



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Oceanografia

Mariana de Faria Santos

**Fatores naturais e antrópicos que colaboram para a paisagem acústica  
submarina da APA de Guapi-Mirim, Baía de Guanabara (RJ)**

Rio de Janeiro

2023

Mariana de Faria Santos

**Fatores naturais e antrópicos que colaboram para a paisagem acústica submarina da  
APA de Guapi-Mirim, Baía de Guanabara (RJ)**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Processos oceanográficos na interface continente-oceano.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre de Freitas Azevedo  
Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Lis Bittencourt Vilas Boas

Rio de Janeiro

2023

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

S237 Santos, Mariana de Faria.  
Fatores naturais e antrópicos que colaboram para a paisagem acústica submarina da APA de Guapi-Mirim, Baía de Guanabara (RJ) / Mariana de Faria Santos. – 2023.  
110 f. : il.

Orientador: Alexandre de Freitas Azevedo.  
Coorientadora: Lis Bittencourt Vilas Boas.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Oceanografia.

1. Oceanografia - Teses. 2. – Poluição sonora - Guanabara, Baía de (RJ) - Teses. 3. Acústica submarina - Guanabara, Baía de (RJ) - Teses. 4. Bioacústica – Teses. 5. Unidades de conservação - Teses. I. Azevedo, Alexandre de Freitas. II. Vilas Boas, Lis Bittencourt. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Oceanografia. IV. Título.

CDU: 551.46(815.3)

Bibliotecária Responsável: Priscila Freitas Araujo/ CRB-7: 7322

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Mariana de Faria Santos

**Fatores naturais e antrópicos que colaboram para a paisagem acústica submarina da  
APA de Guapi-Mirim, Baía de Guanabara (RJ)**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Processos oceanográficos na interface continente-oceano.

Aprovada em 26 de setembro de 2023.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre de Freitas Azevedo

Faculdade de Oceanografia - UERJ

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Lis Bittencourt Vilas Boas

Faculdade de Oceanografia - UERJ

Banca Examinadora: \_\_\_\_\_

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Tatiana Lemos Bisi

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Fábio Contrera Xavier

Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira - IEAPM

Rio de Janeiro

2023

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta dissertação aos meus avôs, Ricardo e José, que sempre foram minhas maiores inspirações para me dedicar aos estudos, sempre me incentivando a me esforçar ao máximo para alcançar meus objetivos, mas sempre fazendo tudo com amor no coração, amor pela ciência e pelos animais.

## AGRADECIMENTOS

Nesses anos de mestrado, são inúmeras as pessoas que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e incentivando. Primeiramente gostaria de agradecer ao meu orientador, professor Alexandre Azevedo e co-orientadora professora Lis Bittencourt pela oportunidade incrível de poder realizar esse projeto, pelo carinho, pela confiança depositada em mim e, claro, pela paciência, que eu sei que foi muito necessária. Portanto, agradeço a ambos por não desistirem de mim e por sempre dispostos a me ajudar e a me incentivar a ser uma melhor profissional.

Aos colegas MSc. Mariana Barbosa, Dr. Rafael Carvalho, MSc. Pedro Teixeira, MSc. Karina Pereira e demais colegas do MAQUA/UERJ pelo apoio nas coletas de campo.

À Área de Proteção Ambiental - APA de Guapi-Mirim (ICMBio) pelo apoio logístico ao Projeto.

À FAPERJ pelo apoio financeiro aos Projetos de Pesquisa do MAQUA/UERJ.

Ao CNPq pelo apoio financeiro aos Projetos de Pesquisa do MAQUA/UERJ.

Ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia pela estrutura de Ensino e Pesquisa.

Agradeço à minha família. À minha mãe Valéria, agradeço por ser sempre minha inspiração de mulher guerreira e forte que vai sempre atrás do seu melhor e; ao meu pai, agradeço por todo o apoio; ao Rulf, agradeço o companheirismo e disposição para sempre me ajudar durante toda minha trajetória; à minha tia Luise, agradeço todo o amor e apoio; e aos meus irmãos Guilherme, Maria Cecília e João Ricardo, que me incentivam todos os dias à querer batalhar por um futuro melhor para eles. Agradeço também à minha maior companheira de vida, Julieta, pois esteve ao meu lado em todos os momentos, até enquanto eu passava horas trabalhando ou surtando em frente ao computador, mesmo você tendo partido ainda sinto você e seu amor todos os dias junto a mim.

Por fim, agradeço aos meus avós Ricardo, Therezinha, Eduvirgens e José por sempre me mostrarem o que é amor de verdade e me inspirarem a me tornar a minha melhor versão, e ao meu namorado André, que desde o início acompanhou de perto meu esforço, sempre me incentivando e perdoando minhas falhas.

## RESUMO

SANTOS, Mariana de Faria. **Fatores naturais e antrópico que colaboram para a paisagem acústica submarina da APA de Guapi-Mirim, Baía de Guanabara (RJ)**. 2023. 110 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

O Monitoramento Acústico Submarino apresentou notável avanço na bioacústica e outras áreas, pois nos permite coletar dados de forma passiva e contínua, compreender as atividades que ocorrem no ambiente aquático e, conseqüentemente, estudar a paisagem acústica de uma região. A paisagem acústica representa uma característica única e particular dos diferentes sons presentes num determinado ambiente, sendo de origem natural ou artificial, nos fornecendo detalhes sobre o habitat, sobre como os animais utilizam os sons para sobreviver e sobre como as atividades antrópicas prejudicam o ambiente e seus organismos residentes. O presente estudo realizou coletas em dois pontos na Baía de Guanabara: na Boia 5 (na região da APA de Guapi-mirim) e na Laje do Machado. Os dados acústicos foram gravados de forma contínua, registrando períodos de 24 horas, em ambos os pontos, tendo, num total de 10 dias de coleta, 240 horas de gravação na Boia 5 e 120 horas na Laje do Machado. Primeiro, os dados foram submetidos às análises do tipo TOL (*Third Octave Levels*) para calcular valores de pressão sonora para cada banda de frequência em um terço de oitava, nas bandas de frequência selecionadas para análise: 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz. O maior valor médio de pressão sonora na Boia 5 foi de  $89,9 \pm 2,9$  dB re 1  $\mu$ Pa na banda de frequência de 63 Hz, registrada no dia 25/04/2022 e na Laje do Machado foi de  $94,2 \pm 4,7$  dB re 1  $\mu$ Pa na frequência de 1 kHz, durante o dia de 23/02/2022. Os resultados mostraram que a paisagem acústica da Boia 5 foi dominada por sons de peixes e crustáceos, ocupando frequências de 70 Hz a 2 kHz e de 3 kHz a 20 kHz, respectivamente, onde maiores valores de pressão sonora foram encontrados durante a noite. Na Laje do Machado, ruídos antrópicos em frequências entre 3 kHz e 40 kHz se mostraram dominantes e valores de pressão sonora foram maiores durante as horas claras. O presente estudo visa preencher as lacunas nos conhecimentos acústicos não só da APA de Guapi-mirim, mas também da Baía de Guanabara, com resultados de pressão sonora durante o período noturno. A implementação de monitoramentos acústicos contínuos durante horas claras e escuras é de extrema importância, principalmente em regiões costeiras e áreas de proteção ambiental, pois nos permite ter uma visão completa da paisagem acústica da região e definir ações mitigadoras, pondo em prática planos de gerenciamento mais eficientes para combater a poluição sonora recorrente nessas regiões.

Palavras-chave: bioacústica; poluição sonora; unidade de conservação.

## ABSTRACT

SANTOS, Mariana de Faria. **Natural and anthropic factors that contribute to the submarine soundscape of the Guapi-Mirim MPA, Guanabara Bay (RJ)**. 2023. 110 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

Passive Acoustic Monitoring has presented remarkable progress, as it allows us to collect data passively and continuously, to understand the activities that occur in the aquatic environment and, consequently, the soundscape of a certain region. The soundscape represents a unique and particular characteristic of the different sounds present in a given environment, whether of natural or artificial origin, providing us with details about the habitat, on how animals use sounds to survive and on how anthropogenic activities harm the environment and its resident organisms. The present study carried out recordings at two points in Guanabara Bay: at Bouy 5 (near the Guapi-mirim MPA) and in Machado's Rock. The acoustic data were recorded continuously, recording periods of 24 hours at both points, having, in a total of 10 days of collection, 240 hours of recording in Bouy 5 and 120 hours in Machado's Rock. First, the data were submitted to TOL (Third Octave Levels) analyses to calculate sound pressure values for each frequency band in one third of an octave, where the frequency bands selected for analysis were: 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz and 10 kHz. The highest mean sound pressure values in Bouy 5 was  $89.9 \pm 2.9$  dB re 1  $\mu$ Pa in the frequency band of 63 Hz, recorded on 25/04/2022 and in Machado's Rock it was  $94.2 \pm 4.7$  dB re 1  $\mu$ Pa in the frequency of 1 kHz, during the day of 23/02/2022. The results showed that the soundscape of Bouy 5 was dominated by sounds of fish and crustaceans, occupying frequencies from 70 Hz to 2 kHz and from 3 kHz to 20 kHz, respectively, where higher sound pressure values were found during the night. In Machado's Rock, anthropic noises at frequencies between 3 kHz and 40 kHz were very dominant and sound pressure values were higher during the day. The present study aims to fill the gaps in the acoustic knowledge not only of the Guapi-mirim MPA, but also of Guanabara Bay, with results of sound pressure values during the night period. The implementation of continuous acoustic monitoring during light and dark hours is extremely important, especially in coastal regions and marine protected areas, as it allows us to have a complete view of the soundscape of the area and define mitigating actions, putting into practice more effective management plans to minimize recurrent noise pollution in these regions.

Keywords: bioacoustics; noise pollution; marine protected area.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Mapa demonstrando a posição geográfica da área de estudo.....	21
Figura 2 –	Imagem da Bía de Guanabara (RJ) demonstrando a área total da APA de Guapimirim (polígono vermelho).....	23
Figura 3 –	Imagem da Baía de Guanabara (RJ) mostrando os pontos de coleta, na Boia 5 e na Laje do Machado (losangos verdes) e a área da APA de Guapimirim (polígono vermelho).....	24
Figura 4 –	Espectrograma demonstrando os coros de peixes (retângulo amarelo) e estalos de crustáceos (retângulos azuis).....	29
Figura 5 –	Espectrograma demonstrando os sons tonais (retângulo branco) e pulsantes (retângulos vermelhos) emitidos pelos botos-cinza.....	30
Figura 6 –	Espectrograma demonstrando os sons antrópicos de embarcações; A) porte pequeno; B) porte médio e grande.....	31
Figura 7 –	Box Plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em setembro de 2021 na região da Boia 5.....	34
Figura 8 –	Gráfico LTSA dos dados coletados em setembro de 2021 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam a origem antrópica.....	35
Figura 9 –	Box Plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em novembro de 2021 na região da Boia 5.....	37
Figura 10 –	Gráfico LTSA dos dados coletados em novembro de 2021 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam a origem antrópica.....	38
Figura 11 –	Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em janeiro de 2022 na região da Boia 5.....	40
Figura 12 –	Gráfico LTSA dos dados coletados em janeiro de 2022 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam a origem antrópica.....	41
Figura 13 –	Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em fevereiro de 2022 na região da Boia 5.....	42

