

**IMPACTOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E APORTES DA
OCEANOGRAFIA FÍSICA DE ESTUÁRIOS NA ANÁLISE DE
NAUFRÁGIOS EM ÁGUAS RASAS: ESTUDO DE CASO NA BAÍA DE
PARANAGUÁ, ESTADO DO PARANÁ, BRASIL**

*IMPACTS OF CLIMATE CHANGE AND CONTRIBUTIONS OF PHYSICAL OCEANOGRAPHY
OF ESTUARIES IN THE ANALYSIS OF SHIPWRECKS IN SHALLOW WATERS: CASE STUDY
IN THE PARANAGUÁ BAY, STATE OF PARANÁ, BRAZIL*

Jardel Stenio de Araújo BARBOSA

Universidade Autónoma de Lisboa. Doutorando em Arqueologia Marítima e Naval.
Universidade de Coimbra. Centro de Geociências. Rua Santa Marta 56, 1169-023 Lisboa, Portugal.
E-mail: jardelstenio@gmail.com

Introdução
Metodologia
Mudanças climáticas e sítios arqueológicos de naufrágios
Possíveis efeitos das mudanças climáticas no naufrágio "La Louise"
Resultados
 Aumento do nível do mar
 Correntes oceânicas
 Acidificação dos oceanos
 Aumento da temperatura oceânica
Considerações Finais
Referências

RESUMO - As mudanças climáticas em que o planeta Terra tem passado desde o início da primeira revolução industrial (1750-1850), tem causado impactos significativos na população humana e na biodiversidade, de forma direta e indireta, alterando a vida das pessoas e como os ecossistemas interagem com os meios abióticos. Neste contexto, tomou-se como base uma bibliografia especializada em climatologia geográfica, projeções das mudanças climáticas, aportes teóricos da oceanografia física estuarina, costeira e arqueologia subaquática. A partir disso, o presente artigo compilou, as principais consequências que as mudanças no clima poderão causar a sítios arqueológicos de naufrágios, sendo aplicada uma análise das consequências para um sítio arqueológico localizado no município brasileiro de Paranaguá, no Paraná. Os resultados demonstraram que essas mudanças podem descaracterizar o contexto arqueológico, ocasionando perdas de informações essenciais, além de alterar sua estrutura física, química e biológica e, por último, causar a destruição por completo dos sítios arqueológicos que estejam localizados em praias e em ambientes submersos, sendo necessário propor medidas preventivas de gerenciamento e preservação.

Palavras-Chave: Mudanças Climáticas. Naufrágios. Oceanografia Física. Estuários.

ABSTRACT - Climate change that the planet Earth has undergone since the beginning of the first industrial revolution (1750-1850) has caused significant impacts on human populations and biodiversity, both directly and indirectly, altering people's lives and how ecosystems interact with abiotic environments. In this context, specialized bibliographies in geographical climatology, projections of climate change, theoretical contributions from estuarine, coastal physical oceanography, and underwater archaeology were used as a basis. From this, this article compiled the main consequences that climate change may cause to shipwreck archaeological sites, applying an analysis of the consequences to an archaeological site located in the Brazilian municipality of Paranaguá, in Paraná. The results demonstrated that these changes can alter the archaeological context, leading to losses of essential information, as well as altering its physical, chemical, and biological structure, and ultimately causing complete destruction of archaeological sites located on beaches and in submerged environments, necessitating the proposal of preventive management and preservation measures.

Keywords: Climate Change. Shipwrecks. Physical Oceanography. Estuaries.

INTRODUÇÃO

Alguns pesquisadores da área de gestão do patrimônio histórico-cultural, como Hall (2016), Dunkley (2013) e Wright (2016) e principalmente a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO, têm alertado para a possível danificação e destruição de sítios arqueológicos em meio terrestre em virtude dos desequilíbrios gerados pelas mudanças climáticas, no entanto, esses impactos podem se tornar ainda mais graves para os sítios arqueológicos de naufrágios localizados em áreas cos-

teiras e em águas rasas de estuários, que são objetos de estudo da arqueologia marítima e naval no meio subaquático, necessitando, portanto, de mais pesquisas voltadas para esse campo científico (Hall, 2016).

Alves & Mantas (2015) apresentam uma breve definição de arqueologia marítima, destacando que essa converge para a relação do homem com o ambiente aquático, que é denominada de Cultura Marítima. Dessa forma, a arqueologia marítima é definida como um ramo abrangente

que aglomera diversos aspectos dessa cultura, como a parte social, política, econômica e outros. Essa abrangência se deve ao fato de que o ambiente marítimo e costeiro é uma das principais fontes de recursos naturais e espaço de movimentação e intercâmbio de pessoas e culturas ao longo da história. A partir dessa perspectiva, a arqueologia marítima busca entender e interpretar a história e a cultura marítima por meio da análise de vestígios materiais e imateriais encontrados no ambiente subaquático e costeiro.

Ainda segundo o conceito de Alves & Mantas (2015), a arqueologia naval é um ramo da arqueologia marítima que trata especificamente sobre todos os aspectos das navegações, como a construção de embarcações, técnicas de navegação, rotas marítimas, estruturas de apoio à navegação, entre outros. Já a arqueologia náutica se diferencia da arqueologia naval ao se concentrar no estudo da embarcação e seus instrumentos. Por fim, a arqueologia subaquática é o estudo dos vestígios materiais e imateriais encontrados no ambiente subaquático e costeiro, incluindo naufrágios e outros sítios arqueológicos submersos.

