em Moçambique: Relatório Anual 2014/15**. Maputo, 2015. Disponível em: https://mozturtles.com/wp-content/uploads/2014/12/mt-relatorio-anual-e2014_15-final-pt.pdf. Acesso em: 17 out. 2024.

FERNANDES, T. M. M. **Dinâmica da linha de praia em curto prazo entre Barra de Maxaranguape e Ponta Gorda, litoral oriental do Rio Grande do Norte**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/server/api/core/bitstreams/1f1de7ac-97f1-45b4-8dec-93987da13fa3/content>. Acesso em: 21 ago. 2025.

FERREIRA JÚNIOR, P. D. Aspectos ecológicos da determinação sexual em tartarugas. **Acta Amazonica**, v. 39, p. 139-154, 2009a. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/bzSXL9CpfzFq4qHRGtb9ppF/>. Acesso em: 8 jul. 2023.

FERREIRA JÚNIOR, P. D. Efeitos de fatores ambientais na reprodução de tartarugas. **Acta Amazonica**, v. 39, p. 319-334, 2009b. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/TWXPpfSgbmHT9ZXfGLyg7Bh/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27 jul. 2025.

FISHER, L. R.; GODFREY, M. H.; OWENS, David W. Incubation temperature effects on hatchling performance in the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). **PloS one**, v. 9, n. 12, p. e114880, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114880>. Acesso em: 21 out. 2025.

FOSSETTE, S. *et al.* Movements and distribution of hawksbill turtles in the Eastern Indian Ocean. **Global Ecology and Conservation**, v. 29, p. e01713, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01713>. Acesso em: 01 out. 2025.

FREIRE, L. C.; LIMA, K. C.; CAVALCANTI, I. F. A. Análise de aspectos meteorológicos sobre o Nordeste do Brasil em anos de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 4, n. 3, p. 429–444, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge/article/view/232719>. Acesso em: 22 jul. 2025.

FUENTES, M. M. P. B. *et al.* Adaptation of sea turtles to climate warming: Will phenological responses be sufficient to counteract changes in reproductive output?. **Global Change Biology**, v. 30, n. 1, p. e16991, 2024. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcb.16991>. Acesso em: 14 out. 2024.

FUENTES, M. M. P. B. *et al.* A adaptabilidade potencial das tartarugas marinhas às mudanças climáticas pode ser prejudicada pelo desenvolvimento costeiro nos EUA, 2020. **Mudança Ambiental Regional**, 20 (3), 104. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01689-4>. Acesso em: 15 out. 2024.

FUENTES, M. M. P. B. *et al.* Proxy indicators of sand temperature help project impacts of global warming on sea turtles in northern Australia. **Endangered Species Research**, v. 9, n. 1, p. 33-40, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.3354/esr00224>. Acesso em: 8 jul. 2023.

FUENTES, M. M. P. B.; HAMANN, M.; LIMPUS, C. J. Past, current and future thermal profiles of green turtle nesting grounds: Implications from climate change. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 383, n. 1, p. 56-64, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022098109004663>. Acesso em: 30 jul. 2025.

FUENTES, M. M. P. B.; LIMPUS, C. J.; HAMANN, M. Vulnerability of sea turtle nesting grounds to climate change. **Global Change Biology**, v. 17, n. 1, p. 140-153, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02192.x>. Acesso em: 05 set. 2024.

Fundação Projeto Tamar. **Ameaça de extinção**, 2013. Disponível em: <https://www.tamar.org.br/interna.php?cod=100>. Acesso em: 06 out. 2024.

Fundação Projeto Tamar. **Como estão as tartarugas marinhas na nova lista de espécies ameaçadas**, 2022. Disponível em: <https://www.tamar.org.br/noticia1.php?cod=998>. Acesso em: 13 out. 2024.

Fundação Projeto Tamar. **Sobrevivência**, 2025. Disponível em: <https://www.tamar.org.br/interna.php?cod=97>. Acesso em: 29 set. 2025.

GAERTNER, E. W. *et al.* Alinhamento de Pesquisas Científicas com os ODS da Agenda 2030: um recorte territorial. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 10, n. 2, p. 26-45, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2021v10i2.p5568>. Acesso em: 21 set. 2024.

GARCÍA, A.; CEBALLOS, G.; ADAYA, R. Intensive beach management as an improved sea turtle conservation strategy in Mexico. **Biological Conservation**, v. 111, n. 2, p. 253-261, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320702003002>. Acesso em: 27 out. 2024.

GIL, A. C. *et al.* **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002. Disponível em: https://www.academia.edu/download/31031805/9482_lista_de_revisao_1%C3%8%E2%80%9Ao_bimestre_com_respostas_direito.pdf. Acesso em: 25 out. 2023.

HARJANNE, A.; KORHONEN, J. M. Abandonando o conceito de energia renovável. **Política energética**, v. 127, p. 330-340, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421518308280>. Acesso em: 8 nov. 2023.

HAYS, G. C. *et al.* Impact of marine heatwaves for sea turtle nest temperatures. **Biology letters**, v. 17, n. 5, p. 20210038, 2021. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rsbl.2021.0038>. Acesso em: 18 out. 2024.

HAYS, G. C. *et al.* The importance of sand albedo for the thermal conditions on sea turtle nesting beaches. *Oikos*, v. 93, n. 1, p. 87-94, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2001.930109.x>. Acesso em: 29 set. 2025.

HAWKES, L. A. *et al.* Climate change and marine turtles. **Endangered Species Research**, v. 7, p. 137–154, 2009. Disponível em: <https://www.int-res.com/articles/esr2009/7/n007p137.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2025.

HAWKES, L. A. *et al.* High rates of growth recorded for hawksbill sea turtles in Anegada, British Virgin Islands. **Ecology and Evolution**, v. 4, n. 8, p. 1255-1266, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ece3.1018>. Acesso em: 29 set. 2025.

HAWKES, L. A. *et al.* Migratory patterns in hawksbill turtles described by satellite tracking. **Marine Ecology Progress Series**, v. 461, p. 223-232, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.3354/meps09778>. Acesso em: 01 out. 2025.

HOUGHTON, J. D. R. *et al.* Protracted rainfall decreases temperature within leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) clutches in Grenada, West Indies: ecological implications for a species displaying temperature dependent sex determination. *Journal of experimental marine biology and ecology*, v. 345, n. 1, p. 71-77, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2007.02.001>. Acesso em: 29 set. 2025.

HOWARD, R.; BELL, I.; PIKE, D. A. Thermal tolerances of sea turtle embryos: current understanding and future directions. **Endangered Species Research**, v. 26, n. 1, p. 75-86, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3354/esr>. Acesso em: 29 set. 2025.

IDEMA. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. **Área de Proteção Ambiental dos Recifes de Corais – APARC**, 2024a. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=944&ACT=&PAGE=0&PARM=&LBL=Unidades+de+Conserva%E7%E3o>. Acesso em: 22 set. 2024.

IDEMA. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. **Perfil do seu município – Maxaranguape**, 2008. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000013962.PDF>. Acesso em: 27 out. 2024.

IDEMA. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. **Unidades de Conservação da Natureza Estaduais do RN**, 2024b. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=334&ACT=&PAGE=&PARM=&LBL=MAT%C9RIA>. Acesso em: 27 out. 2024.

IOUSP. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. **Série de textos: oceano**, 2024. Disponível em: <https://www.io.usp.br/index.php/oceanos/textos.html>. Acesso em: 13 out. 2024.

IPCC. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. *Climate Change 2021: the physical science basis*, 2021. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Editado por Masson-Delmotte V. P. *et al.* Cambridge: Cambridge University Press 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/technical-summary/>. Acesso em: 07 out. 2024.

IPCC. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. 2024. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/>. Acesso em: 06 out. 2024.

JACOBI, P. R. Mudanças climáticas e ensino superior: a combinação entre pesquisa e educação. **Educar em Revista**, p. 57-72, 2014. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/er/a/5JtnTPB8mgdCWmq7F89wLfC/?lang=pt>. Acesso em: 20 set. 2024.

JAN, S. A. *et al.* Impact of Climate Change on Marine Biodiversity: Current Challenges and Future Perspectives: Marine Biodiversity, Climate Change and Complexity. **Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: B. Life and Environmental Sciences**, v. 60, n. 1, p. 29-47, 2023. Disponível em: <https://ppaspk.org/index.php/PPAS-B/article/view/963>. Acesso em: 14 out. 2024.

JENSEN, M. P. *et al.* Environmental Warming and Feminization of One of the Largest Sea Turtle Populations in the World. **Current Biology**, v. 28, n. 1, p. 154-159.e4, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.11.057>. Acesso em: 5 nov. 2023.

JOURDAN, J.; FUENTES, M. M. P. B. Effectiveness of strategies at reducing sand temperature to mitigate potential impacts from changes in environmental temperature on sea turtle reproductive output. **Mitigation and adaptation strategies for global change**, v. 20, n. 1, p. 121-133, 2015. Dissertação em: <https://doi.org/10.1007/s11027-013-9482-y>. Acesso em: 18 out. 2025.

KAMEL, S. J. Vegetation cover predicts temperature in nests of the hawksbill sea turtle: implications for beach management and offspring sex ratios. **Endangered Species Research**, v. 20, n. 1, p. 41-48, 2013. Disponível em: <https://www.int-res.com/abstracts/esr/v20/n1/p41-48/>. Acesso em: 9 jul. 2023.

KAMEL, S. J.; MROSOVSKY, N. Deforestation: risk of sex ratio distortion in hawksbill sea turtles. **Ecological Applications**, v. 16, n. 3, p. 923-931, 2006. Disponível em: [https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/1051-0761\(2006\)016\[0923:DROSRD\]2.0.CO;2](https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/1051-0761(2006)016[0923:DROSRD]2.0.CO;2). Acesso em: 15 out. 2024.