Figura 14 – Gráfico LTSA dos dados coletados em fevereiro de 2022 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam a origem antrópica.....	43
Figura 15 – Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em março de 2022 na região da Boia 5.....	45
Figura 16 – Gráfico LTSA dos dados coletados em março de 2022 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam a origem antrópica.....	46
Figura 17 – Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em abril de 2022 na região da Boia 5.....	47
Figura 18 – Gráfico LTSA dos dados coletados em abril de 2022 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam a origem antrópica.....	48
Figura 19 – Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em maio de 2022 na região da Boia 5.....	50
Figura 20 – Gráfico LTSA dos dados coletados em maio de 2022 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam a origem antrópica.....	51
Figura 21 – Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em julho de 2022 na região da Boia 5.....	52
Figura 22 – Gráfico LTSA dos dados coletados em julho de 2022 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam a origem antrópica.....	53
Figura 23 – Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em agosto de 2022 na região da Boia 5.....	54
Figura 24 – Gráfico LTSA dos dados coletados em agosto de 2022 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou do ambiente e retângulos vermelhos indicam origem antrópica.....	56
Figura 25 – Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em setembro de 2022 na região da Boia 5.....	57
Figura 26 – Gráfico LTSA dos dados coletados em setembro de 2022 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou do ambiente e retângulos vermelhos indicam origem antrópica.....	58

Figura 27 –	Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em fevereiro de 2022 na região da Laje do Machado..	61
Figura 28 –	Gráfico LTSA dos dados coletados em fevereiro de 2022 na região da Laje do Machado. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam origem antrópica.....	62
Figura 29 –	Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em março de 2022 na região da Laje do Machado.....	63
Figura 30 –	Gráfico LTSA dos dados coletados em março de 2022 na região da Laje do Machado. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam origem antrópica.....	64
Figura 31 –	Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em julho de 2022 na região da Laje do Machado.....	66
Figura 32 –	Gráfico LTSA dos dados coletados em julho de 2022 na região do Laje do Machado. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam origem antrópica.....	67
Figura 33 –	Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em agosto de 2022 na região da Laje do Machado.....	68
Figura 34 –	Gráfico LTSA dos dados coletados em agosto de 2022 na região do Laje do Machado. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam origem antrópica.....	69
Figura 35 –	Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em setembro de 2022 na região do Laje do Machado.	71
Figura 36 –	Gráfico LTSA dos dados coletados em setembro de 2022 na região do Laje do Machado. Retângulos pretos indicam origem biológica ou do ambiente e retângulos vermelhos indicam origem antrópica.....	72
Figura 37 –	Comparação de pressão sonora subaquática entre a Boia 5 e a Laje do Machado nos terços de frequência de 63Hz, 125Hz, 1kHz e 10kHz.....	74
Figura 38 –	Comparação de temperatura d'água entre a Boia 5 e o Laje do Machado.	75
Figura 39 –	Comparação de pressão sonora subaquática entre os a Boia 5 e a Laje do Machado nos terços de frequência de 63Hz, 125Hz, 1kHz e 10kHz durante o período do dia.....	77
Figura 40 –	Comparação de temperatura d'água entre a Boia 5 e a Laje do Machado durante o período do dia.....	78

Figura 41 – Comparação de pressão sonora subaquática entre a Boia 5 e a Laje do Machado nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz durante o período da noite.....	80
Figura 42 – Comparação de temperatura d’água entre a Boia 5 e a Laje do Machado durante o período da noite.....	81
Figura 43 – Comparação de pressão sonora subaquática, na Boia 5, nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz, durante os períodos do dia e da noite.....	83
Figura 44 – Comparação de temperatura d’água, na Boia 5, durante os períodos do dia e da noite.....	84
Figura 45 – Comparação de pressão sonora subaquática, na Laje do Machado, nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz, durante os períodos do dia e da noite.....	86
Figura 46 – Comparação de temperatura d’água, na Laje do Machado, durante os períodos do dia e da noite.....	87
Figura 47 – Comparação de pressão sonora subaquática entre a Boia 5 e a Laje do Machado nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz durante o período de maré enchente.....	89
Figura 48 – Comparação de temperatura d’água entre a Boia 5 e a Laje do Machado durante o período de maré enchente.....	90
Figura 49 – Comparação de pressão sonora subaquática entre a Boia 5 e a Laje do Machado nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz durante o período de maré vazante.....	92
Figura 50 – Comparação de temperatura d’água entre a Boia 5 e a Laje do Machado durante o período de maré vazante.....	93
Figura 51 – Comparação de pressão sonora subaquática, na Boia 5, nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz, durante as marés enchente e vazante.....	95
Figura 52 – Comparação de temperatura da água, na Boia 5, nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz, durante as marés enchente e vazante.	96
Figura 53 – Comparação de pressão sonora subaquática, no Laje do Machado, nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz, durante as marés enchente e vazante.....	98

Figura 54 – Comparação de temperatura da água, no Laje do Machado, nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz, durante as marés enchente e vazante.....

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Informações sobre a coleta de dados: data de lançamento e de recuperação, ano, estação, local de coleta, ID e calibração do equipamento, hora inicial e final e esforço amostral.....	25
Tabela 2 –	Valores médios $\pm$ desv.pad (mín-máx) de pressão sonora (em dB re 1 $\mu$ Pa) nos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para cada dia de coleta na Boia 5.....	33
Tabela 3 –	Valores médios $\pm$ desv.pad (mín-máx) de pressão sonora (em dB re 1 $\mu$ Pa) nos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para cada dia de coleta na Laje do Machado.....	59
Tabela 4 –	Resultados do teste U de Mann-Whitney entre os dois pontos de coleta para os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz e temperatura d'agua.....	73
Tabela 5 –	Resultados do teste de comparação Mann-Whitney entre os dois pontos de coleta para os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz e temperatura d'agua durante o período do dia.....	76
Tabela 6 –	Resultados do teste de comparação Mann-Whitney entre a Boia 5 e a Laje do Machado para os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz e temperatura d'agua durante o período da noite.....	79
Tabela 7 –	Resultados do teste de comparação Mann-Whitney, na Boia 5, para os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz e temperatura d'agua durante os períodos do dia e da noite.....	82
Tabela 8 –	Resultados do teste de comparação Mann-Whitney, na Laje do Machado, para os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz e temperatura d'agua durante os períodos do dia e da noite.....	85
Tabela 9 –	Resultados do teste de comparação Mann-Whitney entre a Boia 5 e a Laje do Machado para os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz e temperatura d'agua durante a maré enchente.....	88
Tabela 10 –	Resultados do teste de comparação Mann-Whitney entre a Boia 5 e a Laje do Machado para os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz e temperatura d'agua durante a maré vazante.....	91

Tabela 11 – Resultados do teste de comparação Mann-Whitney, na Boia 5, para os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz e temperatura d'agua durante as marés enchente e vazante.....	94
Tabela 12 – Resultados do teste de comparação Mann-Whitney, no Laje do Machado, para os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz e temperatura d'agua durante as marés enchente e vazante.....	97

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
BG	Baía de Guanabara
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
LTSA	<i>Long Term Spectral Average</i> (Média Espectral de Longa Duração)
TOL	<i>Third Octave Levels</i> (Níveis de Um Terço de Oitava)
UC	Unidade de Conservação

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	18
1	<b>OBJETIVOS</b> .....	20
1.1	<b>Objetivo Principal</b> .....	20
1.2	<b>Objetivos Específicos</b> .....	20
2	<b>METODOLOGIA</b> .....	21
2.1	<b>Área de estudo</b> .....	21
2.2	<b>Coleta de dados</b> .....	23
2.3	<b>Análise de dados</b> .....	28
2.4	<b>Análises estatísticas</b> .....	31
3	<b>RESULTADOS</b> .....	33
3.1	<b>Perfil Sonoro</b> .....	33
3.1.1	<u>Boia 5</u> .....	32
3.1.2	<u>Laje do Machado</u> .....	59
3.2	<b>Testes comparativos entre os pontos de coleta</b>	73
4	<b>DISCUSSÃO</b> .....	100
	<b>CONCLUSÕES</b> .....	105
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	107

## INTRODUÇÃO

Os oceanos representam grande parte dos mais variados sistemas biológicos do planeta Terra e o monitoramento da diversidade dos ecossistemas é de extrema importância para a preservação dos mesmos, devido à constante expansão das atividades humanas. Ao longo dos anos houve um notável avanço no ramo de pesquisa de monitoramento acústico submarino (SLABBERKOORN *et al.*, 2010), que nos permite coletar dados de forma passiva e contínua por longos períodos de tempo, obtendo dados de qualquer período do dia e em qualquer condição de tempo (SOUZA-LIMA *et al.*, 2013).

O estudo acústico é de extrema importância para a compreensão de atividades que ocorrem no ambiente aquático, pois podemos estudar os efeitos e padrões sonoros de um determinado ambiente, gerando complexos arranjos de todos os diferentes sons presentes naquele ambiente, sendo de origem natural ou artificial (PIJANOWSKI *et al.*, 2011). Tal compilado de sons presentes representa a paisagem acústica, que cria uma assinatura acústica única e particular de um certo local, através da identificação dos sons registrados durante o período da coleta de dados (JESÚS *et al.*, 2019; PIERETTI *et al.*, 2015), sendo possível avaliar se os níveis de pressão sonora estão ocasionados por perturbações antrópicas ou se estão em suas condições naturais. Além disso, de acordo com Hildebrand (2009), a paisagem acústica marinha de uma determinada região também vai depender das características da água do local, pois à medida que o som se propaga para longe da fonte de emissão, a onda sonora é influenciada por fatores ambientais, como a temperatura e salinidade, de modo que a estratificação da coluna d'água pode influenciar na propagação dos sons na água (PAITACH, 2021; JENSEN, *et al.*, 2009, WARTZOK & KETTEN, 1999).

Os sons naturais representam os sons do ambiente, como ondas e ventos, e sons biológicos, proveniente da fauna marinha (HILDEBRAND, 2009), como peixes, crustáceos e cetáceos. De acordo com Pijanowski *et al.* (2011) o conjunto desses sons, sem a presença de ruídos artificiais, consiste na paisagem acústica original do ambiente. Os sons biológicos podem ser muito distintos, pois dependem da espécie emissora e do comportamento, como alimentação, comunicação e reprodução (CATO *et al.*, 2005). Os ruídos artificiais são provenientes de atividades antrópicas (humanas), sendo, nos ambientes aquáticos, geralmente representados pela presença de diversos tipos de embarcações, seja de pequeno, médio ou grande porte, obras, expedições sísmicas e sonares, explorações de óleo e gás (MERCHANT

*et al.*, 2015). Tais ruídos subaquáticos antropogênicos, que aumentam a cada dia, sobrepõem as frequências e intensidades dos sons naturais (BITTENCOURT, 2019), mascarando-os e, conseqüentemente, afetando a percepção dos animais em relação à comunicação e a localização de presas, principalmente no caso de mamíferos marinhos (TYACK, 2008), contribuindo para a poluição sonora.

A Baía de Guanabara (BG), localizada na região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil, é de grande importância econômica e apresenta uma grande biodiversidade (KJERFVE *et al.*, 1997), porém, ao longo dos anos vem sofrendo com os intensos impactos antrópicos e com o aumento de fontes poluidoras ao seu redor. Em razão da sua importância econômica, a ocorrência de diferentes tipos de embarcações tem aumentado, o que contribui cada vez mais para a poluição sonora. Portanto, há presença de leis e de locais delimitados com o objetivo de preservar e conservar as características ambientais e a biodiversidade do local, recuperar ecossistemas degradados, promover desenvolvimentos sustentáveis, entre outros fatores que contribuem para a preservação ambiental (RYLANDS & BRANDON, 2005), as Unidades de Conservação (UC).