Visto as definições sobre arqueologia marítima e suas subáreas, é preciso definir o campo de estudo desta pesquisa, no caso, a região de águas estuarinas e de águas rasas. De acordo com Kjerfve (1994, p. 2), águas estuarinas são "zonas de transição entre as águas continentais e o mar, em que a água doce proveniente dos rios se mistura com a água salgada oceânica". Já as águas rasas são caracterizadas por profundidades que variam de alguns centímetros a, em média, cerca de 20 a 30 metros (Kjerfve, 1994).

Segundo o oceanógrafo Kjerfve (1994), as águas estuarinas e águas rasas são importantes para o estudo de sítios arqueológicos de naufrágios sob diferentes perspectivas da arqueologia marítima, náutica, naval e subaquática. A compreensão das características físicas e biológicas das águas estuarinas e rasas é fundamental para entender como essas áreas podem afetar a conservação e o estado de equilíbrio com o meio aquático desses sítios arqueológicos.

Essas águas podem ser encontradas em ambientes costeiros, como enseadas, baías e recifes, e são influenciadas pela ação das ondas, marés e correntes, além de abrigarem uma grande diversidade de espécies marinhas adaptadas a esse tipo de ambiente (Miranda, 2012).

Além disso, a oportunidade desse estudo per-

mitiu estabelecer inter-relações entre as mudanças climáticas e arqueologia de maneira geral para o caso proposto, o que irá auxiliar outros pesquisadores a prever e propor medidas para gestão de sítios arqueológicos subaquáticos que possam estar sob risco de impactos negativos dos eventos ocasionados pelas mudanças climáticas no estuário da Baía de Paranaguá. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi identificar os impactos negativos das mudanças climáticas em sítios arqueológicos subaquáticos.

Para alcançar este objetivo, utilizou-se uma base bibliográfica especializada em climatologia geográfica, projeções das mudanças climáticas, aportes teóricos da oceanografia física estuarina, costeira e arqueologia marítima (Miranda, 2012).

A partir disso foram levantadas as principais consequências que as mudanças climáticas poderão causar aos sítios arqueológicos subaquáticos, especialmente aos naufrágios, juntamente com o apoio de análises de dados ambientais costeiros existentes em bancos de dados. Para contextualizar a análise das interferências causadas pelas mudanças climáticas foi utilizado como exemplo, o sítio arqueológico de naufrágio *La Louise*, localizado no complexo estuarino da baía de Paranaguá, no estado do Paraná, sob influência das águas do Oceano Atlântico Sul.

Nesse caso, a escolha do sítio de naufrágio *La Louise* para o estudo das interferências causadas pelas mudanças climáticas se deve a alguns fatores importantes, como:

1. Importância histórica: o naufrágio em questão, que com os dados materiais identificados até o momento sugere ser o *La Louise*, é importante para a história trágico-marítima do Brasil, por se tratar de um patrimônio arqueológico subaquático de natureza única localizado no estado do Paraná.

2. Ambiente dinâmico: o naufrágio está localizado em um ambiente estuarino, que é caracterizado por mudanças constantes em suas condições físicas e químicas, o que o torna um local ideal para o estudo das interferências causadas pelas mudanças climáticas. (Miranda, 2012).

3. Interferências antrópicas: O sítio arqueológico de *La Louise* já sofreu diversas interferências antrópicas ao longo do tempo, como a retirada ilegal de artefatos, o que pode ter causado danos significativos ao sítio. Portanto, os efeitos das mudanças climáticas podem ser mais severos na área de sua localização.

METODOLOGIA

Para a realização da pesquisa a respeito dos impactos negativos dos efeitos das mudanças climáticas sobre os sítios arqueológicos subaquáticos que estão em ambientes estuarinos, embora os autores discutam os efeitos em ambientes costeiros e marinhos, essa abordagem foi adaptada para o ambiente estuarino de áreas abrigadas, sendo os principais autores utilizados como Hall (2016), Dunkley (2013), Wright (2016) e o IPCC (2014).

Foi realizada uma busca sistemática na literatura em inglês sobre o tema, usando o *Science Direct* e o *Google Scholar* (Google Acadêmico). A busca começou com as palavras-chave “mudanças climáticas” e “arqueologia”, que resultou em 20 artigos usando o *Science Direct*. O uso dessas duas palavras-chave levou a vários artigos sobre uma variedade de tópicos relacionados, incluindo adaptação, mitigação, redução de risco de desastres, urbanização, turismo, só para citar alguns.

Em uma segunda etapa, outra busca foi realizada com as palavras-chave “arqueologia” e

“naufrágios”, resultando em diversos artigos correlacionados. Assim, foram escolhidos alguns autores, como os citados, que mais se adequaram a temática da análise desta pesquisa e no direcionamento de uma base teórica-metodológica para estudos em arqueologia subaquática com ênfase em naufrágios e arqueologia Marítima, náutica e naval.

A revisão bibliográfica foi o principal método desta pesquisa, em que se buscou estabelecer possíveis respostas a partir de questões mais amplas para essa temática, tendo como os principais autores usados Stewart (1999), Muckelroy (1978), Alves & Mantas (2015) Hamilton (1999) e Rambelli (2003).

No sentido de estabelecer essas respostas, foi realizada uma busca por um conjunto de dados com o apoio de ferramentas como os *software Google Earth* e *Qgis*, os quais permitiram a elaboração de um mapa da localização do naufrágio *La Louise*, sendo o contexto arqueológico subaquático apresentado como exemplo nesta pesquisa.

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS DE NAUFRÁGIOS

O IPCC (2014) define as mudanças climáticas como modificações nas condições dos sistemas climáticos, que afetam os elementos meteorológicos, sejam essas mudanças causadas por variabilidade climática natural ou resultantes diretas das atividades humanas.