KYNOCH, C. *et al.* Variability in thermal tolerance of clutches from different mothers indicates adaptation potential to climate warming in sea turtles. **Global Change Biology**, v. 30, n. 8, p. e17447, 2024. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gcb.17447>. Acesso em: 27 out. 2024.

KRENAK, Ailton. **Ideias para adiar o fim do mundo**. Editora Companhia das Letras, 2ª edição, p. 16, 2020.

KUSCHKE, S. G.; PERRAULT, J. R.; WYNEKEN, J. Turning up the Heat on Sea Turtles. **SWOT Report** vol. 19, 2024. Disponível em: <https://www.seaturtlestatus.org/articles/2024/2/13/turning-up-the-heat-on-sea-turtles>. Acesso em: 14 out. 2024.

LALOË, J. *et al.* Climate change and temperature-linked hatchling mortality at a globally important sea turtle nesting site. **Global Change Biology**, v. 23, n. 11, p. 4922-4931, 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gcb.13765>. Acesso em: 14 out. 2024.

LALOË, J.; HAYS, G. C. Can a present-day thermal niche be preserved in a warming climate by a shift in phenology? A case study with sea turtles. **Royal Society Open**

Science, v. 10, n. 2, p. 221002, 2023. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rsos.221002>. Acesso em: 15 out. 2024.

LEÓN, Y. M.; BJORNDAL, K. A. Selective feeding in the hawksbill turtle, an important predator in coral reef ecosystems. **Marine Ecology Progress Series**, v. 245, p. 249–258, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.3354/meps245249>. Acesso em: 17 out. 2025.

LEZCANO, I.; MILTON, S.. Assessing the effects of incubation temperature on the cognitive ability of post-hatchling loggerhead sea turtles *Caretta caretta*. **Endangered Species Research**, v. 58, p. 23-41, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3354/esr01433>. Acesso em: 21 out. 2025.

LIMA, L. P. Q.; NETO, L. D.; HOLANDA, L. A. Programa de Ecoturismo e Educação Ambiental do Projeto TAMAR-Fernando de Noronha: uma análise de 2013 a 2016. **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v.11, n.1, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.unifesp.br/index.php/ecoturismo/article/view/6658/4250>>. Acesso em: 21 set. 2024.

LIMA, M. M. *et al.* A quarta revolução industrial sob o tripé da sustentabilidade. **Semioses: Inovação, Desenvolvimento e Sustentabilidade**, v. 13, n. 3, p. 76-86, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.15202/1981996x.2019v13n3p76-86>. Acesso em: 06 out. 2024.

LIMA, S. S. C. *et al.* Aquecimento global e mudanças climáticas: uma revisão dos impactos sobre as populações de tartarugas marinhas e dulcícolas do Brasil. **Revista Uniaraguaia**, v. 15, n. 3, p. 1-11, 2020. Disponível em: <https://sipe.uniaraguaia.edu.br/index.php/REVISTAUNIARAGUAIA/article/view/884/Vol15-3-art-1>. Acesso em: 7 jul. 2023.

LLAMAS, I. *et al.* Distribution, size range and growth rates of hawksbill turtles at a major foraging ground in the eastern Pacific Ocean. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 45, n. 3, p. 585-596, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3856/vol45-issue3-fulltext-9>. Acesso em: 01 out. 2025.

LOBATO, B. G. **Monitoramento de ninhos de tartarugas marinhas: uma análise da atração do predador por falsos ninhos**. Dissertação de Mestrado. Brasil, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/28151/1/BrunaGuedesLobato_DISSE RT.pdf. Acesso em: 13 out. 2024.

LOCKLEY, E. C.; EIZAGUIRRE, C. Effects of global warming on species with temperature-dependent sex determination: Bridging the gap between empirical research and management. **Evolutionary Applications**, v. 14, n. 10, p. 2361-2377, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/eva.13226>. Acesso em: 13 out. 2024.

LUCENA, L. S. de; CABRAL, J. R.; STEINKE, E. T. Comportamento hidroclimatológico do estado do Rio Grande do Norte e do município de Caicó.

Revista Brasileira de Meteorologia, São José dos Campos, v. 33, n. 3, p. 437–446, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-7786333008> Acesso em: 22 jul. 2025.

LUCON, O. **Mudanças Climáticas: Roteiro de Estudos**. Instituto de Energia e Ambiente (IEE) – USP, 80p, São Paulo, 2022. Disponível em: https://biblioteca.unisced.edu.mz/bitstream/123456789/2151/1/Mudan%C3%A7as_Cl%C3%A1ticas__Roteiro_de_Estudos_-_Oswaldo_Lucon_FINAL%2B%281%29.pdf. Acesso em: 07 out. 2024.

MAIA, R. C. *et al.* Impactos ambientais em manguezais no Ceará: causas e consequências. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 5, p. 69-77, 2019. Disponível em: <https://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/1797/1381>. Acesso em: 14 out. 2024.

MARCOVALDI, M. A.; LAURENT, A. A six season study of marine turtle nesting at Praia do Forte, Bahia, Brazil, with implications for conservation and management. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 2, n. 1-1996, 1996. Disponível em: https://www.tamar.org.br/publicacoes_html/pdf/1996/1996_A_Six_Study_of_Marine_Turtle.pdf. Acesso em: 27 nov. 2025.

MARQUES, L. O Antropoceno como aceleração do aquecimento global. **Liinc em Revista**, v. 18, n. 1, p. e5968-e5968, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.18617/liinc.v18i1.5968>. Acesso em: 06 out. 2024.

MARTÍNEZ-JUÁREZ, A.; MORENO-MENDOZA, N. Mechanisms related to sexual determination by temperature in reptiles. **Journal of Thermal Biology**, v. 85, p. 102400, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306456518304170>. Acesso em: 13 out. 2024.

MATSUZAWA, Y. *et al.* Seasonal fluctuations in sand temperature: effects on the incubation period and mortality of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) pre-emergent hatchlings in Minabe, Japan. **Marine Biology**, v. 140, n. 3, p. 639-646, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00227-001-0724-2>. Acesso em: 20 out. 2025.

MAURER, A. S. *et al.* Population viability of sea turtles in the context of global warming. **BioScience**, v. 71, n. 8, p. 790-804, 2021. Disponível em: <https://academic.oup.com/bioscience/article/71/8/790/6180128>. Acesso em: 15 out. 2024.

MAZARIS, A. D.; MATSINOS, G.; PANTIS, J. D. Evaluating the impacts of coastal squeeze on sea turtle nesting. **Ocean & Coastal Management**, v. 52, n. 2, p. 139-145, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2008.10.005>. Acesso em: 06 out. 2024.

MENDONÇA, D. M. **Influência das fases lunares e dos parâmetros oceanográficos no comportamento de nidificação da tartaruga-verde (Chelonia**

mydas) no Atol das Rocas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Oceanografia), Universidade Federal do Ceará, 2021. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/58040>. Acesso em: 21 ago. 2025.

MEYLAN, A. B.; DONNELLY, M. Status justification for listing the hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) as critically endangered on the 1996 IUCN Red List of Threatened Animals. **Chelonian conservation and Biology**, v. 3, n. 2, p. 200-224, 1999. Disponível em: <https://static1.squarespace.com/static/5e4c290978d00820618e0944/t/5e50274706f7816642b7b8e0/1582311240458/status-justification-for-listing-the-hawksbill-turtle.pdf>. Acesso em: 13 out. 2024.

MILLER, J. D. Reproduction in sea turtles. **The Biology of Sea Turtles**, Volume I, p. 51-81, 2017. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780203737088-3/reproduction-sea-turtles-jeffrey-miller>. Acesso em: 13 out. 2024.

MILLER, J. D.; LIMPUS, C. J.; GODFREY, M. H. Nest site selection, oviposition, eggs, development, hatching, and emergence of loggerhead turtles. **Loggerhead sea turtles**, v. 8, p. 125-143, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Colin-Limpus-2/publication/254382851_Nest_Site_Selection_Oviposition_Eggs_Development_Hatching_and_Emergence_of_Loggerhead_Turtles/links/542c7ef80cf277d58e8c811a/Nest-Site-Selection-Oviposition-Eggs-Development-Hatching-and-Emergence-of-Loggerhead-Turtles.pdf. Acesso em: 13 out. 2024.

MIRANDA, L. M. Sobre história, sustentabilidade e crise energética. **Revista Brasileira de História**, v. 43, p. 15-28, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbh/a/jyPGVj8MZycHSjfY4XTBMcb/>. Acesso em: 4 nov. 2023.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Conheça as Tartarugas Marinhas**, 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/tartarugas-marinhas-e-biodiversidade-marinha-do-leste/o-que-fazemos/conheca-as-tartarugas-marinhas>. Acesso em: 01 out. 2025.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **ICMBio divulga lista de espécies da fauna ameaçadas**, 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/tartarugas-marinhas-e-biodiversidade-marinha-do-leste/comunicacao/ultimas-noticias/icmbio-divulga-nova-lista-de-especies-da-fauna-ameacadas>. Acesso em: 01 out. 2025.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022**. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2020/P_mma_148_2022_altera_anexos_P_mma_443_444_445_2014_atualiza_especies_ameacadas_extincao.pdf. Acesso em: 13 out. 2024.

MOREIRA, A. T. R. *et al.* O impacto da ação antrópica no meio ambiente: aquecimento global. **Revista Educação em Foco**, v. 14, p. 22-27, 2022. Disponível em: <https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2022/06/O->

IMPACTO-DA-A%⁸⁷%⁸³O-ANTR%⁹³PICA-NO-MEIO-AMBIENTE-AQUECIMENTO-GLOBAL-p%^{A1g}-22-a-27.pdf. Acesso em: 06 out. 2024.