Um dos pontos de coleta na área de estudo do presente projeto está localizada próximo à UC na porção nordeste da BG, a Área de Preservação Ambiental (APA) de Guapi-Mirim. No entanto, devido à forma eficiente que o som propaga sua energia pelo meio aquático (HILDEBRAND, 2009) e pelo fato das atividades antrópicas só tenderem a aumentar ao longo do tempo, por mais que a região da APA de Guapi-Mirim seja uma área de conservação ambiental, ela ainda está sujeita a sofrer influências negativas resultantes de ruídos sonoros antrópicos (BITTENCOURT *et al.*, 2020). Sendo assim, a região da APA de Guapi-Mirim é uma área importante para realizar estudos de ruídos submarinos, onde a caracterização da paisagem sonora da região nos permite investigar os sinais naturais e artificiais dominantes na região e monitorar a exposição e comportamento de animais marinhos aos ruídos antrópicos (TYACK, 2008), para então compreender que ações futuras poderão contribuir para melhor conservação do meio ambiente.

## **1 OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivo Principal**

- a) Caracterizar a paisagem acústica submarina da região da APA de Guapi-Mirim, Baía de Guanabara (RJ).

### **1.2 Objetivos Específicos**

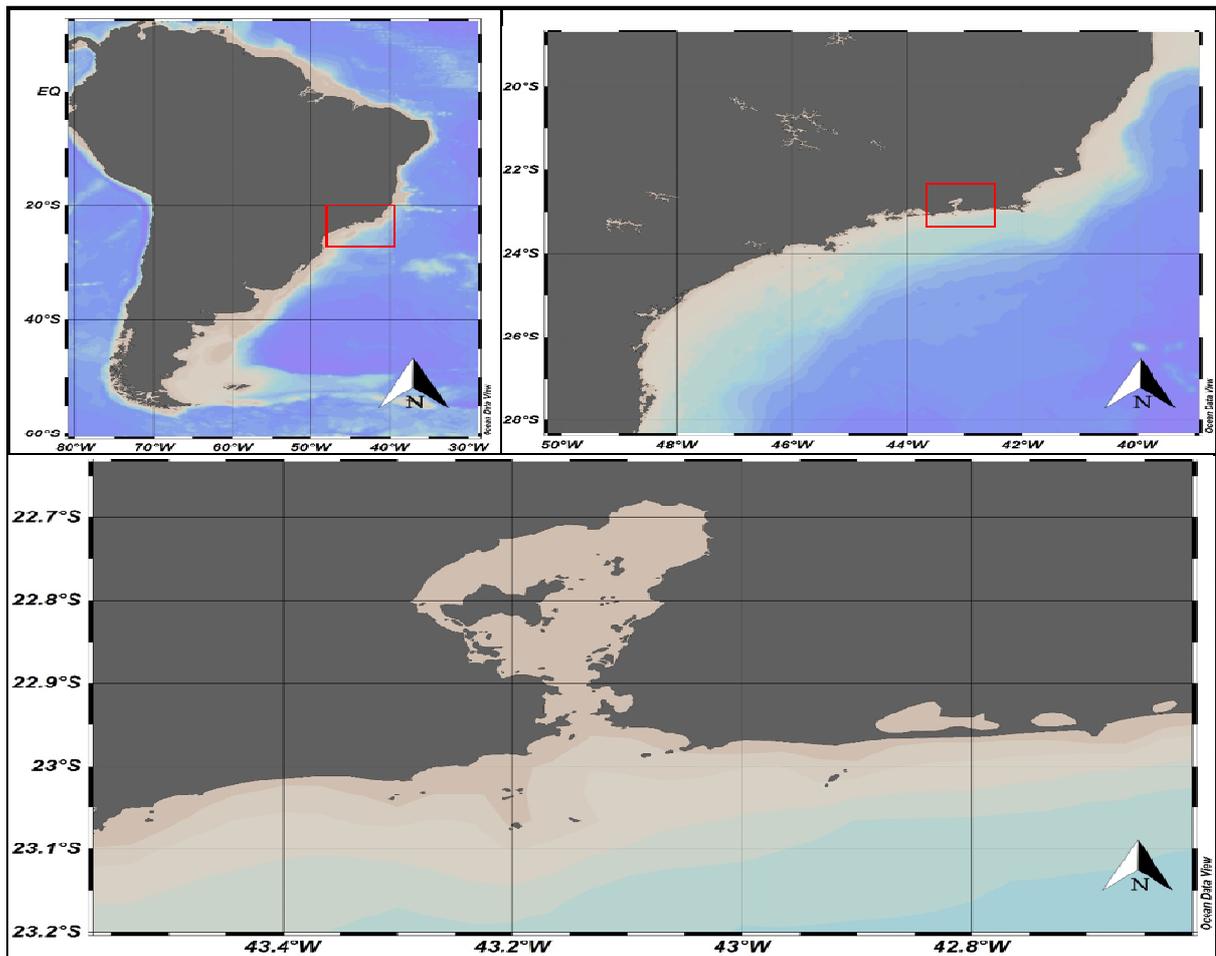
- a) Determinar os níveis de intensidade sonora na região da APA de Guapi-Mirim e da Laje do Machado.
- b) Descrever as fontes sonoras naturais e antrópicas presentes na área de estudo de acordo com sua frequência e intensidade.
- c) Investigar a variabilidade diária da paisagem acústica da APA de Guapi-Mirim e da Laje do Machado.
- d) Comparar os perfis sonoros da APA de Guapi-Mirim e da Laje do Machado.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo

A BG é um corpo d'água semifechado localizado na região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil, com profundidade média de aproximadamente 5,7 metros (Fig. 1). No entanto, em sua entrada, apresenta um canal central que contrasta com a baixa batimetria média do conjunto, com profundidade de aproximadamente 30 metros (KJERFVE *et al.*, 1997) e com isso, como o padrão de circulação estuarino da BG é fortemente influenciado pela ação das marés e ventos vindos de SW, resultando em enormes volumes de água fluindo pela baía através de seu canal principal a cada fluxo de maré.

Figura 1 – Mapa demonstrando a posição geográfica da área de estudo.



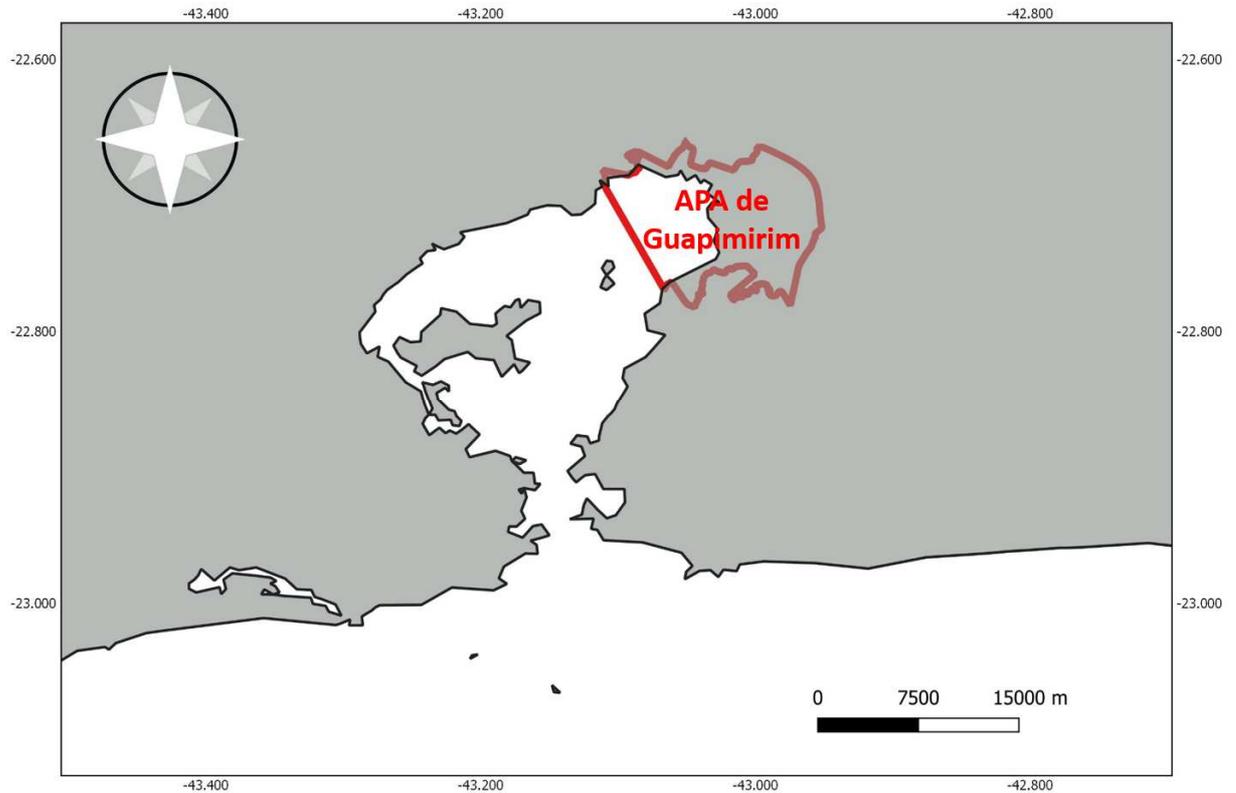
Fonte: A autora, 2023.

A canalização das correntes d'água resulta em distribuições diferentes dos sedimentos, onde há deposição de sedimentos mais finos, como lama, mais no fundo da baía e de sedimentos mais grossos, como areia, na boca da baía. Esse melhor selecionamento granulométrico é evidenciado pelo extenso banco arenoso na forma de um delta de maré, na entrada da baía, que consiste numa importante feição e reflete a força hidrodinâmica da região.

Toda a hidrodinâmica local indica transporte de sedimentos e nutrientes para dentro da baía, fazendo com que a mesma seja de extrema importância para a sociedade ao seu redor e para os diferentes organismos que dependem de suas águas para sobrevivência. Apesar de sua grande importância econômica e enorme biodiversidade (KJERFVE *et al.*, 1997), ao longo dos anos vem sofrendo cada vez mais impactos provenientes de ações antrópicas. A BG apresenta ao seu redor uma grande quantidade de rios que desaguam nessa, trazendo com eles resíduos sólidos, esgoto doméstico não tratado e poluentes que comprometem a qualidade da água e, conseqüentemente, a vida dos animais que habitam nela.

A área de estudo se localiza nos pontos de coleta da Laje do Machado e na porção nordeste da BG, incluindo a APA de Guapi-Mirim (Fig. 2). Abrangendo uma área total de 138,25 km<sup>2</sup>, a APA de Guapi-Mirim é uma UC de caráter de uso sustentável, ou seja, é uma área destinada ao desenvolvimento sustentável, onde são permitidas algumas atividades econômicas, assegurando a qualidade de vida da população. Portanto, por ser uma unidade de conservação dentro de uma baía que apresenta influências de perturbações sonoras, a região da APA de Guapi-Mirim ainda está sujeita a sofrer influências negativas resultantes de ruídos sonoros antrópicos que ocorrem ao redor de toda a BG.

Figura 2 – Imagem da Baía de Guanabara (RJ) demonstrando a área total da APA de Guapimirim (polígono vermelho).