É notório que nas últimas décadas a comunidade científica tem alertado as autoridades político-administrativas de diversos governos, sobre os grandes impactos que as mudanças climáticas poderão causar na vida humana, sejam essas mudanças por efeitos naturais do planeta ou pelo desequilíbrio que as atividades antrópicas têm causado, principalmente pelo desenvolvimento econômico não-sustentável.

Várias mudanças estão ocorrendo e são particularmente perceptíveis aos humanos. Estas incluem alterações nos padrões de precipitação, modificações nos sistemas hidrológicos devido ao derretimento das calotas polares, variações nas atividades sazonais de diversos organismos, e maior frequência de eventos climáticos extremos como ondas de calor e frio, furacões e ciclones (IPCC, 2014).

O aumento do nível do mar surge como a consequência mais alarmante para os próximos cem anos, podendo desencadear outras ocor-

rências mais graves. O IPCC lista algumas das consequências que a vida humana poderá sentir daqui um século, sendo elas: o aumento do nível do mar, alto volume pluviométrico em algumas regiões e escassez em outras, erosões, assoreamento, acidificação e aquecimento dos oceanos, migrações de espécies exóticas, extinções de espécies, furacões, tempestades, mudanças na circulação oceânica, dentre outras (IPCC, 2014).

Santos (2015), por exemplo, explica que as zonas costeiras poderão ser uma das mais afetadas, uma vez que as inundações causadas pelo aumento do nível do mar irão mudar completamente a vida das populações que vivem nessas áreas e medidas governamentais serão necessárias. Embora seja extensamente debatido o impacto das mudanças climáticas nos meios físicos, biológicos e sobre a humanidade, é importante ressaltar que o fator do patrimônio cultural tem ganhado crescente atenção nas últimas décadas.

A compreensão da vulnerabilidade e resiliência do patrimônio cultural frente às mudanças climáticas tem se tornado uma área de estudo importante, pois as alterações ambientais podem afetar significativamente sítios arqueológicos, monumentos históricos, áreas urbanas históricas e outras formas de patrimônio cultural, ameaçando

sua integridade física, valor cultural e social, e até mesmo sua existência futura. O autor Wright acrescenta que “os sítios arqueológicos em todos os seus contextos poderão sofrer impactos irreversíveis com as mudanças climáticas” (Wright, 2016, p. 5).

Neste contexto, os principais efeitos significativos das mudanças climáticas para com os sítios arqueológicos subaquáticos são: aumento do nível do mar, aumento da temperatura e acidificação dos oceanos, os quais poderão causar impactos físicos, biológicos e até mesmo na logística de acesso aos sítios arqueológicos impactados.

Um dos princípios comumente acordados sobre a preservação do patrimônio cultural subaquático, conforme estabelecido na Convenção da UNESCO de 2001, sobre a Proteção do Patrimônio Cultural Subaquático, é que a preservação *in situ* deve ser a primeira opção. A principal razão é que os objetos arqueológicos são mais bem preservados sob camadas de lama ou em contextos submersos que inibem os impactos antrópicos comumente são causados na superfície.

Um navio, após seu naufrágio e em posição de navegação no leito marinho, alcança um estado de equilíbrio relativo, onde as partes superiores se degradam mais rápido enquanto as seções enterradas tendem a ser mais bem preservadas. Contudo, esse equilíbrio é apenas aparente, pois processos de corrosão continuam a afetar a estrutura do navio, independentemente do substrato, da ausência de luz ou da profundidade (Hamilton, 1999; Hall, 2016; Dunkley, 2015).

As mudanças climáticas estão influenciando no aquecimento dos oceanos devido ao derretimento do gelo dos polos, tendo como consequência a elevação do nível do mar ano após ano. Também se tem observado mudanças na composição química dos oceanos, por exemplo, em sua acidez ou salinidade, sendo que a acidificação dos oceanos é um dos problemas mais discutidos atualmente. Além disso, as correntes oceânicas estão mudando o seu padrão e, como consequência, os ecossistemas estão se tornando cada vez mais ameaçados (Hall, 2016; Dunkley, 2015).

Dunkley (2015) aborda que as mudanças climáticas provavelmente terão um impacto direto sobre os sítios arqueológicos, quer estejam em ambientes costeiros na superfície ou em ambientes de transição. Da mesma forma, o aumento da temperatura da água pode causar a evaporação em torno dos sítios, o que pode deixar as estru-

turas arqueológicas expostas ao ambiente terrestre e, portanto, vulneráveis a danos. No entanto, o efeito predominante dessas mudanças pode variar dependendo da região. Em algumas áreas, o aporte de água doce pode ser o fator dominante, reduzindo a salinidade. Em outras, a evaporação intensa pode ser mais significativa, aumentando a salinidade. Portanto, a interação entre esses fatores é complexa e depende das condições locais, que podem afetar sítios de naufrágios de maneiras distintas.

A fonte mais importante de informações arqueológicas sobre um local subaquático não é apenas o navio ou a estrutura do naufrágio, mas os objetos associados e identificados juntamente com a embarcação, como pertences pessoais e a carga. A dinâmica ambiental do seu contexto geográfico muda rapidamente tanto para preservar como para destruir esses objetos (Alves & Mantas, 2015).

Neste contexto é importante destacar que os vários tipos de objetos têm reações diferentes à água, porque são compostos de materiais distintos. Os sítios arqueológicos subaquáticos, uma vez submersos, são impactados por bioincrustações de corais e diversos outros microrganismos, dependendo do ambiente em que se encontram. Segundo Hamilton (1999), em profundidades, entre 400 e 800 metros, os sítios arqueológicos sofrem uma baixa e quase constante temperatura da água durante todo o ano. Já com relação a penetração da luz solar, está reconhecida como um acelerador de biodeterioração, tem uma penetração máxima variável. Segundo Gordon & Mccluney (1975), essa penetração pode chegar até 490 metros, no entanto, ao atingir os 1.000 metros, apenas comprimentos de onda próximos ao azul estão presentes.