MOREIRA, C. Determinação do Sexo. **Revista de Ciência Elementar**, v. 1, n. 1, 2013. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/pdf/2013/073/>. Acesso em: 21 set. 2024.

MORMINA, M. Science, technology and innovation as social goods for development: Rethinking research capacity building from Sen's capabilities approach. **Science and Engineering Ethics**, v. 25, n. 3, p. 671-692, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11948-018-0037-1>. Acesso em: 22 ago. 2025.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of Atmospheric Sciences*, v. 38, n. 12, p. 2653-2675, 1981. Disponível em: [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1981\)038<2653:OTDODI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1981)038<2653:OTDODI>2.0.CO;2). Acesso em: 15 out. 2025.

MOURA, C. C. M. *et al.* Distribuição espaço-temporal e sucesso reprodutivo de *Eretmochelys imbricata* nas praias do Ipojuca, Pernambuco, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 102, p. 254-260, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0073-47212012005000003>. Acesso em: 22 ago. 2025.

MROSOVSKY, N. A. J. P.; PROVANCH, Jane. Sex ratio of hatchling loggerhead sea turtles: data and estimates from a 5-year study. **Canadian Journal of Zoology**, v. 70, n. 3, p. 530-538, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/z92-080>. Acesso em: 20 jul. 2025.

MROSOVSKY, N.; CARR, A. Preference for light of short wavelengths in hatchling green sea turtles, *Chelonia mydas*, tested on their natural nesting beaches. **Behaviour**, v. 28, n. 3-4, p. 217-231, 1967. Disponível em: https://brill.com/view/journals/beh/28/3-4/article-p217_1.xml. Acesso em: 13 out. 2024. Acesso em 20 jul. 2025.

MUSICK, J. A.; LIMPUS, C. J. Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles. **The Biology of Sea Turtles**, Volume I. CRC Press, 1997. p. 137-163. Disponível em: <https://doi.org/10.1201/9780203737088>. Acesso em 20 jul. 2025.

NASA. Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço. Aquecimento dos oceanos, 2024a. Disponível em: <https://climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine/?intent=021>. Acesso em: 06 out. 2024.

NASA. Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço. Evidências das mudanças climáticas, 2024b. Disponível em: <https://science.nasa.gov/climate-change/evidence/>. Acesso em: 06 out. 2024.

NASA. Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço. Temperaturas em alta: NASA confirma que 2024 será o ano mais quente já registrado, 2024c. Disponível

em: <https://www.nasa.gov/news-release/temperatures-rising-nasa-confirms-2024-warmest-year-on-record/>. Acesso em: 15 out. 2025.

NASA. Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço. Temperatura global, 2024d. Disponível em: <https://science.nasa.gov/earth/explore/the-ocean-and-climate-change/>. Acesso em 06. out. 2024.

NASA. Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço. O Oceano e as Alterações Climáticas, 2024e. Disponível em: <https://science.nasa.gov/earth/explore/the-ocean-and-climate-change/>. Acesso em: 07 out. 2024.

NEELMANI, R. C. *et al.* Impacts of climate change on marine biodiversity. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 7, n. 2, p. 425-430, 2019. Disponível em: <https://www.entomoljournal.com/archives/2019/vol7issue2/PartH/7-1-346-544.pdf>. Acesso em: 14 out. 2024.

NEWSON, S. E. *et al.* Indicators of the impact of climate change on migratory species. **Endangered Species Research**, v. 7, n. 2, p. 101-113, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.3354/esr>. Acesso em: 14 out. 2024.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. **Climate change impacts**, 2021. Disponível em: <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/climate/climate-change-impacts#environment>. Acesso em: 14 out. 2024.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. **Has climate change already affected ENSO?**, 2023. Disponível em: <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/has-climate-change-already-affected-enso>. Acesso em: 15 out. 2025.

NOBRE, P. Aquecimento global, oceanos & sociedade. InterfacEHS – **Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, 2011. Disponível em: <https://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2013/07/art-1-2008-6.pdf>. Acesso em: 19 set. 2024.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. *Journal of climate*, v. 9, n. 10, p. 2464-2479, 1996. Disponível em: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1996\)009<2464:VOSSTW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1996)009<2464:VOSSTW>2.0.CO;2). Acesso em: 15 out. 2025.

OLIVEIRA, G. C. S. **Evidência de retardo no pico de desova da tartaruga de pente na costa sul do Rio Grande do Norte**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/25693/1/Evid%c3%aanciaRetardoPico_Oliveira_2018.pdf. Acesso em: 13 out. 2024.

OLIVEIRA, N. C. R.; OLIVEIRA, F. C. S.; CARVALHO, D. B. Educação ambiental e mudanças climáticas: análise do Programa Escolas Sustentáveis. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 27, p. e21068, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/tNK3jw3zjzP9b8mkRmSt79s/>. Acesso em: 15 set. 2024.

ONU. **A ONU e o meio ambiente**. Nações Unidas Brasil, 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente>. Acesso em: 07 out 2024.

ONU. **Conferência dos Oceanos**, 2022. Disponível em: <https://www.un.org/pt/conferences/ocean2022/about#:~:text=Os%20oceanos%20cobrem%2070%25%20da,adicional%20gerado%20por%20essas%20emiss%C3%B5es>. Acesso em: 14 out. 2024.

ONU. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Copyright 2024 Nações Unidas no Brasil. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 21 set. 2024.

PANDOLFI, J. M. *et al.* Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems. **Science**, v. 301, n. 5635, p. 955-958, 2003. Disponível em: <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.1085706>. Acesso em: 13 out. 2024.

PATRÍCIO, A. R. *et al.* Climate change and marine turtles: recent advances and future directions. **Endangered Species Research**, v. 44, p. 363-395, 2021. Disponível em: <https://www.int-res.com/articles/esr2021/44/n044p363.pdf>. Acesso em: 15 out. 2024.

PERES, A. P.; NEVES, N. C. R. F.; TADDEI, R. Atitudes e percepções de gestores ambientais da Zona Costeira de SP frente às mudanças climáticas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, p. e191793, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/4YRY3wRGMMyDWP3rKNWxgrTy/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 14 out. 2024.

PEREZ, E. A. *et al.* Is this what a climate change-resilient population of marine turtles looks like?. **Biological Conservation**, v. 193, p. 124-132, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320715301713?via%3Di> hub. Acesso em: 15 out. 2024.

PIZETTA, G. T. *et al.* **Guia de Licenciamento -Tartarugas Marinhas**, 2a Edição. 2023. Disponível em: <https://repositorio.icmbio.gov.br/handle/cecav/1670>. Acesso em: 28 out. 2024.

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Fazendo as pazes com a natureza: um projeto científico para enfrentar as emergências climáticas, de biodiversidade e de poluição, 2021. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/making-peace-nature>. Acesso em: 07 out. 2024.

PORTER, E. *et al.* Influence of short-term temperature drops on sex-determination in sea turtles. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology*, v. 335, n. 8, p. 649-658, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jez.2509>. Acesso em: 13 out. 2024.

PRICE, J.; WARREN, R.; FORSTENHÄUSLER, N.. Biodiversity losses associated with global warming of 1.5 to 4 C above pre-industrial levels in six countries. **Climatic Change**, v. 177, n. 3, p. 47, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-023-03666-2>. Acesso em: 12 out. 2024.

PRITCHARD, P. C. H.; MORTIMER, J. A. Taxonomy, external morphology, and species identification. **Research and management techniques for the conservation of sea turtles**, v. 4, p. 235, 1999. Disponível em: https://widecast.org/Resources/Docs/Pritchard_and_Mortimer_1999_Sea_Turtle_Taxonomy.pdf. Acesso em: 01 out. 2025.

RAMOS, P. O. **Objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), educação ambiental e o currículo da Cidade de São Paulo**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2022. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106132/tde-13122022-100738/publico/Dissertacao_PatriciaRamos_V_corrigida.pdf. Acesso em: 21 set. 2024.

REIS, E. C.; GOLDBERG, D. W. Biologia, ecologia e conservação de tartarugas marinhas. **Mamíferos, quelônios e aves**, v. 7, 2017. Disponível em: http://www.projetotamar.org.br/publicacoes_html/pdf/2017/2017_Biologia_Ecologia_e_conservacao_de_tartarugas_marinhas.pdf. Acesso em: 13 out. 2024.

RICHARDS, S. A. *et al.* Identifying impactful sea turtle conservation strategies: a mismatch between most influential and most readily manageable life-stages. **Endangered Species Research**, v. 54, p. 15-27, 2024. Disponível em: <https://www.int-res.com/abstracts/esr/v54/p15-27/>. Acesso em: 21 out. 2024.

RIBEIRO, I. F. S. **Alterações dos parâmetros biométricos e reprodutores das tartarugas marinhas de São Tomé nas últimas duas décadas**. Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa, Portugal, 2018. Disponível em: https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/33849/1/ulfc124382_tm_Iris_Ribeiro.pdf. Acesso em: 17 out. 2024.

ROCHA, E. L. B. **Morfologia da gônada de filhotes natimortos de tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*)**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/46MnbED>. Acesso em: 7 jul. 2023.

RUTLEDGE, M. L. *et al.* Shifting thermal tolerance windows throughout incubation affects sea turtle hatching success: implications for hatchery management and conservation. **Marine biology**, v. 171, n. 4, p. 94, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00227-024-04417-2>. Acesso em: 21 out. 2025.

SALZER, E.; MALLMANN, L.; CARNIATTO, I. A educação ambiental versus ODS: uma revisão sistemática do impacto da pandemia no alcance dos ODS. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 16, n. 4, p. e3996-e3996, 2024. Disponível em: <https://ojs.europublications.com/ojs/index.php/ced/article/view/3996/3134>. Acesso em: 19 set. 2024.