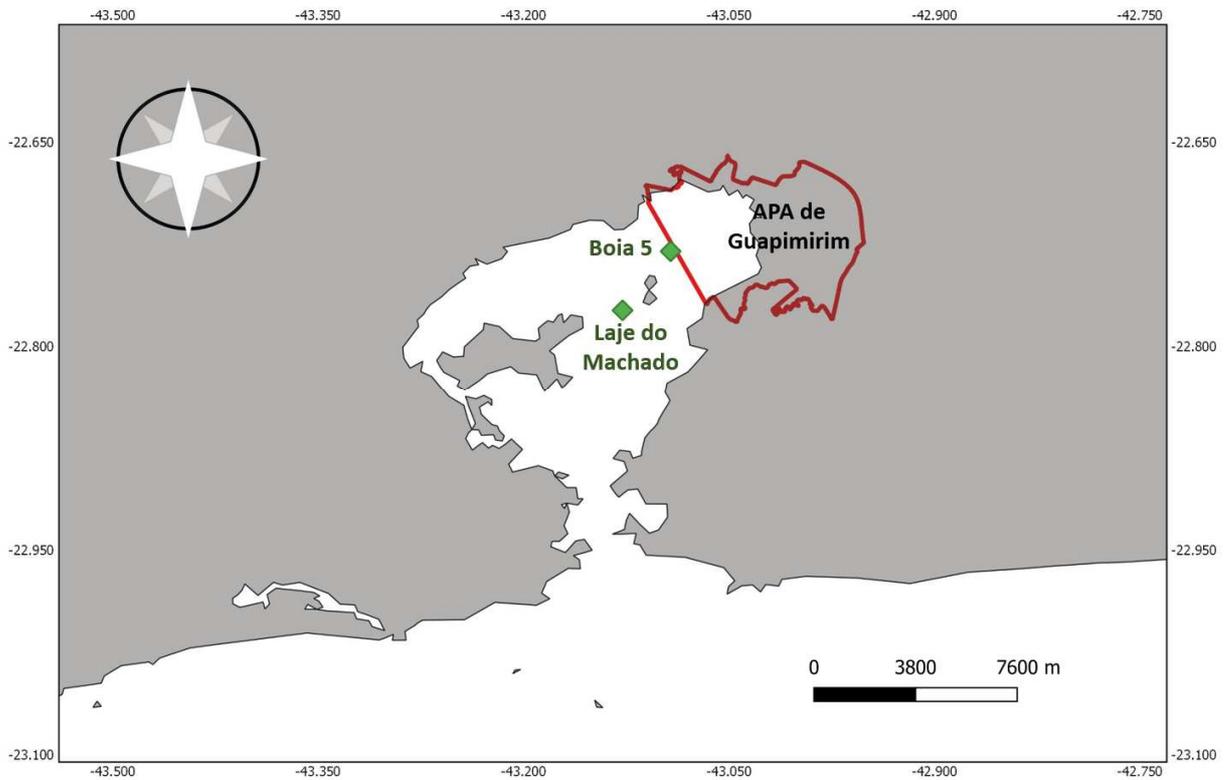


Fonte: A autora, 2023.

## 2.2 Coleta de dados

As coletas de dados acústicos foram realizadas em dois pontos na BG, um na região da Boia 5, próximo à APA de Guapi-Mirim, e outro na Laje do Machado. O ponto da Laje do Machado se encontra em uma região menos protegida na BG, à aproximadamente 6 km da Boia 5 .

Figura 3 – Imagem da Baía de Guanabara (RJ) mostrando os pontos de coleta, na Boia 5 e na Laje do Machado (losangos verdes) e área da APA de Guapimirim (polígono vermelho).



Fonte: A autora, 2023.

As amostragens foram realizadas entre os anos de 2021 e 2022 cobrindo dias distintos durante as diferentes estações do ano. No ano de 2021, a coleta de dados foi realizada em apenas um dia de cada estação e apenas no ponto da Boia 5. Já em 2022, foram coletados dados nos dois pontos de coleta, em todas as estações do ano, tendo pelo menos duas coletas por estação (Tabela 1). Portanto, 360 horas foram gravadas no total, sendo 240 horas de gravação na Boia 5 e 120 horas na Laje do Machado.

Para a coleta de dados acústicos foram utilizados amostradores acústicos autônomos diferentes, um de modelo *Snap* (Loggerhead Instruments) e outros DSG437664 e DSG437666, com hidrofones HTI-96-MIN. A taxa de amostragem de 96 kHz e ganho de 18 dB foi configurada em ambos os amostradores, sendo a única diferença entre eles a sensibilidade de cada um, variando entre -161,9 dB e -168 dB. O equipamento utilizado na coleta foi posicionado a aproximadamente 2 m de profundidade e programado para realizar gravações contínuas de 24 horas, gravando de forma contínua em arquivos *.wav* de cinco minutos de duração em um cartão de memória, garantindo um ciclo de amostragem de 100%.

Junto ao amostradores acústicos, foi acoplado um sensor autônomo de temperatura, modelo HOBO MX2203 (*Onset Computer Corporation*), para coletar a temperatura da água fazendo registros de temperatura a intervalos de uma hora. Além disso, para verificar a influências das fases da maré, foram consultadas as tábuas de maré da Ilha Fiscal disponibilizadas pela DHN.

Tabela 1 – Informações sobre a coleta de dados: data de lançamento e de recuperação, ano, estação, local de coleta, ID e calibração do equipamento, hora inicial e final e esforço amostral.

<b>Data de Lançamento</b>	<b>Data de Recuperação</b>	<b>Ano</b>	<b>Estação</b>	<b>Local</b>	<b>ID do Equipamento / Calibração End-to-end</b>	<b>Hora Inicial</b>	<b>Hora Final</b>	<b>Esforço Amostral (Horas)</b>
17/09/2021	18/09/2021	2021	Inverno	Boia 5	Snap 13 / -161.9	16:47:02	17:12:18	24
24/11/2021	25/11/2021	2021	Primavera	Boia 5	Snap 13 /-161.9	12:58:15	13:08:38	24
17/01/2022	18/01/2022	2022	Verão	Boia 5	Snap 13 /-161.9	11:05:01	12:10:22	24
23/02/2022	24/02/2022	2022	Verão	Boia 5	Snap 13 / -161.9	11:46:06	12:16:18	24
23/02/2022	24/02/2022	2022	Verão	Laje do Machado	Snap 12 / -162	10:40:02	11:25:29	24
07/03/2022	08/03/2022	2022	Verão	Boia 5	Snap 13 / -161.9	10:59:15	11:09:28	24
07/03/2022	08/03/2022	2022	Verão	Laje do Machado	Snap 12 / -162	10:06:25	10:31:38	24
25/04/2022	26/04/2022	2022	Outono	Boia 5	DSG437664 / -167	11:10:02	11:20:02	24

Tabela 1 continuação – Informações sobre a coleta de dados: data de lançamento e de recuperação, ano, estação, local de coleta, ID e calibração do equipamento, hora inicial e final e esforço amostral.

<b>Data de Lançamento</b>	<b>Data de Recuperação</b>	<b>Ano</b>	<b>Estação</b>	<b>Local</b>	<b>ID do Equipamento / Calibração End-to-end</b>	<b>Hora Inicial</b>	<b>Hora Final</b>	<b>Esforço Amostral (Horas)</b>
23/05/2022	24/05/2022	2022	Outono	Boia 5	DSG437664 / -167.7	12:01:02	11:56:02	24
04/07/2022	05/07/2022	2022	Inverno	Boia 5	Snap 12 / -162	11:58:34	12:09:22	24
04/07/2022	05/07/2022	2022	Inverno	Laje do Machado	DSG437664 / -167.7	12:35:02	13:20:02	24
01/08/2022	02/08/2022	2022	Inverno	Boia 5	DSG437666 / -167.7	10:55:02	12:15:02	24
01/08/2022	02/08/2022	2022	Inverno	Laje do Machado	DSG437664 / -167.7	10:45:02	12:05:02	24
27/09/2022	28/07/2022	2022	Primavera	Boia 5	DSG437664 / -168	10:30:02	11:10:02	24

Tabela 1 continuação – Informações sobre a coleta de dados: data de lançamento e de recuperação, ano, estação, local de coleta, ID e calibração do equipamento, hora inicial e final e esforço amostral.

<b>Data de Lançamento</b>	<b>Data de Recuperação</b>	<b>Ano</b>	<b>Estação</b>	<b>Local</b>	<b>ID do Equipamento / Calibração End-to-end</b>	<b>Hora Inicial</b>	<b>Hora Final</b>	<b>Esforço Amostral (Horas)</b>
27/09/2022	28/07/2022	2022	Primavera	Laje do Machado	DSG437666 / -167.7	10:40:02	11:55:02	24
							<b>Total:</b>	<b>360</b>

Fonte: A autora, 2023.

### 2.3 Análise de dados

As análises dos sinais sonoros, foram conduzidas através dos softwares *PAMGuide* e *Raven Pro 1.6*. O cálculo da pressão sonora foi realizado pelo *PAMGuide*, em base *Matlab*, utilizando as configurações de análise janela tipo *Hann*, sobreposição de 50%, calibração do equipamento do tipo *End-to-End* e um *Chunk Size* de 115 segundos, para um processamento mais eficiente. A análise utilizada foi de tipo TOL (*Third Octave Level*), que calcula e fornece níveis únicos de pressão sonora para cada banda de frequência de um terço de oitava (BITTENCOURT, 2019), também gerando gráficos de nível de pressão sonora (Perfil de TOL) e de média espectral de longa duração (LTSA).

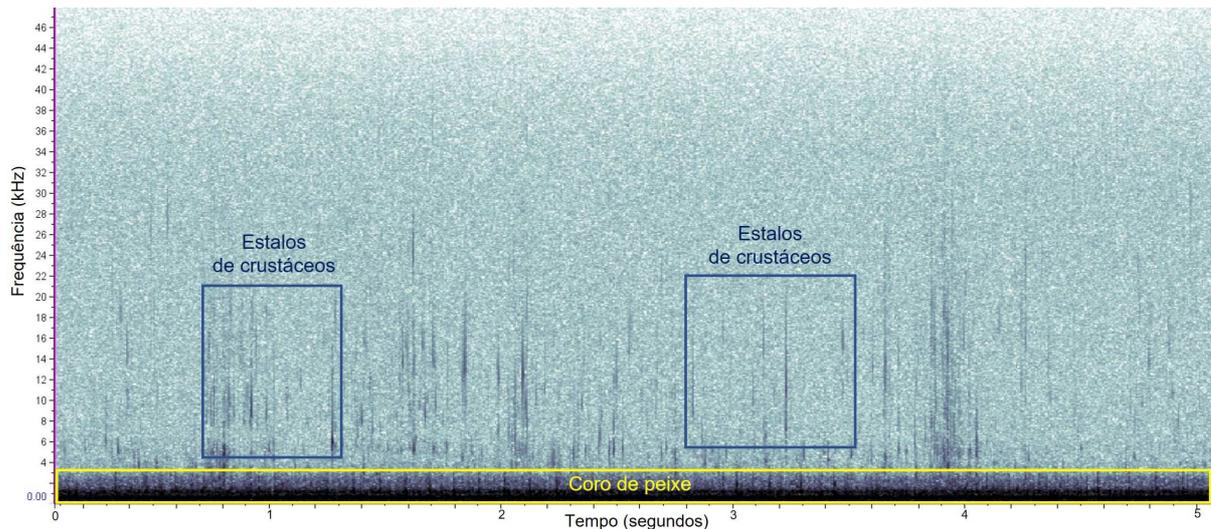
A análise foi aplicada para cada arquivo de 5 minutos para obter as variações de pressão sonora horárias e diárias para todos os períodos de amostragem. Os valores de pressão sonora foram calculados para todas as bandas de frequências, porém foram selecionadas quatro bandas de terços de oitava para análises estatísticas: 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz, devido à essas bandas de frequência serem mais facilmente monitoradas e serem as recomendadas para análise de sinais biológicos (AU, 1998; FUIMAN, 2002; RADFORD *et al.*, 2008). Também foram analisados os parâmetros de mínimo, máximo, mediana e média, os quais são obtidos pelos percentis de 1%, 99%, 50% e RMS, respectivamente, porém, para este projeto, foram utilizados os valores do percentil de 50% por este ser o valor mais representativo da distribuição dos dados.