No fundo do mar as velocidades das correntes são frequentemente muito baixas, com efeitos mínimos de maré e taxas de transferência de sedimentos (Miranda, 2012). Temperaturas frias e as correntes em um ambiente de águas profundas e em águas rasas de determinadas regiões como no Mar Báltico têm um forte efeito na preservação (Hamilton, 1999).

Em águas rasas, pode-se observar que mesmo quando a profundidade é relativamente baixa, as condições de águas frias e baixa luminosidade ainda podem contribuir para a preservação de sítios arqueológicos de naufrágios. Um exemplo notável é o naufrágio do navio *Vasa*, localizado

em Estocolmo, na Suécia. O *Vasa* afundou em 1628 e foi recuperado em 1961. O local onde o navio foi encontrado tem apenas cerca de 32 metros de profundidade, considerado relativamente raso em comparação com outros naufrágios. No entanto, a preservação excepcional dele pode ser atribuída às águas frias e de baixa salinidade do Mar Báltico, que criaram condições favoráveis para a conservação do navio e seus artefatos (Eriksson, 2019).

Outro exemplo é o naufrágio do navio *The Mars*, localizado próximo à costa da ilha sueca de Gotland, também no Mar Báltico. O navio afundou em 1564 e está situado a uma profundidade de aproximadamente 75 metros, considerada novamente águas rasas em comparação com outros naufrágios de grande importância histórica. No entanto, mesmo nessas águas relativamente rasas, a preservação do *The Mars* é notável devido às águas frias e à falta de luz solar intensa, que ajudaram a retardar os processos de deterioração e a proteger os materiais orgânicos do navio (Eriksson, 2019).

Esses exemplos demonstram que, mesmo em águas rasas, as características de baixa temperatura e baixa luminosidade podem contribuir significativamente para a preservação de sítios arqueológicos de naufrágios. Essas condições desaceleram os processos de decomposição, minimizam a atividade de organismos decompositores e reduzem os efeitos negativos da exposição à luz solar intensa (Hamilton, 1999).

Os sítios arqueológicos subaquáticos são um bem protegido sob a água desde que esteja em equilíbrio com o meio ambiente. Por isso, deixar os vestígios arqueológicos no local original, sem removê-lo, é geralmente a primeira opção dos arqueólogos para preservar o patrimônio arqueológico em ambos os locais terrestres e subaquáticos (Rambelli, 2003).

As correntes oceânicas e diferenças de temperatura do oceano juntamente com padrões de vento também são reconhecidos como causas do equilíbrio das marés. Além disso, a forçante termohalina, onde ocorrem as trocas de calor na superfície da água, também tem sofrido mudanças. Portanto, mudanças bruscas nos padrões de correntes oceânicas, temperatura, salinidade, pressão atmosférica certamente iram causar algum dano aos sítios arqueológicos subaquáticos (Hall, 2016).

Quando o navio naufraga, o naufrágio no

ambiente aquático, seja totalmente em águas profundas ou rasas, imediatamente a sua estrutura sofre influências com as dinâmicas do contexto ambiental, sofrendo processos degradativos naturais (Stewart, 1999). Segundo Rios (2010), Naufrágio é um termo que se refere ao evento de afundamento ou destruição de uma embarcação em um corpo d'água, não restritos aos mares e oceanos, mas como lagos, rios, dentre outros, devido a diferentes fatores causadores, como fator humano, logístico, hidrometeorológico, cartográfico, bélico dentre outros diversos aspectos. Esse evento pode resultar em perdas humanas, além da perda da própria embarcação e de sua carga. Para a arqueologia marítima e especialidades, a materialidade proveniente dos eventos de naufrágios, são de importância para o Patrimônio Cultural Subaquático. Esses vestígios atuam como cápsulas temporais, fornecendo novas perspectivas e narrativas sobre os acontecimentos históricos (Alves & Mantas, 2015).

Muckelroy (1978), por exemplo, elaborou um fluxograma considerando as etapas do processo de formação de naufrágio, que se concentrava principalmente nos processos naturais marinhos que afetam os sítios de naufrágio, como a desintegração de materiais perecíveis e o movimento do leito marinho. O objetivo de Muckelroy era desenvolver uma estrutura teórica para entender como os sítios de naufrágio se formam e mudam ao longo do tempo, e como a análise desses processos pode ajudar a reconstruir a história marítima.

Com o passar dos anos, o seu modelo teórico foi ampliado por outros autores, como por exemplo, Gibbs (2006), que argumenta que a perspectiva de Muckelroy subestimou a importância dos fatores culturais na formação de sítios de naufrágio. Neste sentido, Gibbs (2006), propõe um *framework* orientado por processos que se concentra em perspectivas culturais relacionados aos naufrágios (Figura 1).

Ele argumenta que a análise dos processos culturais envolvidos na formação de sítios de naufrágio pode ser usada para desenvolver uma compreensão mais ampla da cultura marítima, incluindo aspectos sociais, econômicos, políticos e religiosos.