SANCHEZ, C.L. *et al.* Growth rate and projected age at sexual maturity for immature hawksbill turtles and green turtles foraging in the remote marine protected area of Aldabra Atoll, Seychelles. **Marine Biology**, 170, 49, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00227-023-04197-1>. Acesso em: 29 set. 2025.

SANTIDRIÁN TOMILLO, P. *et al.* Are thermal barriers "higher" in deep sea turtle nests?. PloS one, v. 12, n. 5, p. e0177256, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177256>. Acesso em: 15 out. 2025.

SANTOS, A. S. *et al.* **Plano de ação nacional para a conservação das tartarugas marinhas**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2011. Disponível em: <http://www.iacseaturtle.org/docs/planes/Brazil.pdf>. Acesso em: 12 out. 2024.

SANTOS, A. J. B. **Aspectos da biologia reprodutiva de *Eretmochelys imbricata* (Testudines, Cheloniidae) no litoral sul do Rio Grande do Norte, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/13042/1/AspectosBiologiaReprodutiva_Santos_2008.pdf. Acesso em: 21 set. 2024.

SANTOS, A. J. B. *et al.* **Tartarugas-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) no litoral sul do Rio Grande do Norte: oito anos de monitoramento**. Congresso Brasileiro de Oceanografia – CBO, 2012. Disponível em: https://www.tamar.org.br/publicacoes_html/pdf/2012/2012_Tartarugas_de_pente_Ei_no_litoral_sul_do_Rio_Grande_do_Norte.pdf. Acesso em: 29 set. 2025.

SANTOS, J. K. S. **Influência do balanço sedimentar nas desovas de tartarugas-de-pente (*Eretmochelys imbricata*)**. Dissertação de Mestrado, Instituto Federal do Rio Grande do Norte, 2025. Disponível em: https://memoria.ifrn.edu.br/bitstream/handle/1044/2975/Santos_Influe%cc%82ncia_2025.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 27 ago. 2025.

SAUVÉ, L. Educação Ambiental: possibilidades e limitações. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 317-322, 2005. Disponível em: <https://www.foar.unesp.br/Home/projetoviverbem/sauve-ea-possibilidades-limitacoes-meio-ambiente---tipos.pdf>. Acesso em 19 set. 2024.

SFORZA, R.; MARCONDES, A. C. J.; PIZETTA, G. T. **Guia de Licenciamento Tartarugas Marinhas - Diretrizes para Avaliação e Mitigação de Impactos de Empreendimentos Costeiros e Marinhos**. Brasília: ICMBio, 2017. 130 p. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-diversas/guia_licenciamento_tartarugas_marinhas_v8.pdf. Acesso em: 28 out. 2024.

SILVA, E. B. C. **Avaliação da influência do ENOS na precipitação do estado do Rio Grande do Norte**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/50175>. Acesso em: 22 jul. 2025.

SILVA, E. R. M. **Avaliação da suscetibilidade e vulnerabilidade ocasionadas pela previsão de elevação do nível do mar no litoral de Paulista-PE-Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/29076/7/DISSERTA%c3%87%c3%8>

30%20Elida%20Regina%20de%20Melo%20e%20%20Silva.pdf. Acesso em: 21 set. 2024.

SILVA, M. A.; XAVIER, D. R.; ROCHA, V. Do global ao local: desafios para redução de riscos à saúde relacionados com mudanças climáticas, desastre e Emergências em Saúde Pública. **Saúde em Debate**, v. 44, p. 48-68, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/sdeb/2020.v44nspe2/48-68/>. Acesso em: 07 out. 2024.

SIMÕES, T. N. *et al.* Temperatura de incubação e razão sexual em filhotes recém-eclodidos da tartaruga marinha *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) no município do Ipojuca, Pernambuco, Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 54, p. 363-374, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0031-1049.2014.54.25>. Acesso em: 08 jul. 2023.

SNOVER, M. L. *et al.* Age and growth rates of Hawaiian hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) using skeletochronology. **Marine Biology**, v. 160, n. 1, p. 37-46, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00227-012-2058-7>. Acesso em: 29 set. 2025.

TACCHI, M. F. *et al.* Efeito da granulometria da areia no sucesso de eclosão de ovos da tartaruga marinha *Caretta caretta*. **Neotropical Biology & Conservation**, v. 14, n. 1, 2019. Disponível em: <https://neotropical.pensoft.net/article/34836/download/pdf>. Acesso em: 18 out. 2024.

THUSHARI, G. G. N.; SENEVIRATHNA, J. D. M. Plastic pollution in the marine environment. **Heliyon**, v. 6, n. 8, 2020. Disponível em: [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(20\)31552-8](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(20)31552-8). Acesso em: 14 out. 2024.

TURNER TOMASZEWICZ, C. N. *et al.* Tracking movements and growth of post-hatchling to adult hawksbill sea turtles using skeleto+iso. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 10, p. 983260, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.983260>. Acesso em: 15 out. 2025.

TURRA, A.; DE ASSIS, R. M. Impacto das mudanças climáticas sobre os oceanos. **Temas atuais em Mudanças Climáticas**, p. 50, 2015. Disponível em: https://www.geografiaonline.com.br/_files/ugd/55da8e_421eb2fb4aaf438cbdd3b7a4b1bde16b.pdf#page=50. Acesso em: 21 set. 2024.

VALLE, P. R. D.; FERREIRA, J. L. Análise de conteúdo na perspectiva de Bardin: contribuições e limitações para a pesquisa qualitativa em educação. **Educação em Revista**, v. 41, p. e49377, 2025. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/edur/a/hhywJFvh7ysP5rGPn3QRFWf/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27 jul. 2025.

WALDVOGEL, A. *et al.* Evolutionary genomics can improve prediction of species' responses to climate change. **Evolution Letters**, v. 4, n. 1, p. 4-18, 2020. Disponível em:

https://academic.oup.com/evlett/article/4/1/4/6697503?login=false#google_vignette. Acesso em: 15 out. 2024.

WIBBELS, T. *et al.* Critical approaches to sex determination in sea turtles. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, Inc., 2003. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=N4IZEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT87&dq=critical+aproaches+to+sex+determination+in+sea+turtles+wibbles+2003&ots=LN7z1i74ji&sig=o2ptxnHNldsk8CJvcVs kfsPCd5Q#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 23 set. 2024.

WITZELL, W. N.; BANNER, A. C. The hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) in Western Samoa. **Bulletin of Marine Science**, v. 30, n. 3, p. 571-579, 1980. Disponível em: https://georgehbalazs.com/wp-content/uploads/2020/04/WitzellBanner_1980_TheElinWSamoa_BullMS.pdf. Acesso em: 29 set. 2025.

WYNEKEN, J.; SALMON, M. Linking ecology, morphology, and behavior to conservation: lessons learned from studies of sea turtles. **Integrative and Comparative Biology**, v. 60, n. 2, p. 440-455, 2020. Disponível em: <https://academic.oup.com/icb/article/60/2/440/5866705?login=false>. Acesso em: 04 set. 2024.

WMO. World Meteorological Organization. El Niño/La Niña. Disponível em: <https://wmo.int/topics/el-nino-la-nina>. Acesso em: 15 out. 2025.

WWF. World Wildlife Found. **Relatório do WWF mostra declínio de 73% na vida selvagem e revela um "sistema em perigo"**, 2024. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?89900/Relatorio-do-WWF-mostra-declinio-de-73-na-vida-selvagem-e-revela-um-sistema-em-perigo>. Acesso em: 18 out. 2024.

ZBINDEN, J. A.; MARGARITOU, D.; ARLETTAZ, R. Metabolic heating in Mediterranean loggerhead sea turtle clutches. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 334, n. 1, p. 151-157, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002209810600075X>. Acesso em: 30 jul. 2025.



TARTARUGAS
AO MAR | APC CABO DE
SÃO ROQUE

PESQUISA DE CAMPO

Manual de instalação dos
data loggers



APRESENTAÇÃO

A APC Cabo de São Roque tem como missão promover a conservação e proteção das espécies por meio da pesquisa e educação ambiental. Por isso, são desenvolvidos trabalhos socioambientais, educativos e de pesquisa científica.

Uma das principais ações do Projeto Tartarugas ao Mar é o desenvolvimento de pesquisas científicas, com a coleta de dados essenciais para reunir informações que apoiem políticas públicas de proteção e conservação das tartarugas marinhas.

Em 2024, foi iniciado o monitoramento da temperatura dos ninhos de tartarugas marinhas, utilizando registradores de dados de temperatura (*data loggers*). Essa atividade teve início a partir de uma pesquisa de mestrado profissional em Ciências Ambientais, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).

Como um dos produtos técnicos dessa pesquisa, foi elaborado o presente manual de campo, com o objetivo de padronizar e orientar a instalação dos *data loggers* pelos voluntários do projeto. A partir desta iniciativa, o monitoramento térmico dos ninhos passa a integrar de forma permanente a metodologia de campo adotada pelo Projeto Tartarugas ao Mar, devendo ser realizado em todas as temporadas reprodutivas subsequentes.

Contamos com a sua colaboração para a execução adequada desta atividade. Em caso de dúvidas, a equipe estará à disposição para prestar o suporte necessário.



INTRODUÇÃO

Mudanças climáticas



Ameaçam a biodiversidade

Tartarugas marinhas



Vulneráveis às variações de temperatura



Desenvolvimento de pesquisas para uma melhor compreensão dos impactos sobre suas populações



Utilização de registradores de dados de temperatura (*data loggers*)



INTRODUÇÃO

A utilização de registradores de dados (*data logger*) é uma estratégia de conservação adotada para registrar a variação térmica em ninhos de tartarugas marinhas e compreender como as características do local da desova podem interferir na temperatura de incubação dos ovos.