Além disso, com a análise dos gráficos LTSA, foi estabelecido um critério de forma arbitrária para escolher as horas que seriam analisadas no *Raven Pro 1.6*, a fim de monitorar os momentos de maior variação de pressão sonora ao longo do dia, sendo selecionados momentos que apresentaram elevação dos valores de nível de pressão sonora a partir de 120 dB re 1 $\mu$ PA. Pelo menos 2 arquivos de cada hora de gravação foram separados para inspeção manual. Através do *Raven Pro 1.6*, os espectrogramas dos arquivos das horas selecionadas para análise foram inspecionados visualmente, de forma manual, com as configurações de janela *Hann*, com 50% de sobreposição, uma FFT de 2400 pontos e janela de frequência até 48 kHz.

Para a análise de sons biológicos é importante lembrar que podem ocupar faixas de frequências muito distintas dependendo da espécie emissora. Os sons que estão presentes, em todas as horas de gravação, na área de estudo são os com característica de pulsos de curta duração (Fig. 4). Em geral, os sons que ocupam faixas de frequência de 70 Hz a 2 kHz podem ser classificados como sons emitidos por peixes, que podem aparecer de forma individual ou

sobreposta, sendo esta indicando os coros de peixes. Os sons em forma de pulso entre as faixas de 3 kHz a 20 kHz foi classificado como sendo proveniente de crustáceos, os estalos de camarão.

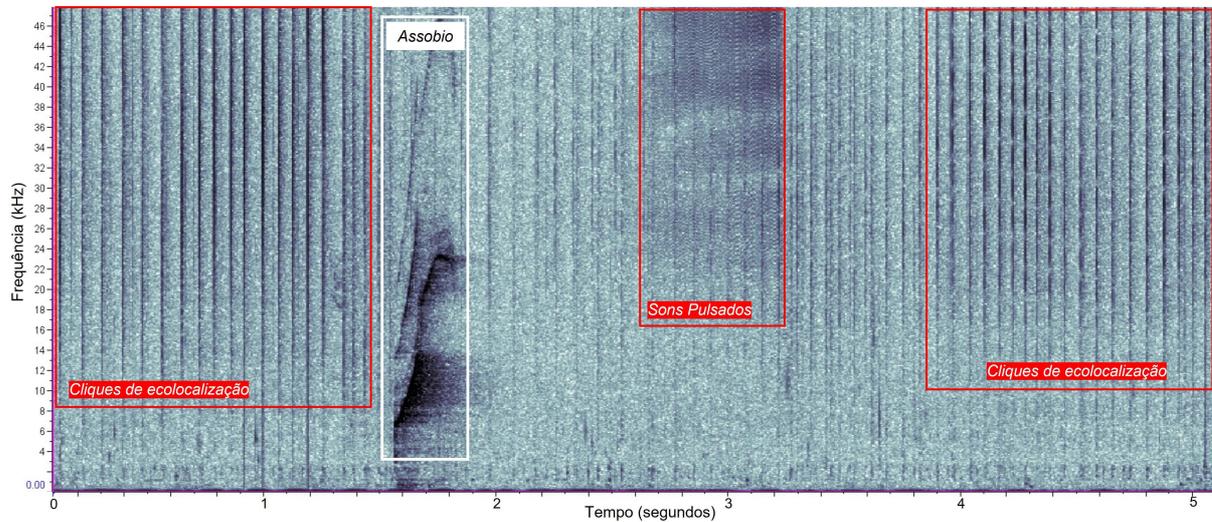
Figura 4 – Espectrograma demonstrando os coros de peixes (retângulo amarelo) e estalos de crustáceos (retângulos azuis).



Fonte: A autora, 2023.

Outra espécie que contribui para a paisagem acústica original e é muito presente na área de estudo é o boto-cinza (*Sotalia guianensis*) (ANDRADE, 2014; AZEVEDO *et al.*, 2007). Estes cetáceos emitem sons diferentes dependendo da atividade, tendo em seu repertório sons tonais e sons pulsados (Fig. 5). Os sons tonais são emitidos de forma contínua e ocupam faixas mais estreitas de frequência (ANDRADE *et al.*, 2015) e são usados principalmente para comunicação entre os indivíduos. Sons tonais emitidos entre frequências desde 1 kHz até o máximo de 66 kHz, registrado por Andrade *et al.* (2015), foram classificados como assobios do boto-cinza. Os pulsos são os cliques de ecolocalização e os sons pulsados explosivos, diferenciados pelo intervalo entre cliques e a amplitude do sinal, são utilizados para forrageio e navegação; e comunicação social quando os indivíduos estão mais próximos um dos outros (BARBOSA *et al.*, 2021; ANDRADE *et al.*, 2014; ANDRADE *et al.*, 2017). Os sons pulsados podem ocupar frequências entre 20 kHz e 100 kHz, podendo aparecer em forma de curtos pulsos individuais emitidos em sequência, classificando os cliques de ecolocalização, ou de forma estrutural harmônica (BARBOSA, *et al.*, 2021), classificando os sons pulsados explosivos.

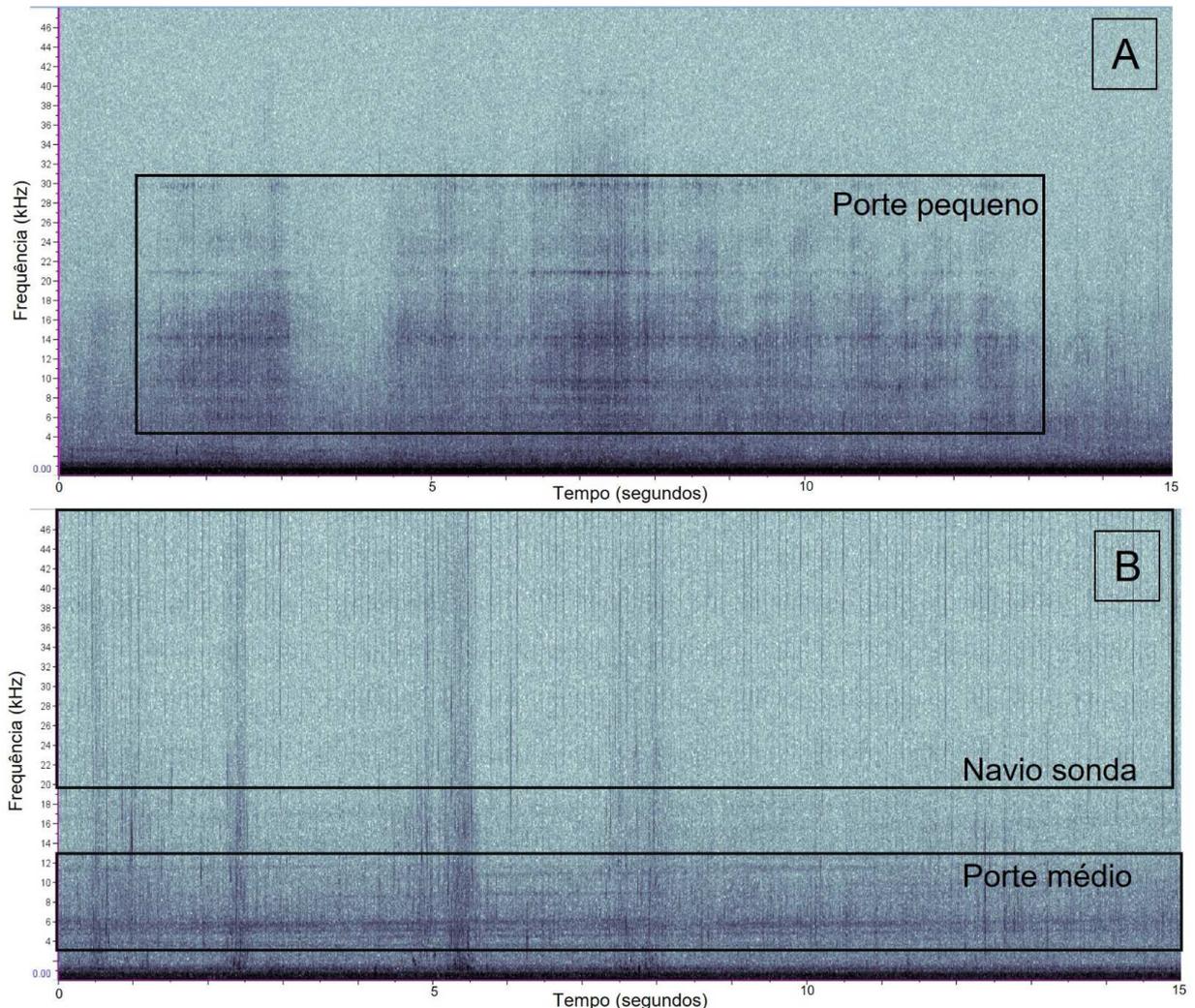
Figura 5 – Espectrograma demonstrando os sons tonais (retângulo branco) e pulsantes (retângulos vermelhos) emitidos pelos botos-cinza.



Fonte: A autora, 2023.

Os sons antrópicos representam as atividades humanas e, dependendo da atividade, podem ocupar diferentes faixas de frequência e estarem presentes em horários diferentes do dia, porém todos os ruídos antrópicos apresentam longa duração, podendo chegar de muitos minutos até horas. Os ruídos encontrados que ocupam frequências de 4 kHz a 30 kHz foram classificados como sons provenientes de embarcações de porte pequeno, entre 70 Hz e 13 kHz como de porte médio e ruídos que podem ocupar frequências de toda a paisagem acústica, acima de 48 kHz, como sendo proveniente de embarcações de grande porte. Na figura 6 podemos observar como os diferentes tipos de embarcações pequeno (Fig. 6A), médio e grande porte (Fig. 6B) são visualizados nos espectrogramas.

Figura 6 – Espectrograma demonstrando os sons antrópicos de embarcações; A) porte pequeno; B) portes médio e grande.



Fonte: A autora, 2023.

## 2.4 Análises estatísticas

As análises estatísticas deste estudo foram realizadas através do software *Statistica 7*. Inicialmente, os dados de pressão sonora passaram por análises descritivas para obtermos valores de média, desvio padrão, mediana, mínimo e máximo em relação aos valores de pressão sonora encontrados para cada frequência. Também foi possível a confecção de box-plots, com o intuito de verificar a distribuição dos dados, analisando o centro (média e mediana) e a amplitude dos dados (máximo e mínimo), para melhor caracterização e análise dos dados.

Uma vez não encontrada distribuição normal dos dados, através do teste *Kolmogorov-Smirnov* (K-S), testes não-paramétricos foram aplicados posteriormente. A análise não paramétrica aplicada foi o Teste U de *Mann-Whitney* para os valores de SPL de ambas as localidades, considerando diferenças significativas as com  $p < 0,05$ . Os dados foram organizados de formas diferentes. Primeiro, para comparar os dois pontos de coleta, foram utilizados apenas os dias de amostragem em que houve coleta simultânea, e depois, para gerar resultados para cada ponto, foram utilizados todos os dias de amostragem de cada ponto. Além disso, com o objetivo de refinar ainda mais a análise de comparação dos resultados para cada localidade, também foram comparadas em horas claras e horas escuras (dia e noite).

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Perfil Sonoro

No total foram registradas 360 horas de gravações acústicas em 10 dias de coleta, sendo 240 horas de gravação na região da Boia 5 e 120 horas no Laje do Machado. Nos tópicos a seguir, serão apresentados os resultados para ambos os pontos de coleta para que possamos comparar os perfis sonoros encontrados para cada um.

##### 3.1.1 Boia 5

A tabela 2 mostra os valores de pressão sonora para cada banda de frequência selecionada em cada dia de coleta no ponto de coleta dentro da APA de Guapi-Mirim (Boia 5).

Tabela 2 – Valores médios  $\pm$  desv.pad (mín-máx) de pressão sonora (em dB re 1  $\mu$ Pa) nos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para cada dia de coleta e valores médios gerais, na Boia 5.