Além dos processos naturais, o fluxograma de Gibbs (2006) também considera os processos culturais que afetam a formação e modificação dos sítios de naufrágio, de acordo com algumas etapas,

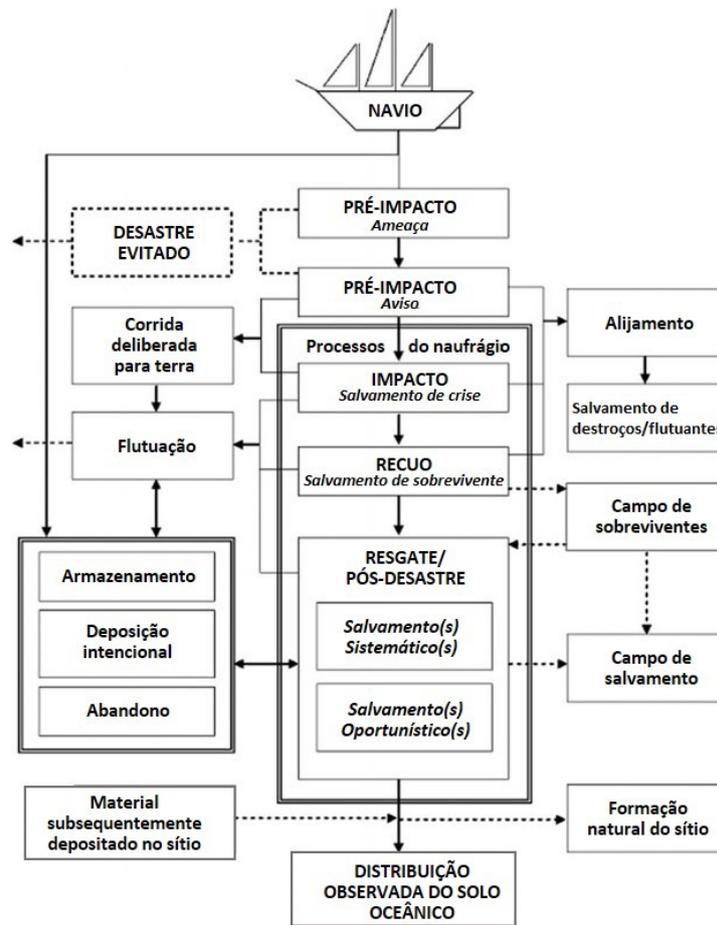


Figura 1 - Fluxograma do processo de formação de naufrágios considerando os aspectos culturais (Gibbs, 2006).

sendo elas:

- Planejamento pré-viagem: Esta etapa envolve a coleta e organização de informações antes da viagem, incluindo aspectos culturais, sociais, econômicos e políticos que podem influenciar a natureza da carga, a estrutura da embarcação e as práticas de navegação.

- Naufrágio e impacto inicial: Durante esta fase, o naufrágio ocorre e a estrutura da embarcação é impactada por processos naturais e culturais. Os efeitos do meio ambiente, como processos mecânicos, químicos, biológicos e antrópicos, começam a afetar a integridade do naufrágio.

- Respostas culturais e naturais pós-naufrágio: Após o naufrágio, diferentes respostas culturais e naturais ocorrem, incluindo salvatagem, saque, preservação intencional de certos elementos e a ação dos processos naturais, como a corrosão e a sedimentação.

- Modificação do sítio de naufrágio ao longo do tempo: Ao longo do tempo, a interação contínua entre os processos culturais e naturais modifica a estrutura do naufrágio e a distribuição dos artefatos, afetando a interpretação do registro arqueológico.

Além disso, a incidência dos efeitos ambientais dependerá das características do navio. Por exemplo, os restos de uma embarcação naufragada de ferro e de madeira não se decompõem da mesma forma. As estruturas de ferro são mais propensas à deterioração devido às reações físicas e químicas, enquanto estruturas de madeira são mais influenciadas por reações físicas e biológicas. Neste caso, estudos de corrosão se tornam essenciais, mas não será tema desta pesquisa.

Um fator interessante é abordado por Riley (1987), argumentando que em naufrágios com uma alta incidência das reações físicas e químicas, as estruturas da proa e da popa muitas vezes perduram no registro arqueológico por mais tempo do que o restante da embarcação, devido ao reforço extra utilizado nesse tipo construção naval. Esse seria um bom componente estrutural de identificação para uma pesquisa *in situ* de acordo com esse autor.

Alguns trabalhos sobre naufrágios encalhados foram desenvolvidos por O'Shea (2002), fazendo uma pesquisa regional com naufrágios históricos encalhados (séculos XIX e XX), em vestígios de madeiras em águas rasas, em que se adaptou de teorias de disciplinas relacionadas, como oceano-

grafia, geologia, zoologia e física para explorar dados empíricos muito específicos e examinar padrões gerais relativos à pré-deposição (contexto sistêmico), deposição (naufrágio) e pós-deposição dos processos (alteração do sítio) em escala regional definidos por Schiffer (1976).

Em outra situação relevante, Richards (2002), usou dados históricos e arqueológicos para analisar os restos de embarcações abandonadas de forma proposital na Austrália, observando como o descarte e as práticas de demolição estavam intimamente ligadas às tendências econômicas e do desenvolvimento tecnológico ao longo das muitas fases da história de vida de uma embarcação.

De fato, tanto o naufrágio causa alterações no meio ambiente, como o ambiente causa danos ao

naufrágio (efeitos degradativos). Pode-se citar como exemplo que naufrágios encalhados próximos à linha de costa podem atuar como um quebra-mar diminuindo a força das ondas e evitando maiores índices de erosões, ou a depender do tamanho da embarcação, distância e orientação com relação à linha de costa pode intensificar erosões alterando a morfologia das praias (Murali et al., 2013).

Trabalhos como esses refletem a gama de possibilidades de se investigar sítios de naufrágios, desde o ponto de vista arqueológico, geográfico, histórico, social, ambiental, turístico e cultural, tendo o naufrágio como parte da paisagem cultural submersa ou emersa que irá trazer à luz uma história que está além do registro escrito.