O *data logger* é programado para registrar a temperatura a cada 1 hora, desde o momento posterior à desova até o nascimento dos filhotes, monitorando as variações de temperatura no interior do ninho.

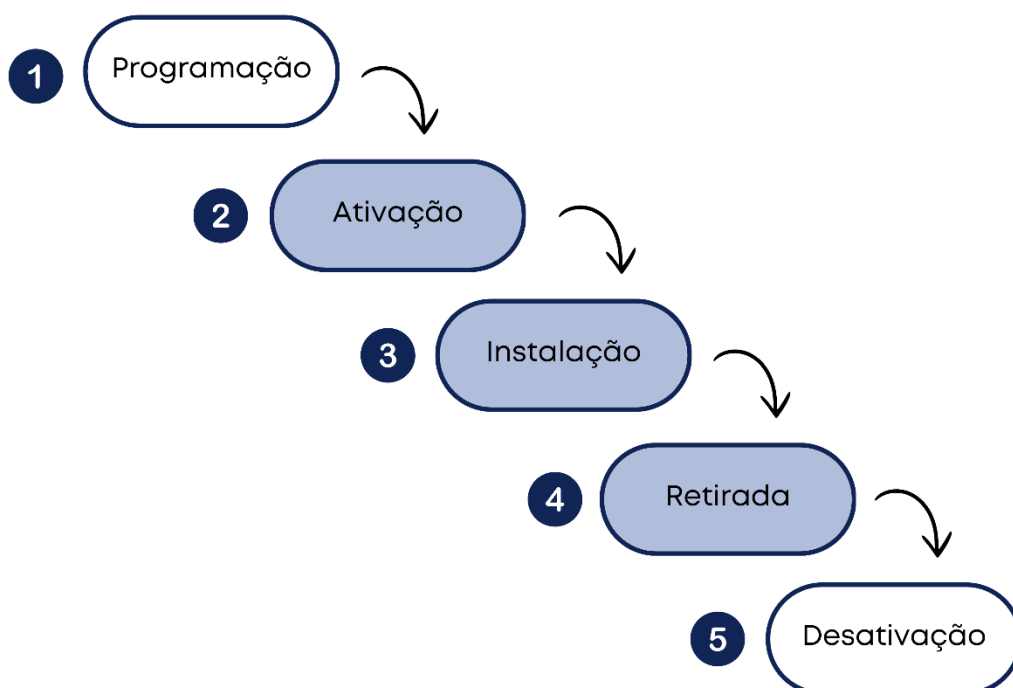
Para a instalação dos *data loggers* é imprescindível que todos os passos sejam seguidos para garantir a confiabilidade e integridade dos dados, evitando possíveis falhas ou perda de informações.

Toda a equipe ficará responsável por auxiliar os passos de 2 a 4 da metodologia, ficando os passos 1 e 5 de responsabilidade dos supervisores de campo.

Além do monitoramento térmico, serão coletadas informações sobre a caracterização do local do ninho, como vegetação, sombreamento, tipo de sedimento e profundidade do ninho. Outros dados relacionados aos filhotes e o desenvolvimento embrionário também serão observados. Todas essas informações serão relevantes para uma análise completa dos dados.



METODOLOGIA



1. Programação

A programação dos *data loggers* é feita em um software específico instalado no computador, o HOBOWare.

O equipamento é programado para:

- Registrar a temperatura a cada 1 hora;
- Ser ativado utilizando o acoplador específico. Nesse caso, ele pode ser ativado a qualquer momento na praia, o que é mais útil já que não sabemos o momento exato que ocorrerá o flagrante da tartaruga.



METODOLOGIA

Antes da ativação do *data logger*, devemos preparar o local para receber o equipamento:

- Após o processo de desova da tartaruga, o ninho deverá ser aberto cuidadosamente até encontrar os ovos;
- Em seguida, a abertura da câmara do ninho deverá ser nivelada com a superfície da areia ao redor, posicionando o cabo da bandeirinha sobre ela;
- Utilizar uma fita métrica para verificar a profundidade, estendendo-a desde o cabo da bandeirinha até a superfície da massa de ovos;
- Escolher um *data logger* e tirar uma foto do verso, onde está o número de série do equipamento. A foto deve ser feita no aplicativo Open Camera (Android) ou Timestamp (iOS), para registro do horário de instalação.

2. Ativação

Depois de preparar o local onde o equipamento será instalado, ele está pronto para ser ativado. Basta encaixá-lo no acoplador e observar as luzes LED:

- Verificar se o *data logger* está com a luz azul acesa, que indica que está ligado;
- Verificar se a luz verde está piscando a cada **8 segundos** (indica que está funcionando, mas está esperando ser ativado);
- Se as luzes estiverem ok, basta encaixar o *data logger* no acoplador e esperar **5 segundos**;



METODOLOGIA

- Ao retirar o *data logger* do acoplador, a luz verde deverá piscar rapidamente e, logo após, começará a piscar a cada **4 segundos**;

3. Instalação

- Ao confirmar que a luz verde está piscando a cada 4 segundos, o *data logger* está pronto para ser instalado e pode ser colocado no interior do ninho, sobre a massa de ovos.
- Em seguida, o ninho deve ser fechado, utilizando a mesma areia que foi retirada anteriormente para cobri-lo.
- Todos os *data loggers* contêm um fio guia, amarrados a um palitinho, que deverá ser fixado em algum local próximo ao ninho. Esse passo é importantíssimo para minimizar as chances de perder o equipamento.
- Anotar nas observações do caderno de campo reprodutivo “*data logger* instalado”;
- Preencher todas as informações do caderno de campo do *data logger* (data, hora, número do ninho, número do equipamento...).
- Tirar foto do ninho, sempre no Open Camera ou Timestamp.

4. Retirada

A retirada dos *data loggers* deverá ser feita somente após a abertura do ninho.



METODOLOGIA

- Abrir o ninho cuidadosamente e retirar o *data logger* ao encontrá-lo;
- Tirar uma foto do verso do equipamento mostrando o número de série. A foto deve ser feita no aplicativo Open Camera ou Timestamp, para registro do horário de retirada;
- Guardar o equipamento no seu devido local até chegar no alojamento.

5. Desativação

Para ser desativado, o *data logger* deve ser conectado à base de leitura, ligada ao computador. Assim que for desativado, o software já criará o gráfico com as temperaturas registradas e todos os registros estarão disponíveis para serem exportados para o computador.

Observações:

- Ao sair para o monitoramento, sempre confira se há pelo menos 3 *data loggers* programados e prontos para a instalação;
- Comunique sempre a equipe quaisquer problemas com os equipamentos, como falha na ativação ou problemas com a bateria;
- Lembre-se sempre de escrever nas observações do caderno de campo reprodutivo que o *data logger* foi instalado, além de comunicar no RDO para que todos estejam cientes.



CADERNO DE CAMPO

Data loggers

O caderno de campo dos *data loggers* deve permanecer junto aos materiais de campo, facilitando a anotação das informações necessárias sobre os equipamentos e a caracterização do local do ninho onde foram instalados.

Uma parte dos campos devem ser preenchidos no momento da instalação, atentando-se para o correto registro das variáveis solicitadas, como:

- Identificação do ninho;
- Coordenadas geográficas;
- Data e horário de instalação;
- Profundidade do equipamento no ninho;
- Condições ambientais locais, como sombreamento e tipo de vegetação;
- Observações relevantes sobre o entorno.

Outra parte deve ser preenchida na abertura do ninho, quando o equipamento é retirado. Vale ressaltar que em ninhos com *data loggers*, é muito relevante a observação dos filhotes para a coleta de dados físicos, como o tamanho e possíveis anomalias.

Nesses casos, deve-se monitorar diariamente esses ninhos para acompanhar o nascimento dos filhotes e realizar esses procedimentos antes que cheguem ao mar.



CADERNO DE CAMPO

Data loggers

Caderno de campo <i>data loggers</i>			
Nº de série			
Nº do ninho			
Anilha tartaruga			
Data início			
Hora início			
Setor			
Latitude			
Longitude			
Sombreamento			
Vegetação			
Profundidade			
Data final			
Hora final			
Período de incubação			
Histórico			
Vivos			
Natimortos			
Ovos não eclodidos			
Total			
Anomalias			
Tamanho dos filhotes			
Observações			



CADERNO DE CAMPO

Data loggers

Nº de série – é a numeração que aparece na parte de trás do *data logger*.



Nº do ninho – é o número da estaca do ninho.

Anilha tartaruga - indicar qual o número das anilhas da tartaruga que desovou.

Data início – dia em que o *data logger* foi instalado.

Hora início – horário em que o *data logger* foi instalado.