Data	Estação	N	Banda de Frequência			
			63Hz	125Hz	1kHz	10kHz
17/09/2021	Inverno	294	86,2 $\pm$ 12,7 (77,4-147,5)	85,9 $\pm$ 11,2 (73,5-134,1)	84,2 $\pm$ 9,0 (69,5-123,8)	80,3 $\pm$ 3,9 (75,4-89,3)
24/11/2021	Primavera	291	76,3 $\pm$ 9,1 (52,3-96,4)	76 $\pm$ 11,7 (49,7-115,3)	80,7 $\pm$ 12,6 (47,9-109,3)	73,4 $\pm$ 9,2 (50,2-87,5)
17/01/2022		287	80,8 $\pm$ 2,8 (77,3-91,4)	77,2 $\pm$ 3,3 (72,6-84,4)	81,9 $\pm$ 8,1 (68,5-116,4)	79,4 $\pm$ 2,4 (76,0-90,9)
23/02/2022	Verão	291	79,7 $\pm$ 3,0 (77,1-91,7)	76,4 $\pm$ 3,8 (72,6-86,1)	81,9 $\pm$ 11,2 (67,5-104,5)	79,8 $\pm$ 3,3 (73,4-91,2)

Tabela 2 continuação – Valores médios médios  $\pm$  desv.pad (mín-máx) de pressão sonora (em dB re 1  $\mu$ Pa) nos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para cada dia de coleta na Boia 5.

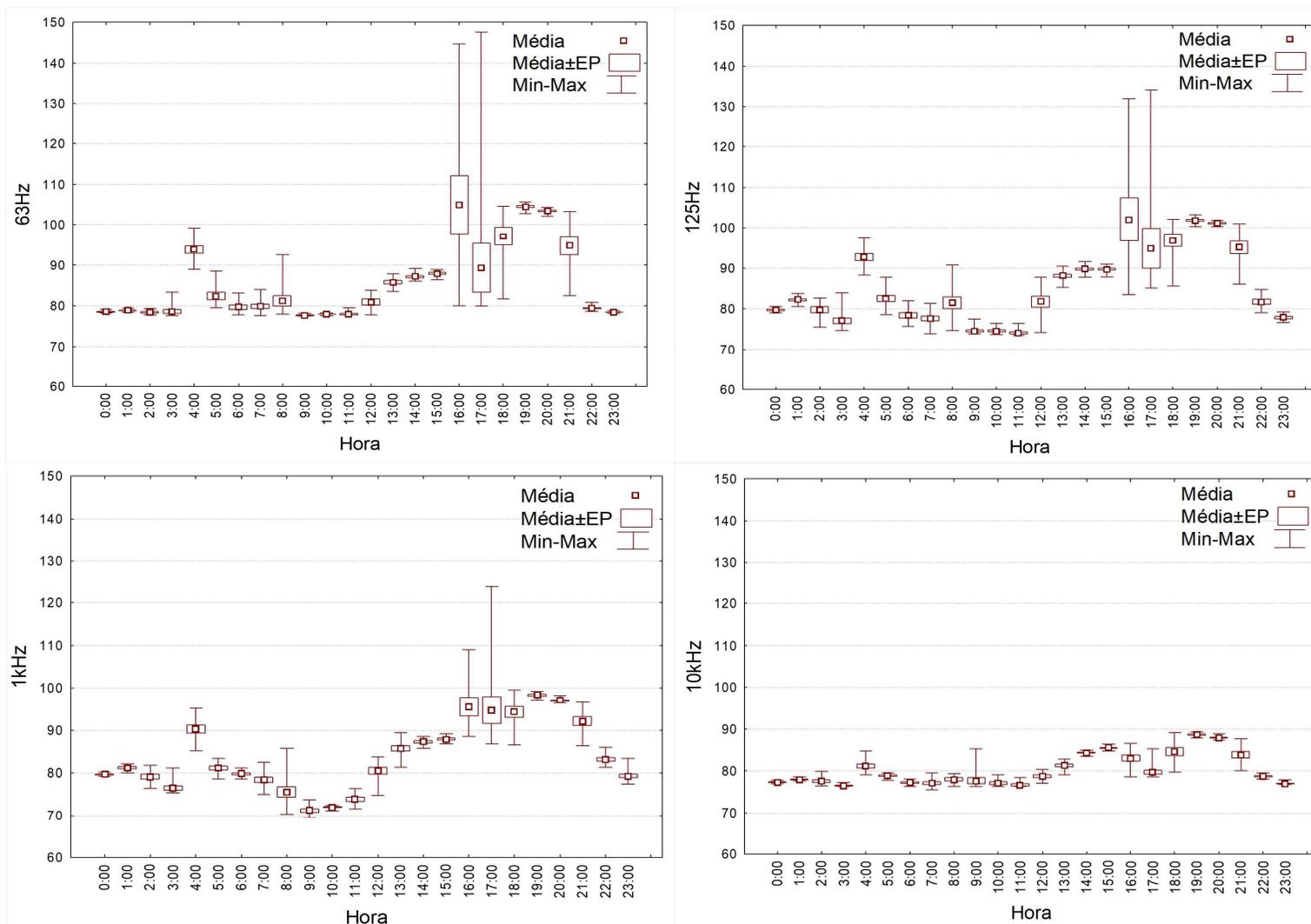
Data	Estação	N	Banda de Frequência			
			63Hz	125Hz	1kHz	10kHz
07/03/2022		288	81,0 $\pm$ 3,2 (77,3-106,7)	80,2 $\pm$ 7,9 (72,9-112,5)	85,8 $\pm$ 14,1 (67,7-114,8)	78,2 $\pm$ 2,4 (74,4-94,2)
25/04/2022	Outono	286	89,9 $\pm$ 2,9 (84,6-97,1)	86,9 $\pm$ 2,8 (83,9-101,0)	85,0 $\pm$ 11,1 (73,0-112,5)	78,2 $\pm$ 5,7 (70,3-94,6)
23/05/2022		288	86,8 $\pm$ 1,1 (85,0-100,2)	84,1 $\pm$ 1,4 (82,3-95,4)	85,4 $\pm$ 4,4 (78,8-103,7)	80,5 $\pm$ 5,5 (70,6-97,9)
04/07/2022	Inverno	288	80,7 $\pm$ 3,3 (75,5-101,2)	75,8 $\pm$ 3,1 (70,9-94,4)	78,0 $\pm$ 4,7 (71,2-90,3)	81,5 $\pm$ 2,6 (79,3-92,0)
01/08/2022		204	78,9 $\pm$ 1,3 (77,5-84,3)	75,5 $\pm$ 2,4 (72,8-80,8)	76,1 $\pm$ 5,1 (68,9-86,6)	72,9 $\pm$ 5,4 (65,9-83,9)
27/09/2022	Primavera	287	87,0 $\pm$ 2,6 (83,7-94,5)	84,8 $\pm$ 3,2 (80,2-96,6)	84,4 $\pm$ 5,9 (74,8-99,1)	78,1 $\pm$ 5,2 (70,1-91,3)
<b>Total</b>		2804	82,8 $\pm$ 7,0 (52,3-147,5)	80,4 $\pm$ 7,7 (49,7-134,1)	82,5 $\pm$ 9,8 (47,9-123,8)	78,4 $\pm$ 5,6 (50,2-97,9)

Fonte: A autora, 2023.

Através da análise conjunta dos valores de pressão sonora, dos gráficos LTSA e dos *Box Plot* gerados para cada dia, foi possível notar que diversas fontes sonoras contribuíram para a paisagem acústica da região da APA de Guapi-Mirim. Além disso, a partir das análises dos gráficos LTSA foi possível visualizar os horários em que houve maiores níveis de pressão sonora para que pudéssemos analisar os espectrogramas no *software Raven* de tais horários de forma mais direta.

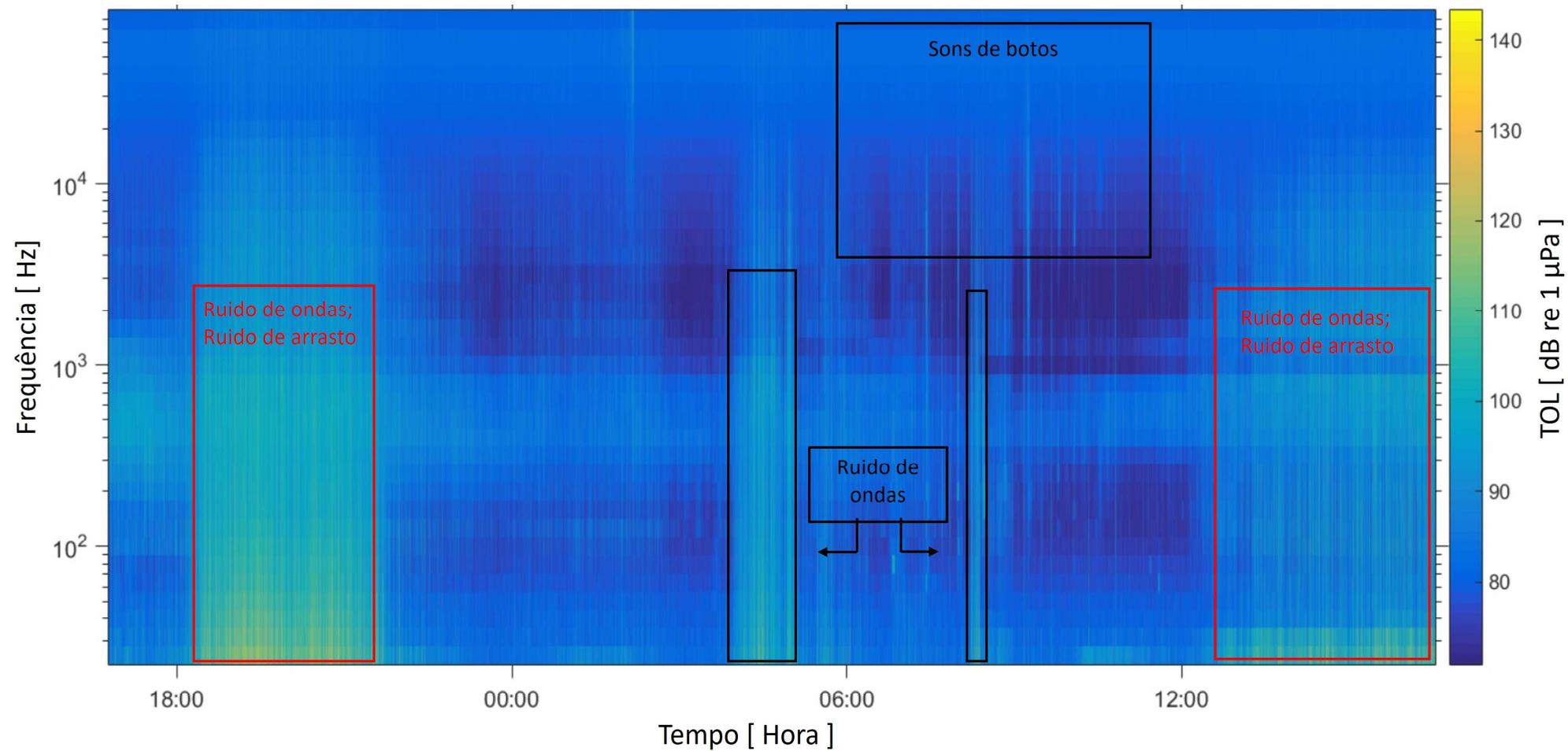
Em setembro de 2021, os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz e 1 kHz apresentaram maiores valores de pressão sonora entre 16:00 e 20:00 horas e às 04:00 horas, enquanto o terço de 10 kHz não apresentou grandes variações ao longo do dia, mas mostrou maiores valores de pressão sonora durante a noite, entre 19:00 e 20:00 horas (Fig. 7). A partir do espectrograma (Fig. 8), são observados valores elevados de pressão sonora tanto em frequências mais baixas quanto em mais altas, entre 20 Hz até 30 kHz, foram observados nos horários entre 18:00 e 22:00 horas, 04:00 e 05:00 horas e de 13:00 às 17:00 horas. Além disso, nota-se a presença de sons ocupando frequências de 2 kHz até 80 kHz a partir das 06:00 horas da manhã, indicando a presença de sons emitidos pelos botos-cinza.