POSSÍVEIS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO NAUFRÁGIO *La Louise*

Os sítios arqueológicos fazem parte da dinâmica ambiental, sendo que os fatores ambientais afetam o seu estado de conservação e em contato com o meio aquático essa dinâmica se intensifica ainda mais, seja para mantê-lo preservado, em equilíbrio, ou em desequilíbrio, onde o meio ambiente contribui negativamente para a sua destruição.

É o caso do sítio arqueológico de naufrágio

chamado de *La Louise*, usado como exemplo neste estudo para averiguar como os efeitos das mudanças climáticas poderá atingi-lo a longo prazo. O sítio arqueológico está localizado no município de Paranaguá, no Paraná, depositado nas águas e sedimentos lamosos do complexo estuarino de Paranaguá, próximo a ilha da Cotinga, conforme mapa (Figura 2).

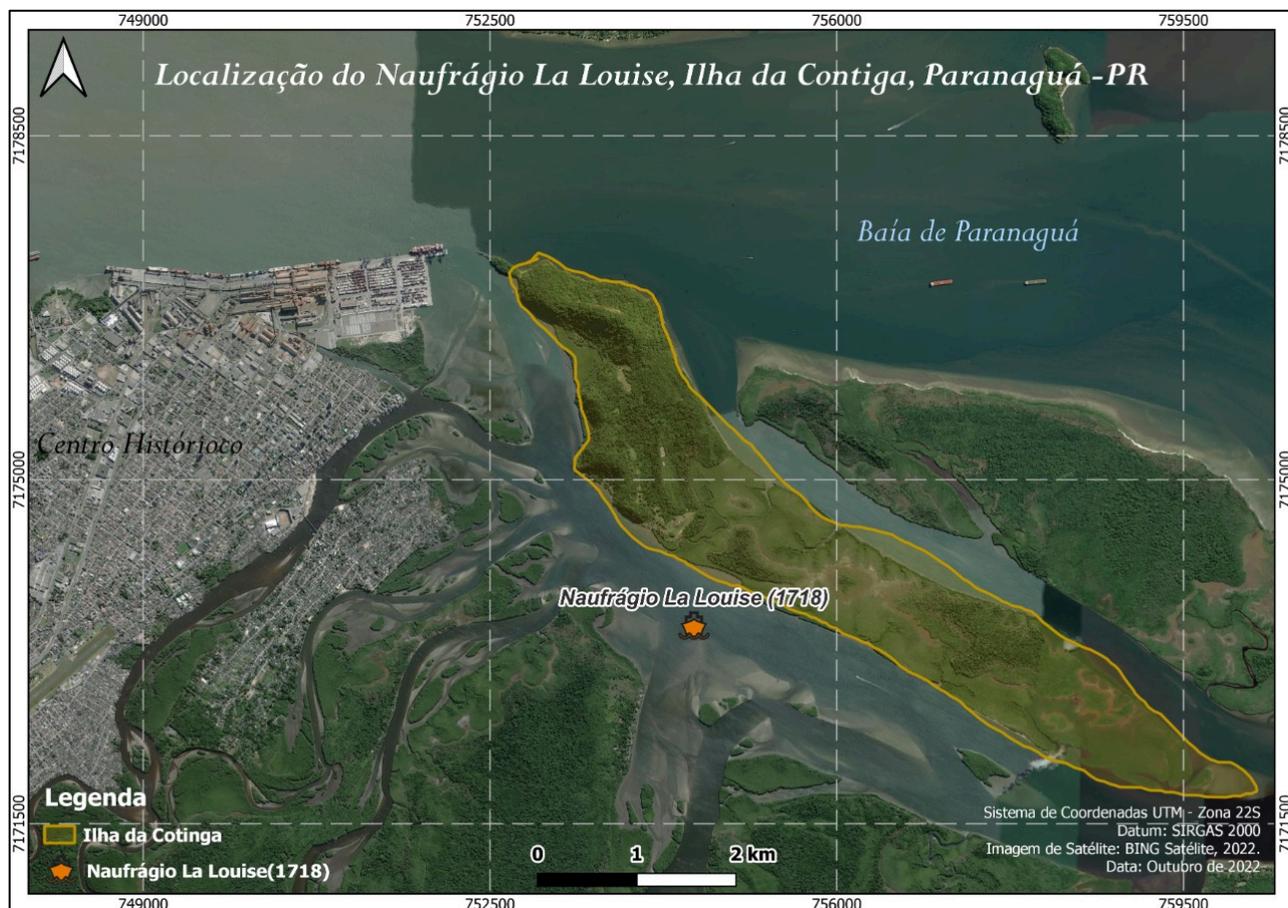


Figura 2 – Mapa da localização do Naufrágio La Louise (adaptador de Hostin (2021)).

No final de fevereiro de 1718, o navio *La Louise* navegou ao sul da costa brasileira, indo em direção a Cananéia e depois a Paranaguá. O navio era uma embarcação pirata que ao perseguir outro navio a fim de roubar a sua carga, naufragou durante uma tempestade na baía de Paranaguá, próximo à ilha da Cotinga. O *La Louise* naufragou com cerca de duzentos mil cruzados em prata e ouro, em moeda e em pó, roubados das Índias de Castela (Hostin, 2021).

Esse naufrágio, enquanto sítio arqueológico, é caracterizado como um navio cargueiro do século XVIII, com casco de madeira depositado a 15 metros de profundidade próximo a amontoado de rochas. O estado do naufrágio deteriorou-se consideravelmente devido a frequentes atos de saques, sendo que artefatos que o compunham foram levados e a sua estrutura foi comprometida.