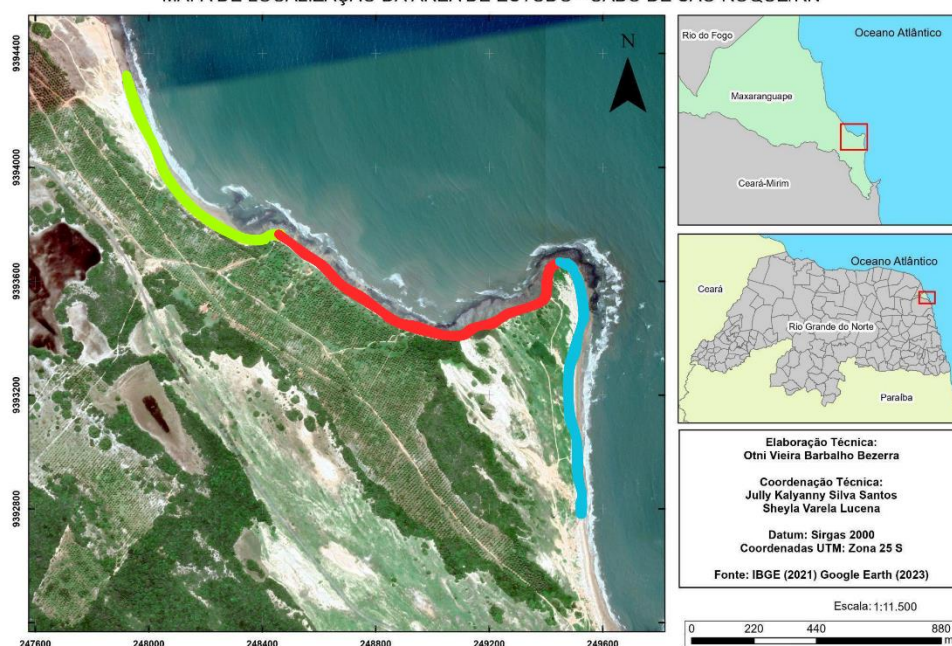
CADERNO DE CAMPO

Data loggers

Setor – indicar em qual dos setores da praia o ninho está localizado:

- Setor 1 (duna e falésia branca)
- Setor 2 (casa, acampamento, subida árvore do amor)
- Setor 3 (curva do farol e farol)

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO - CABO DE SÃO ROQUE/RN





CADERNO DE CAMPO

Data loggers

Latitude e longitude – coordenadas geográficas do GPS.

Sombreamento e vegetação – indicar se há presença ou não de sombreamento e vegetação, de acordo com a tabela de caracterização abaixo (anotar as siglas da classificação):

Item	Classificação	Caracterização
Sombreamento	Total (T)	Ninho totalmente sombreado
	Parcial (P)	Ninho com sombra em algum momento do dia, tarde (T) ou manhã (M)
	Ausente (A)	Ninho totalmente exposto ao sol, sem nenhuma sombra durante todo o dia
Vegetação	Presente (P)	Presença de vegetação próxima (P) ou sobre (S) o ninho
	Ausente (A)	Ausência de vegetação

Profundidade – indicar a profundidade de instalação do *data logger* no ninho.

Data final – dia em que o *data logger* foi desinstalado.

Hora final – horário em que o *data logger* foi desinstalado.



CADERNO DE CAMPO

Data loggers

Período de incubação – total de dias entre a desova e o nascimento dos filhotes (ou abertura do ninho).

Histórico – indicar se foi possível registrar os dados durante todo o período de incubação, ou seja, se o *data logger* permaneceu no ninho ou sofreu alguma interferência:

- SU – sucesso
- PA – predado por animais
- PM – perdido pela maré
- PE – equipamento perdido ou retirado

Vivos – são todos os filhotes vivos (emergidos, encontrados retidos no ninho no momento da abertura ou determinados pela contagem de casquinhas).

Natimortos – são todos os filhotes que romperam a casca ou conseguiram sair, mas morreram antes de sair do ninho.

Ovos não eclodidos – são os ovos que não eclodiram durante o processo de incubação. Entre os ovos não eclodidos, contar quantos tem filhotes já formados, abrindo cada um desses para verificar possíveis anomalias ou condições raras, como filhotes gêmeos ou leucísticos.

Total – número total de ovos de uma desova (vivos + natimortos + ovos não eclodidos + ovos furados).



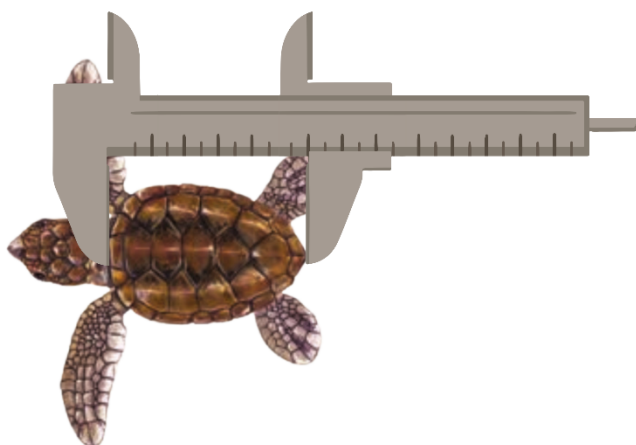
CADERNO DE CAMPO

Data loggers

Anomalias – indicar se havia filhotes com anomalias ou má formação (disposição diferente das placas da carapaça, filhotes cegos, inflamação no saco vitelínico, entre outras)

- S - sim (detalhar nas observações o tipo e quantidade de filhotes com a condição)
- N - não

Tamanho dos filhotes - medir o comprimento da carapaça de 15 filhotes de cada ninho, com o auxílio do paquímetro (a medida deve ser em milímetros):



Observação: sugere-se que esse procedimento seja feito em dupla, para agilizar o processo e evitar estressar os filhotes, sempre manejando-os com muito cuidado e atenção.

APÊNDICE B – Cartilha educativa (material didático)



(Capa)



(Contracapa)

Créditos

Autora

Maria Paula Bicarato Graciolli

Projeto gráfico

Maria Paula Bicarato Graciolli

Ilustrações

Rafael Menezes Silva

Imagens

Maria Paula Bicarato Graciolli -
APC Cabo de São Roque

Conteúdo

Dissertação de Mestrado de
Maria Paula Bicarato Graciolli -
“Dinâmica térmica em ninhos de
tartaruga-de-pente no litoral
oriental potiguar: perspectivas
para a conservação frente às
mudanças climáticas”

Apoio

APC Cabo de São Roque



Apresentação

Olá!

Este material foi desenvolvido com o objetivo de aproximar a ciência do público, transformando o conhecimento científico em aprendizado divertido e de fácil acesso.

Nesta cartilha, queremos lhe contar um pouco do que aprendemos pesquisando as tartarugas marinhas e como o planeta em mudança pode afetar o futuro desses animais.

Você sabia que a temperatura da areia pode definir se uma tartaruguinha vai nascer macho ou fêmea?

Vamos descobrir isso juntos e entender como as mudanças climáticas podem interferir nesse processo natural.

Boa leitura!

As tartarugas marinhas

As tartarugas marinhas são répteis que vivem no mar e já estão aqui na Terra há milhares de anos.

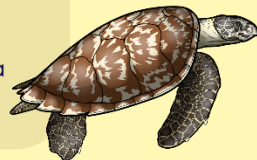
Em todo o mundo existem sete espécies de tartarugas marinhas e aqui no Brasil podemos encontrar cinco delas:

- Tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*)
- Tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*)
- Tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*)
- Tartaruga-verde (*Chelonia mydas*)
- Tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriacea*)

Cada espécie é muito especial, mas, infelizmente, elas estão em risco por causa da poluição, da pesca acidental e até do clima!

Você sabia?

O litoral do Rio Grande do Norte é uma área de desova muito importante para a **tartaruga-de-pente**.

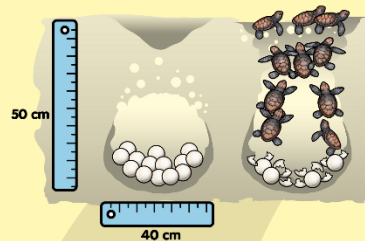


Como ocorrem as desovas?



Durante a noite, a mamãe tartaruga sai do mar e procura o melhor lugar na praia para fazer o seu ninho. Assim que encontra, ela começa a cavar um buraco com a suas nadadeiras.

Quando termina de cavar ela está pronta para desovar, chegando a colocar uma média de 120 ovos por ninho. Depois, ela cobre o ninho com bastante areia para protegê-lo e volta para o mar.



Os ninhos têm cerca de 50 cm de profundidade, onde os ovos ficarão por aproximadamente 55 dias. Quando chega a hora, os filhotes saem dos ovos e caminham juntos para o mar!

O que acontece dentro do ninho durante esse período?

As mães tartaruga não cuidam dos seus ninhos durante o período de incubação, embora façam a sua parte para deixá-los bem protegidos antes de retornar para o mar.

Assim, a temperatura da areia passa a ter um papel essencial: é ela que mantém os ovos aquecidos e permite o desenvolvimento dos embriões até o nascimento.

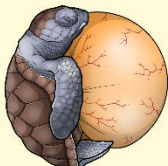
15 dias



30 dias



45 dias



55 dias

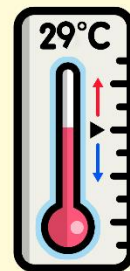


Por isso, entender como a temperatura varia dentro dos ninhos é tão importante para proteger as futuras gerações de tartarugas marinhas.

Por que a temperatura é importante?

Além de ser fundamental para a incubação dos ovos, a temperatura da areia também tem um outro papel essencial pois é ela que vai determinar o sexo dos filhotes:

Nascem
+ Fêmeas ♀



Nascem
+ Machos ♂

- Se a areia estiver mais quente (acima de 29°C), nascem mais fêmeas;
- Se a areia estiver mais fria (abaixo de 29°C), nascem mais machos.

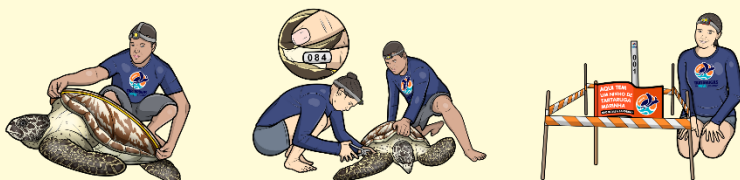
Isso se chama **determinação sexual dependente da temperatura (TSD)** e é um mecanismo comum em répteis.

Você já imaginou como os cientistas descobrem todos esses segredos das tartarugas marinhas?

A ciência que protege as tartarugas

Pesquisadores passam dias e noites nas praias coletando informações importantes sobre as tartarugas.