Figura 7 – Box Plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em setembro de 2021 na região da Boia 5.



Fonte: A autora, 2023.

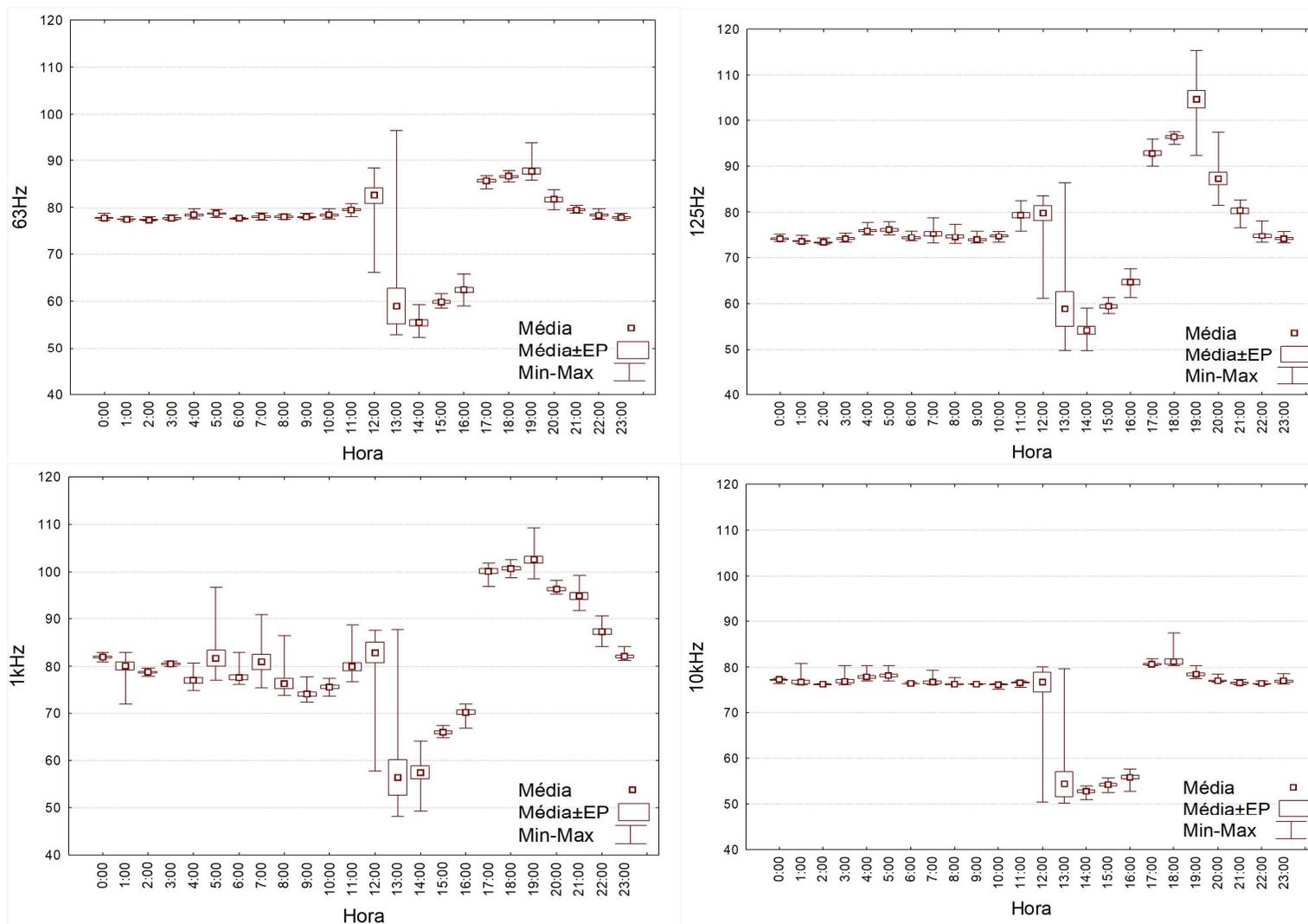
Figura 8 – Gráfico LTSA dos dados coletados em setembro de 2021 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam a origem antrópica.



Fonte: A autora, 2023.

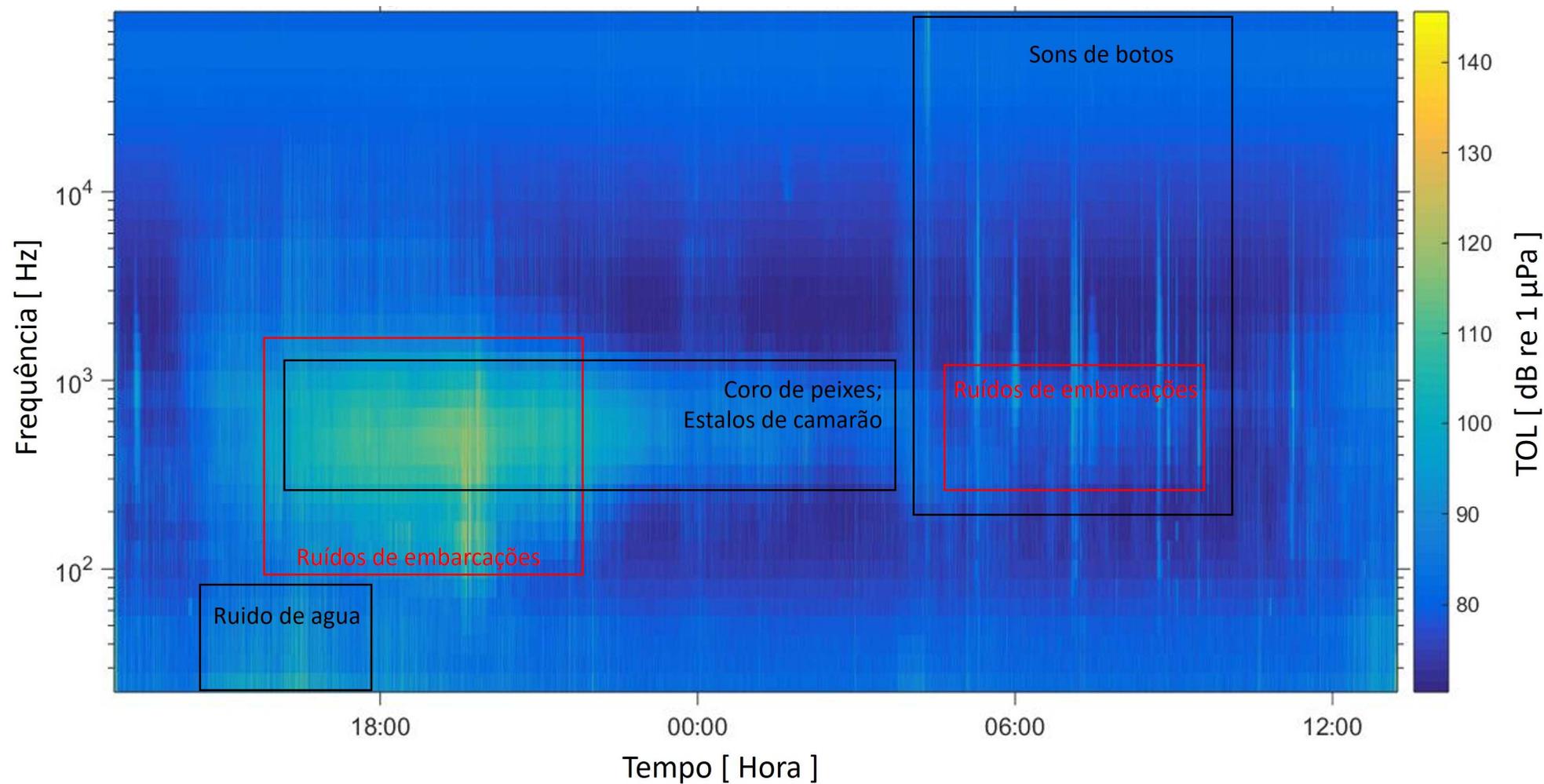
Em relação à coleta realizada em novembro de 2021, todos os terços de frequência analisados variaram de forma semelhante ao longo do dia, tendo os menores valores de pressão sonora entre 13:00 e 16:00 horas e os maiores entre 17:00 e 19:00 (Fig. 9). A partir da figura 10, é possível visualizar no espectrograma uma concentração de intensidade sonora entre as frequências de 100 Hz e 1 kHz entre 18:00 e 23:00 horas. Antes das 18:00 horas houve maiores concentrações de valores de pressão sonora em frequências de até 2 kHz, quando são observados coro de peixes, estalos de camarão e ruídos de embarcações. Os ruídos antrópicos se intensificaram entre 19:00 e 21:00 horas. O mesmo aconteceu a partir das 05:00 horas. Após às 21:00 horas, os ruídos provenientes de embarcações diminuíram e houve o aumento de sons de coro de peixes e estalos de camarão. Além disso, a partir das 04:00 horas houve maiores valores de pressão sonora em maiores bandas de frequências entre 10 kHz e 100 kHz, o que indica a presença de botos-cinza na região.

Figura 9 – Box Plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em novembro de 2021 na região da Boia 5.



Fonte: A autora, 2023.

Figura 10 – Gráfico LTSA dos dados coletados em novembro de 2021 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam a origem antrópica.