Esses saques aconteceram antes de passar por qualquer tipo de pesquisa arqueológica com métodos adequados para determinar as informações básicas da sua estrutura e arquitetura. Desse modo, o pouco que restou do navio está em equilíbrio com o sedimento fluvial lamoso que é depositado continuamente sobre o sítio

arqueológico (Hostin, 2021).

Estudos históricos com uma perspectiva arqueológica sobre este naufrágio já estão sendo desenvolvidos há 20 anos pelo pesquisador Geraldo Hostin, sendo objeto de pesquisa em andamento, as informações históricas sobre a quem pertenceu o navio, quem eram as pessoas e as relações sociais a bordo e, principalmente, a causa do seu afundamento dentro outros aspectos.

No entanto, de certa forma, esse já é considerado um dos sítios arqueológicos subaquáticos mais importantes de Paranaguá, o qual poderá sofrer os efeitos negativos das mudanças climáticas. As mudanças climáticas e seus efeitos poderão causar significativos impactos na estrutura deste sítio arqueológico subaquático, de natureza química, física e biológica.

De acordo com o levantamento realizado e o aporte teórico da pesquisa, foram considerados alguns efeitos de maior relevância que impactam diretamente os sítios arqueológicos subaquáticos, dentre eles destacam-se: o aumento do nível do mar, acidificação dos oceanos, aumento da temperatura do mar, impactos físicos e efeitos biológicos, os quais poderão causar danos a este patrimônio arqueológico subaquático

RESULTADOS

A partir da metodologia proposta, os resultados foram organizados através de tabelas sistematicas, apresentadas a seguir, a fim de organizar o tipo de impacto, a sua descrição e a natureza do impacto de ordem física, química e biológica que poderão afetar o naufrágio *La Louise*.

Aumento do nível do mar

O aumento do nível do mar seria o impacto mais significativo para os sítios arqueológicos tanto em terra quanto em contexto subaquático. Dessa forma, não só poderá submergir o patrimônio cultural terrestre, mas o patrimônio cultural subaquático também poderia ser afetado. Algumas das questões reconhecidas a este respeito, como os impactos físicos decorrentes, são apresentadas na Tabela 1.

Acidificação dos oceanos

Se o pH da água do mar diminuir e o oxigênio aumentar, ele se tornará ainda mais ácido. Como consequência, os vestígios que estão em ambientes subaquáticos poderão ter seu processo de corrosão

acelerado. Além disso, de acordo com Hamilton (1999), os têxteis, ou seja, os tecidos de vestígios arqueológicos, se dissolvem mais facilmente em água ácida, causando a rápida perda da informação arqueológica.

Além disso, as mudanças na salinidade têm um efeito direto sobre os sítios arqueológicos, tanto para naufrágios com casco metálicos de ferro e aço, mas principalmente os de madeira serão os mais afetados, pela sua rápida decomposição (Hamilton, 1999).

Aumento da temperatura oceânica

O aumento de temperatura provavelmente se espalhará gradualmente para camadas oceânicas mais profundas, onde naufrágios e outros tipos de sítios arqueológicos serão afetados. Neste quesito, o aumento da temperatura da água contribui com a proliferação de vermes como os cupins do mar ou *Teredo navalis* que são destruidores de madeira, afetando diretamente navios naufragados construídos dessa matéria-prima (Hamilton, 1999).

Tabela 1 - Síntese de impactos associados ao aumento do nível do mar, da temperatura e da acidificação dos oceanos.

IMPACTO	DESCRIÇÃO	NATUREZA
Profundidade aumentada	Mais água significa maior profundidade e os naufrágios no fundo do mar estarão sujeitos a uma pressão maior, causando impactos na sua estrutura física.	Impacto físico
Pesquisa e Prospecção arqueológica	O aumento do nível do mar pode limitar o acesso de arqueólogos mergulhadores, pois devido a profundidade aumentada, o tempo de mergulho para analisar o sítio arqueológico também seria reduzido, atrapalhando a pesquisa.	Impacto físico
Inundações	Sítios arqueológicos em zona intertidal poderão ser inundados, o tornando-os subaquáticos.	Impacto físico
Aumento das tempestades	Estas serão na forma de tempestades tropicais e furacões/ciclones, na melhor das hipóteses, poderão danificar o sítio arqueológico, e na pior das hipóteses, destruí-lo.	Impacto físico
Modificação da camada sedimentar	Muitos sítios arqueológicos em zonas estuarinas estão parcialmente preservados graças a uma camada protetora de sedimentos, como no caso do Naufrágio <i>La Louise</i> . Qualquer perturbação desta camada irá danificar os materiais, pois a lama funciona como uma camada protetora.	Impacto físico e químico
Alteração na disposição dos vestígios	A alteração e dispersão dos vestígios arqueológicos subaquáticos já observada poderá ser exacerbada pelo aumento da intensidade das marés e das ondas, o que também contribui para a erosão do material	Impacto físico
Perda do registro arqueológico	Uma mudança na corrente pode deslocar parte ou a totalidade de um sítio arqueológico submerso, descontextualizando a localização dos artefatos, dificultado a pesquisa arqueológica.	Impacto físico
Mudanças químicas	Qualquer mudança química ocorre mais rapidamente em uma temperatura mais alta. Como consequência, a deterioração do patrimônio devido aos produtos químicos na água do mar ocorrerá a uma taxa crescente.	Impacto Químico
Teredo Navalis.	Invasor marinho nocivo que se instala em navios e barcos de madeira, e que pode se proliferar mais em ambientes quentes.	Impacto Biológico

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do exposto no artigo é possível afirmar que todo sítio arqueológico já é considerado vulnerável as mudanças climáticas, e no contexto subaquático esses efeitos se intensificam ainda mais. Como este artigo tentou demonstrar, o aumento do nível do mar, águas mais quentes, acidificação dos oceanos e mudanças nas correntes certamente afetam os sítios arqueológicos subaquáticos com impactos físicos, químicos e biológicos.