- Observam os seus comportamentos;
- Realizam a biometria, medindo o tamanho da carapaça;
- Marcam as tartarugas com anilhas para identificá-las;
- Sinalizam e monitoram os ninhos.



Cada dado coletado ajuda a compreender melhor o comportamento das tartarugas marinhas e a pensar em maneiras de protegê-las.

As pesquisas são muito importantes

Foi assim que os pesquisadores descobriram que a temperatura do ninho pode definir o sexo das tartarugas e que pequenas mudanças no calor da areia podem alterar o equilíbrio entre machos e fêmeas.

Com esse equipamento, o **data logger**, é possível monitorar a temperatura do ninho durante o período de incubação.

Ele é instalado no interior dos ninhos e registra dados que ajudam a entender melhor como o calor influencia o desenvolvimento dos filhotes.



A ciência é uma grande aliada da natureza: ela nos ajuda a entender o que está acontecendo e a cuidar melhor do planeta!

E se a Terra ficar mais quente?

É aí que entra um outro assunto muito importante. Você já deve ter ouvido falar sobre o **aquecimento global**, um fenômeno que está deixando o nosso planeta muito mais quente!

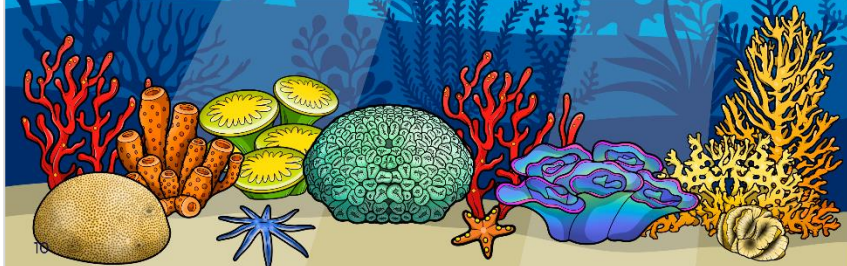
Vamos imaginar que a Terra usa um cobertor invisível feito de gases, que mantém o calor necessário para existir a vida aqui: esse é o **efeito estufa** natural.



O aquecimento global é provocado pelo aumento da emissão desses gases, que intensificam o efeito estufa.

E nós somos os grandes responsáveis por esse problema, quando por exemplo:

- Queimamos combustíveis de origem fóssil;
- Derrubamos as florestas (desmatamento);
- Poluímos o meio ambiente.

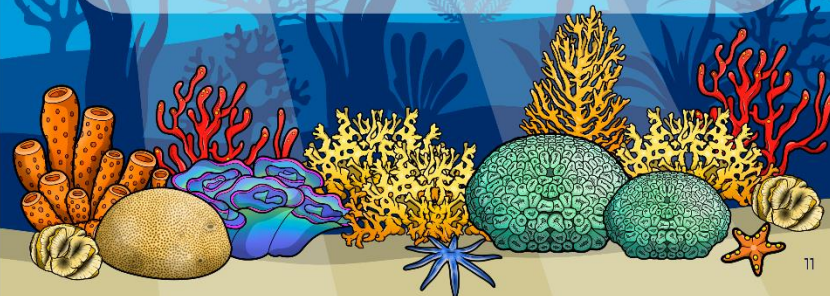


Impactos no meio ambiente

Com a Terra cada vez mais quente, o clima começa a mudar:

- Aumentam os desastres naturais, como furacões, enchentes e ondas de calor;
- O gelo dos polos derrete, o que faz o nível do mar subir, ameaçando praias, ilhas e áreas costeiras;
- Alguns lugares enfrentam secas mais longas, dificultando o cultivo de alimentos e o acesso à água;
- Florestas sofrem mais incêndios, o que prejudica animais, plantas e o equilíbrio do clima;
- Os oceanos ficam mais quentes e ácidos, afetando corais e a vida marinha;
- Muitos animais mudam de lugar ou têm dificuldade para sobreviver, pois seus habitats se transformam.

Essas são as **mudanças climáticas**, uma das consequências do aquecimento global, e elas também afetam os ambientes onde as tartarugas vivem e se reproduzem.





Como isso afeta as tartarugas?

As mudanças climáticas podem impactá-las de diversas formas:

- As temperaturas mais elevadas mudam o equilíbrio dos ninhos e podem nascer muito mais fêmeas do que machos, causando um desequilíbrio nas populações;
- O calor excessivo pode causar a morte dos embriões ou problemas no desenvolvimento dos filhotes;
- A elevação do nível do mar reduz as áreas seguras para desova nas praias;
- As tempestades mais fortes e frequentes podem desenterrar os ovos ou alagar os ninhos;
- A mudança na temperatura dos oceanos altera os habitats e as rotas das tartarugas.

São muitos problemas, mas você sabia que com pequenas atitudes você pode ajudar cuidar do planeta e das tartarugas?



O que nós podemos fazer?



Use menos o carro sempre que puder, isso ajuda a reduzir a emissão de gases que aquecem a Terra;



Reduza, reutilize e recicle pois assim produzimos menos lixo e menos poluição;



Plante mais árvores, elas absorvem gás carbônico e ajudam a equilibrar o clima no planeta;



Evite o desperdício de água e use conscientemente esse recurso;



Prefira produtos sustentáveis e dê preferência a itens feitos de materiais recicláveis ou de origem responsável;



Apoie projetos de conservação e ajude a divulgar o trabalho de quem protege as tartarugas marinhas;



Compartilhe com outras pessoas tudo o que você aprendeu aqui!

Somos parte do problema e também da solução.
Cuidar da natureza é cuidar do nosso futuro!

Vamos juntos nessa missão!

Agora que você já aprendeu um pouco mais sobre as tartarugas marinhas e os desafios que elas enfrentam com as mudanças climáticas, que tal colocar esse conhecimento em prática?

Compartilhe o que aprendeu com seus amigos, familiares e colegas: quanto mais pessoas souberem sobre a importância de cuidar do planeta, mais chances teremos de proteger as tartarugas e toda a natureza!

Lembre-se: cada atitude conta! Evitar o lixo nas praias, economizar energia, plantar árvores e respeitar o mar são formas simples de fazer a diferença todos os dias.

Agradecemos por embarcar nessa jornada com a gente e por se tornar um amigo das tartarugas e do meio ambiente!

Pronto para testar o que você aprendeu?

Siga para a próxima página e divirta-se com as atividades finais! Vamos ver se você se tornou um verdadeiro defensor das tartarugas!

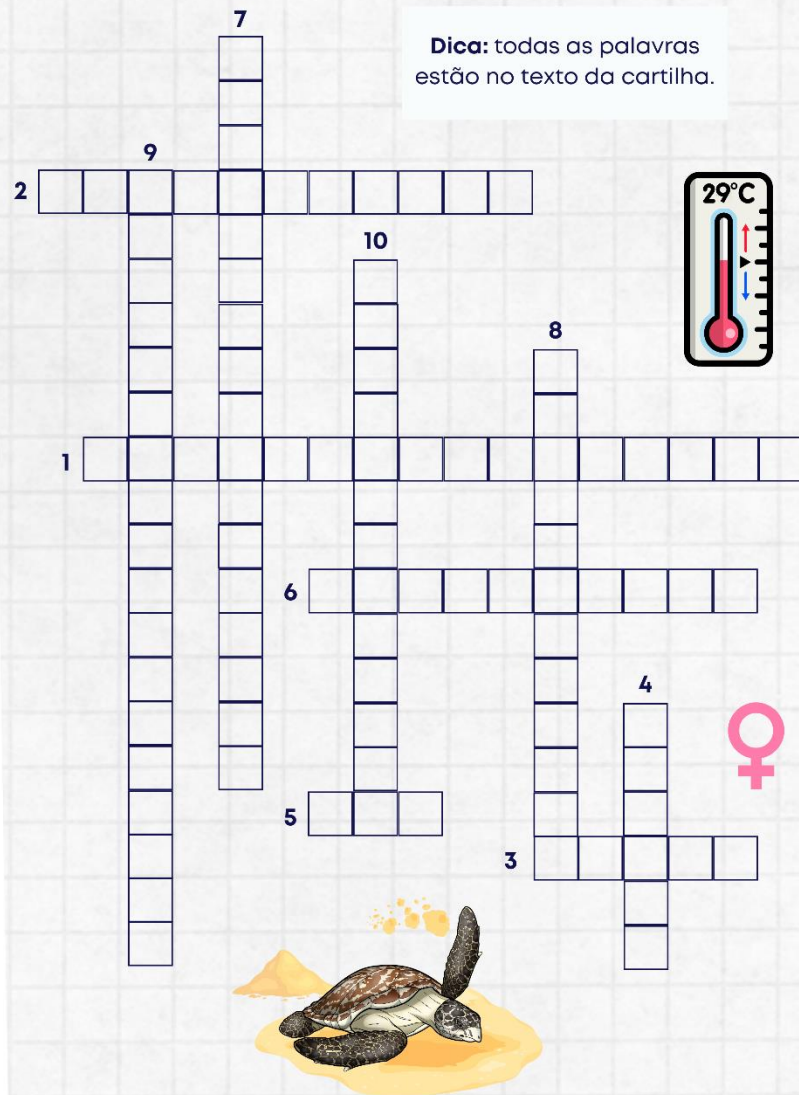


Atividade

Palavras-cruzadas

Descubra as palavras utilizando as dicas abaixo:

- 1 Espécie de tartaruga marinha que tem o litoral do Rio Grande do Norte como uma importante área de desova.
- 2 Fator fundamental para o desenvolvimento dos embriões e que também pode determinar o sexo dos filhotes.
- 3 Local na praia onde a tartaruga cava um buraco para fazer o seu ninho.
- 4 Quando a temperatura da areia fica mais quente, nascem mais...
- 5 Sigla para o tipo de determinação sexual das tartarugas, influenciado pela temperatura.
- 6 Equipamento utilizado para monitorar a temperatura dos ninhos.
- 7 Fenômeno que está deixando no nosso planeta Terra mais quente.
- 8 Processo natural que mantém a Terra aquecida, mas que está sendo intensificado pela ação humana.
- 9 Conjunto de alterações no clima da Terra, que gera diversos impactos no meio ambiente.
- 10 Profissionais que estudam e buscam soluções para proteger as tartarugas e o meio ambiente.



Atividade

Ajude a tartaruguinha chegar ao mar

As tartarugas marinhas enfrentam muitos desafios desde o momento em que nascem.

Depois de sair do ninho, cada filhote precisa encontrar sozinho o caminho até o mar, mas esse percurso pode estar cheio de obstáculos, como o lixo e pegadas que ficam na areia da praia.

Ajude o filhote a atravessar o labirinto e chegar ao oceano em segurança!

Enquanto percorre o caminho, pense: o que podemos fazer para tornar essa jornada mais fácil na vida real?



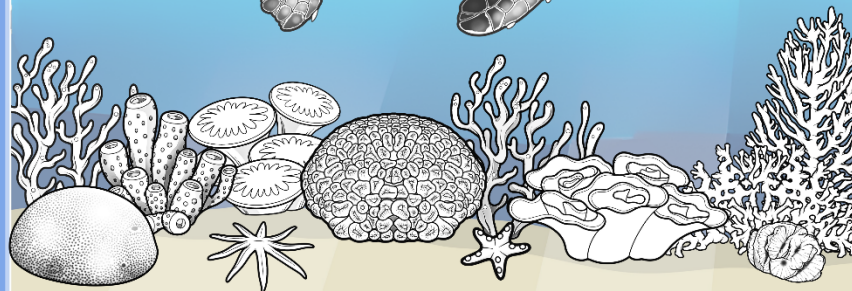
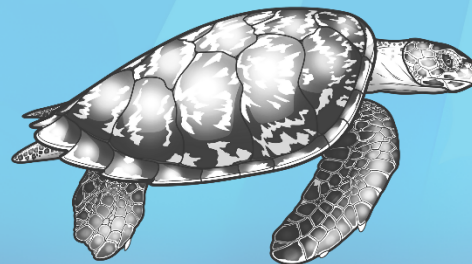
Atividade

Colorindo a vida marinha

As tartarugas marinhas vivem em ambientes cheios de cores: o azul do mar, o verde das algas, o dourado da areia, o colorido dos corais...

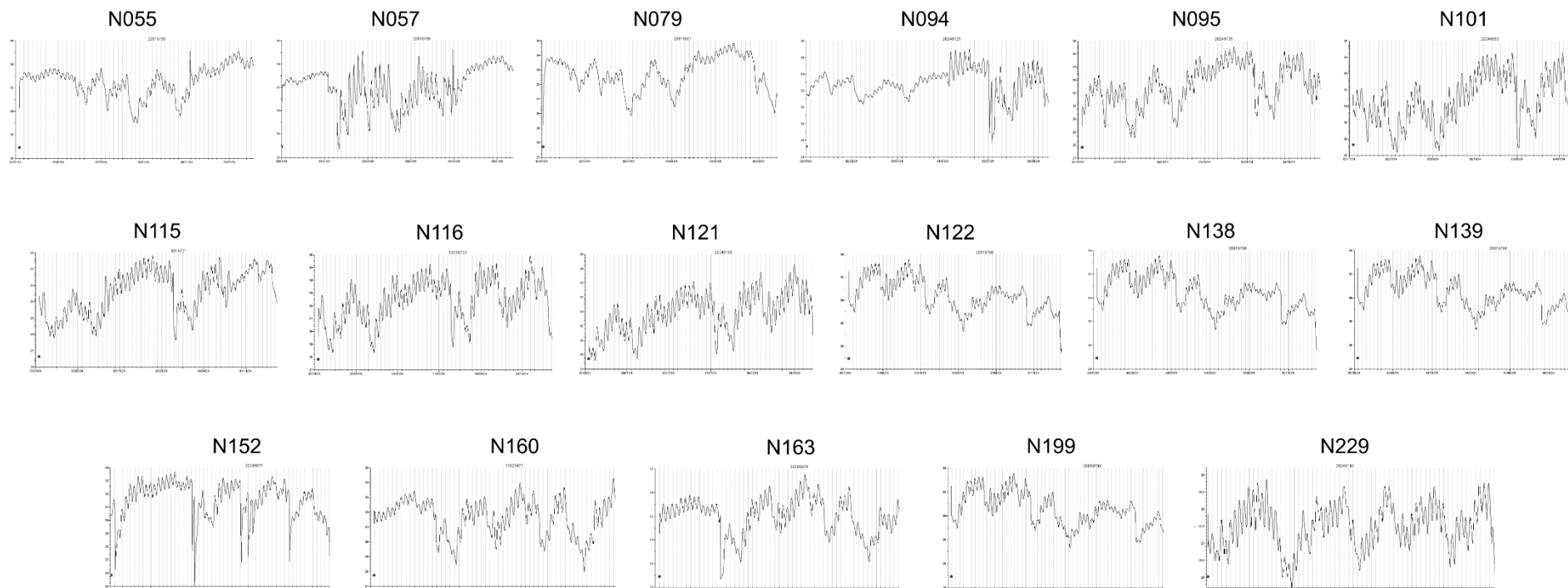
Pegue seus lápis, use toda a sua criatividade e pinte a cena abaixo.

Enquanto colore, pense em como é importante cuidar da natureza para que as tartarugas possam continuar vivendo livres nos oceanos, limpos e cheios de vida!



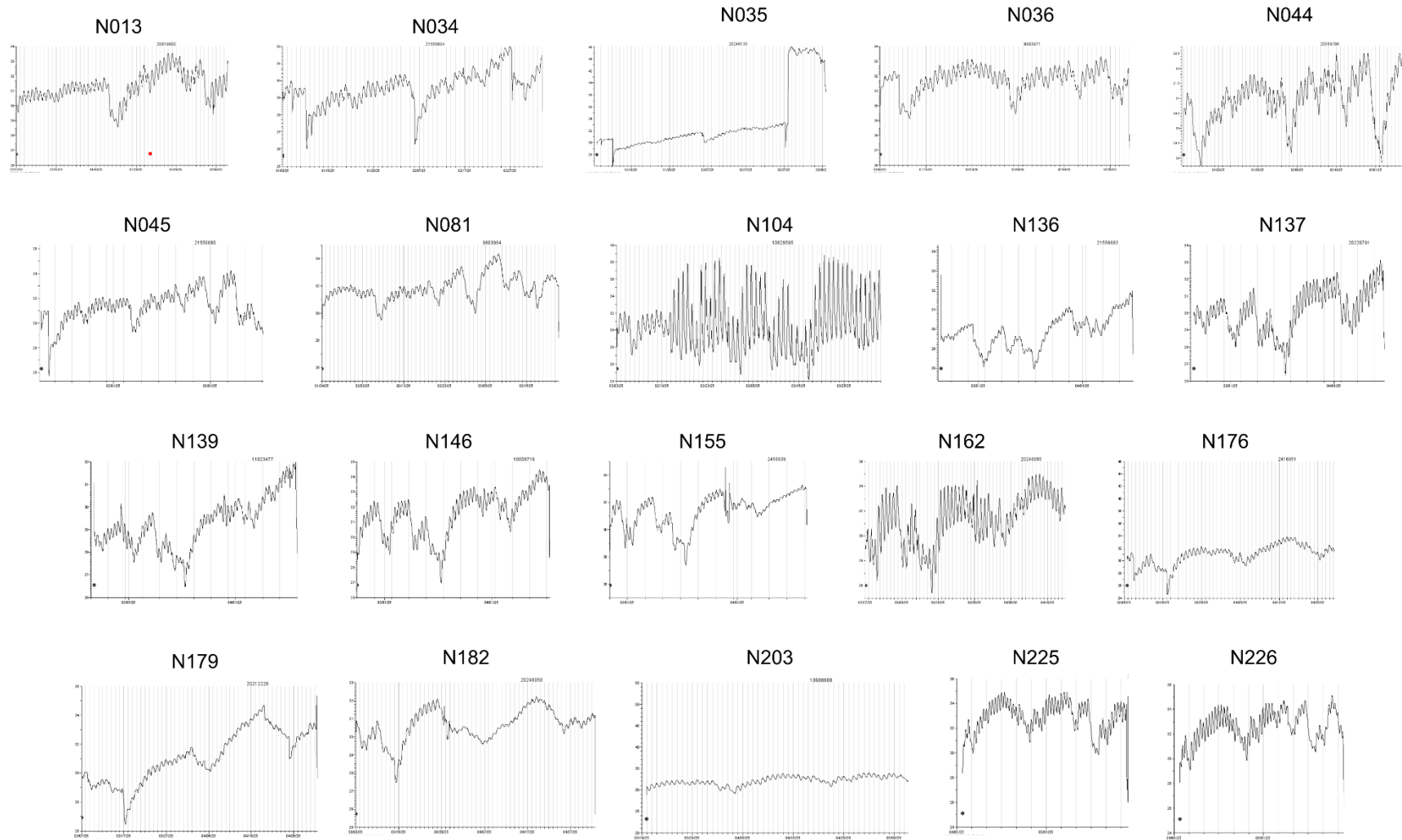
APÊNCIDE C – Material suplementar (gráficos de temperatura)

Gráficos das temperaturas registradas em cada ninho na temporada 2023/2024



Fonte: autoria própria.

Gráficos das temperaturas registradas em cada ninho na temporada 2024/2025



Fonte: autoria própria.