Este artigo ainda demonstra que todos esses impactos podem ser negativos ao sítio arqueológico subaquático *La Louise*, localizado na baía de Paranaguá, no estado do Paraná, podendo

acarretar tanto na perda de informações cruciais para a pesquisa arqueológica ou até mesmo na sua destruição por completo.

Portanto, não existe uma fórmula exata para impedir os efeitos das mudanças climáticas em sítios arqueológicos subaquáticos, uma vez que o meio ambiente é dinâmico e, às vezes, imprevisível. Por fim, este artigo conseguiu alcançar o objetivo proposto, o qual foi de analisar e identificar os principais efeitos das mudanças climáticas para a Baía de Paranaguá, tendo os vestígios do navio *La Louise* como exemplo de patrimônio cultural subaquático a ser afetado.

REFERÊNCIAS

- ALVES, T. & MANTAS, V. Arqueologia Marítima, Naval, Náutica e Subaquática - uma proposta conceitual. **Revista Al-Madan**, n. 20, p. 50-55, 2015.
- CONVENÇÃO SOBRE A PROTEÇÃO DO PATRIMÔNIO CULTURAL SUBAQUÁTICO. **Texto adotado pela 31ª Conferência Geral da UNESCO**, Paris. Tradução de Francisco J.S. Alves. UNESCO. 2001.
- DUNKLEY, M. Climate is what we expect, weather is what we get. **Water & Heritage**, p. 217, 2015.
- DUNKLEY, M. The potential effects of oceanic climate change on the management of underwater archaeology. **The Archaeologist**, v. 89, p. 60-62, 2013.
- ERIKSSON, N. How Large Was Mars? An investigation of the dimensions of a legendary Swedish warship, 1563–1564. **The Mariner's Mirror**, v. 105, n. 3, 260-274, 2019.
- GIBBS, M. Maritime archaeology at the land-sea interface. In: **Maritime Archaeology: Australian Approaches**. Boston, MA: Springer US, 2006. p. 69-81.
- GORDON, H.R. & MCCLUNEY, W.R. Estimation of the depth of sunlight penetration in the sea for remote sensing. **Applied optics**, v. 14, n. 2, p. 413-416, 1975.
- HALL, C.M. Heritage tourism and climate change. **J. Herit. Tour**, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2016.
- HAMILTON, D.L. Conservation of cultural materials from underwater sites. **Archives and Museum Informatics**, v. 13, n. 3, p. 291-323, 1999.
- HAMILTON, D.L. **Conservation of metal objects from underwater sites: a study in methods**. (No Title), 1975.
- HOSTIN, G.J.S. The Pirate of Cotinga Island (1718): The History and Archaeology of a Mysterious Shipwreck in the South of Brazil. **MaHS News**, v. 32, n. 2, p. 7-12, 2021.
- KJERFVE, B. **Coastal lagoon processes**. Amsterdam: Elsevier,

- 1994.
- MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M.; KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários** 2ª ed. São Paulo: Ed. da USP, 2012.
- MUCKELROY, K. **Maritime archeology**. London: Cambridge University Press, 1978.
- MURALI, R.M.; BABU, M.T.; MASCARENHAS, A.; CHOUDHARY, R.; SUDHEESH, K.; VETHAMONY, P. Coastal erosion triggered by a shipwreck along the coast of Goa, India. **Current Science**, v. 105, n. 7, p. 990-996, 2013.
- O'SHEA, J.M. The archaeology of scattered wreck-sites: formation processes and shallow water archaeology in western Lake Huron. **The International Journal of Nautical Archaeology**, v. 32, n. 2, p. 211-227, 2002.
- RAMBELLI, G. **Arqueologia Subaquática do Baixo Vale do Ribeira-SP**. São Paulo, 2003. Tese (Doutorado em Arqueologia) – Programa de Pós-Graduação em Arqueologia. Universidade de São Paulo, 2003.
- RICHARDS, N. **Deep Structures: An examination of deliberate watercraft abandonment in Australia**. Flinders University of South Australia, Department of Archaeology, Australia, 2002.
- RILEY, J. Shipwreck deterioration. **Depth**, v. 2, p. 21-24, 1987.
- RIOS, C. Subsídios para a arqueologia subaquática. **Navigador**, v. 6, n. 11, p. 118-124, 2010.
- SANTOS, P.M.P. **Cheias e inundações: avaliação, impactos e instrumentos para a gestão do risco**. Lisboa, 2015. Tese (Doutorado em Território, Risco e Políticas Públicas) - Universidade de Lisboa.
- SCHIFFER, M.B. Archaeological context and systemic context. **American Antiquity**, v. 37, n. 2, p. 156-165, 1976.
- STEWART, D. Formation Processes affecting submerged archaeological sites: An overview. **Geoarchaeology. International Journal**, v. 14, n. 6, p. 565-87, 1999.
- UNESCO – **Convenção sobre a proteção do Patrimônio Cultural Subaquático**. Disp. em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Convencao_unesco_protecao_patrimonio_cultural_subaquatico_2001.pdf
- WRIGHT, J. Maritime archaeology and climate change: An invitation. **Journal of Maritime Archaeology**, v. 11, n. 3, p. 255-270, 2016.

*Submetido em 26 de dezembro de 2023
Aceito para publicação em 10 de junho de 2024*