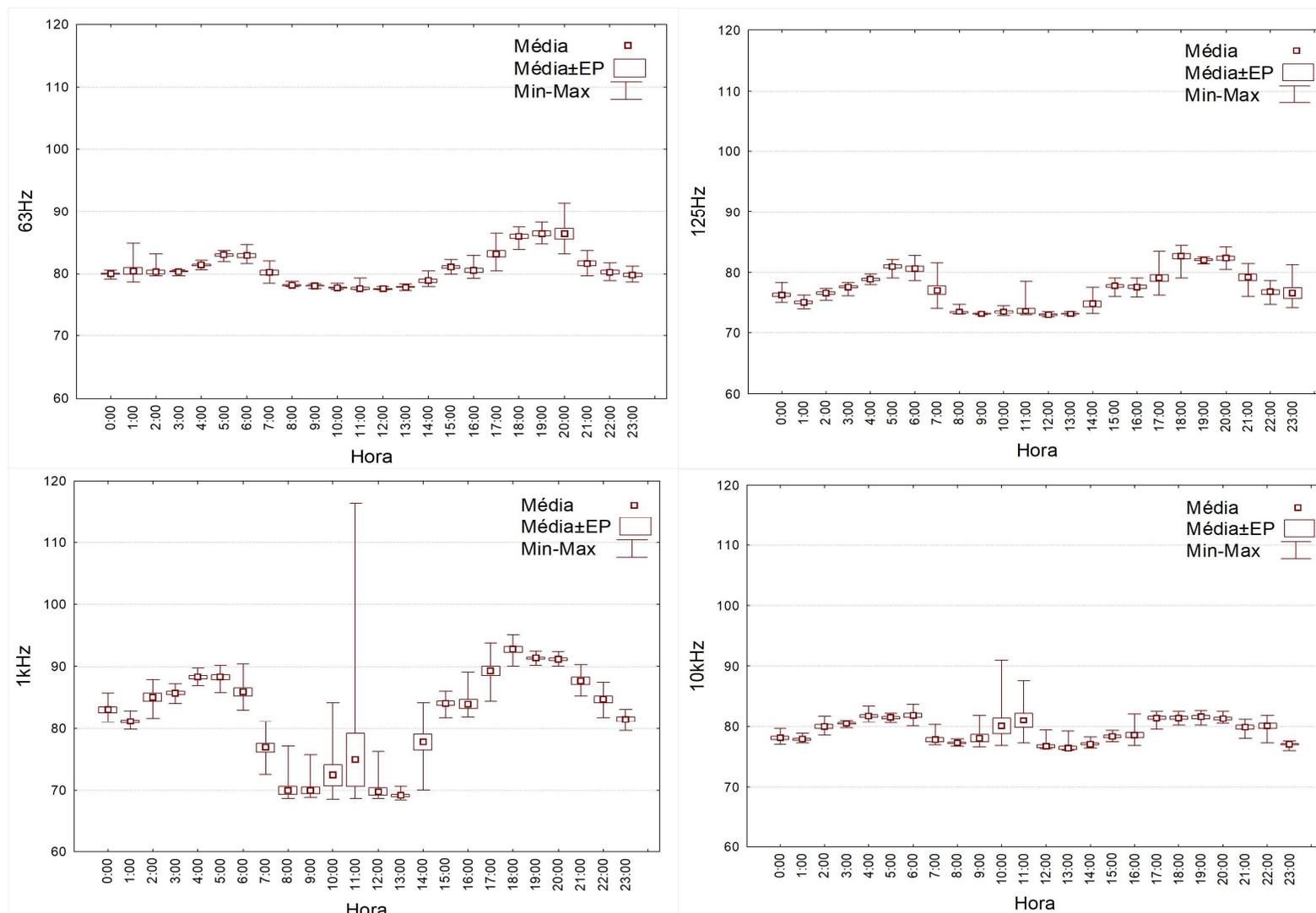


Fonte: A autora, 2023.

Em janeiro de 2022, em todos os terços de frequência analisados, os maiores valores de pressão sonora ocorreram durante o amanhecer e o anoitecer (Fig. 11). A partir da análise do espectrograma (Fig. 12) foi possível notar ruídos de ondas, de peixes e de crustáceos presentes durante quase toda gravação, ocupando bandas de frequência até 80 Hz e de 600 Hz até 2 kHz. Entre os horários de 15:00 e 21:00 horas e de 03:00 até 08:00 horas da manhã houve maiores intensidades sonoras nas bandas de frequência entre 200 Hz e 7 kHz, evidenciando a presença de embarcações. No entanto também foi possível observar a presença de botos-cinza, entre meia-noite e 04:00 horas e entre 07:00 e 09:00 horas, emitindo sons entre frequências de 6 kHz até 100 kHz.

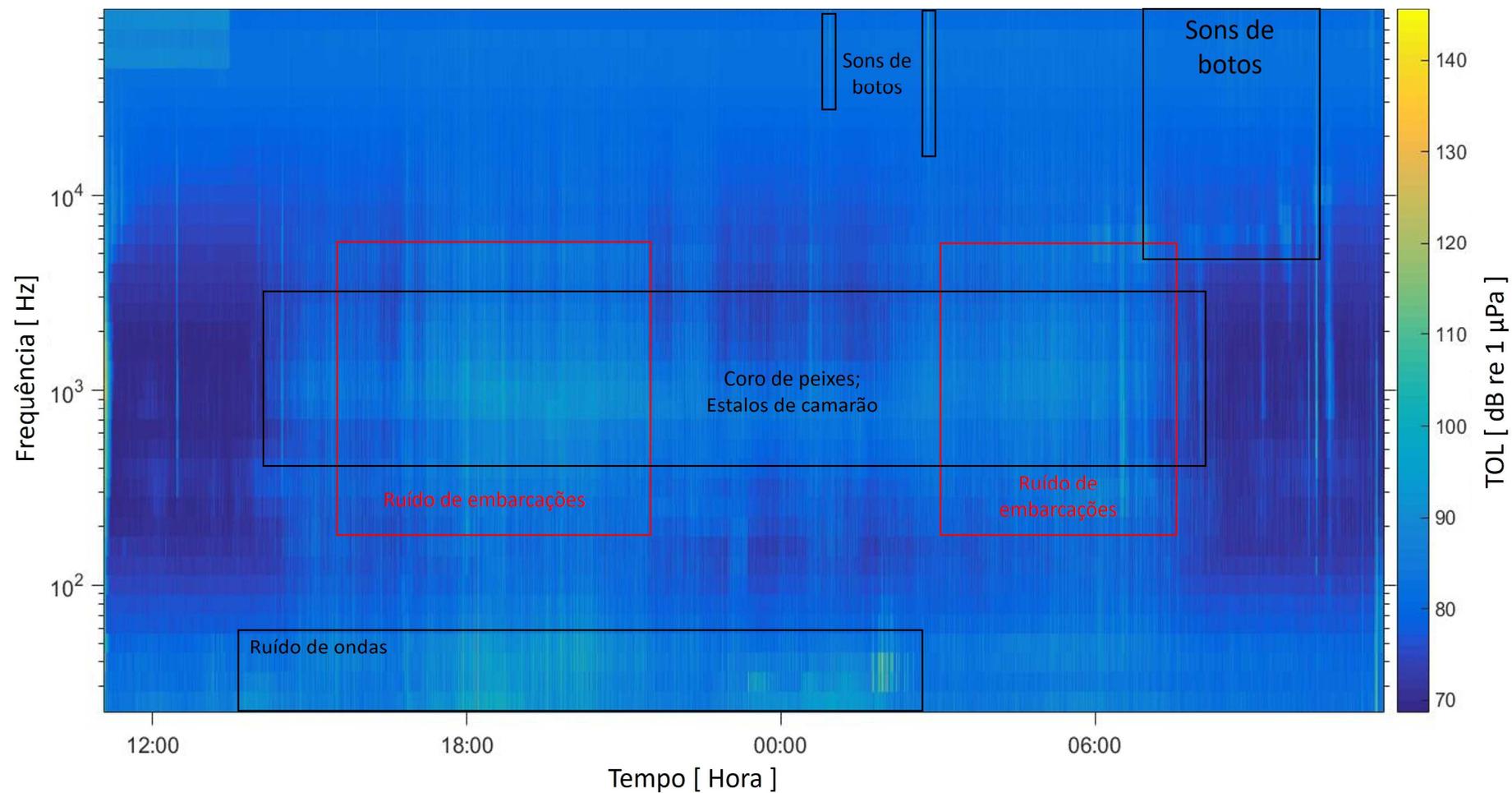
As gravações de fevereiro de 2022 mostraram maiores valores de pressão sonora entre os horários de 14:00 a 19:00 horas e menores valores durante o período da manhã (Fig. 13). A partir da figura 14, é possível observar maiores concentrações de pressão sonora, entre 14:00 e 21:00 horas, de meia noite até 05:00 horas e de 06:00 horas até o final da manhã. Entre os horários de 14:00 até 01:00 hora, houve sons em bandas de frequência de 200 Hz até 2 kHz, marcando a grande presença de peixes e crustáceos. No entanto, ocupando uma faixa semelhante de frequência, podendo variar de 100 Hz até 3 kHz, os ruídos de embarcações foram bem presentes principalmente entre os horários de 14:00 e 20:00 horas. Ademais, entre 12:00 e 13:00 horas e entre 06:00 e 09:00 horas, temos sons indicando a presença de botos-cinza, ocupando bandas de frequência desde 20 kHz até 100 kHz.

Figura 11 – Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em janeiro de 2022 na região da Boia 5.



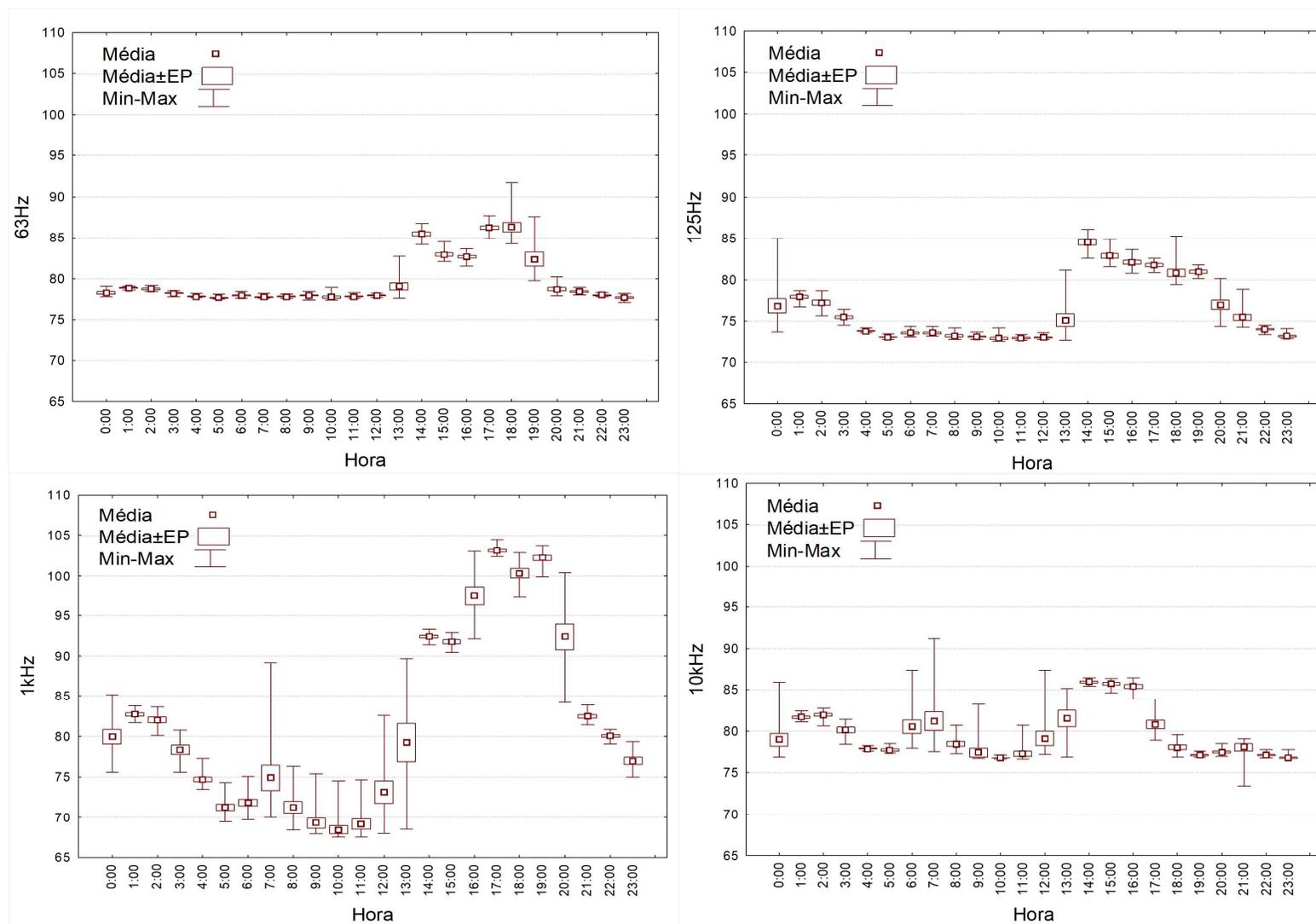
Fonte: A autora, 2023.

Figura 12 – Gráfico LTSA dos dados coletados em janeiro de 2022 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam a origem antrópica.



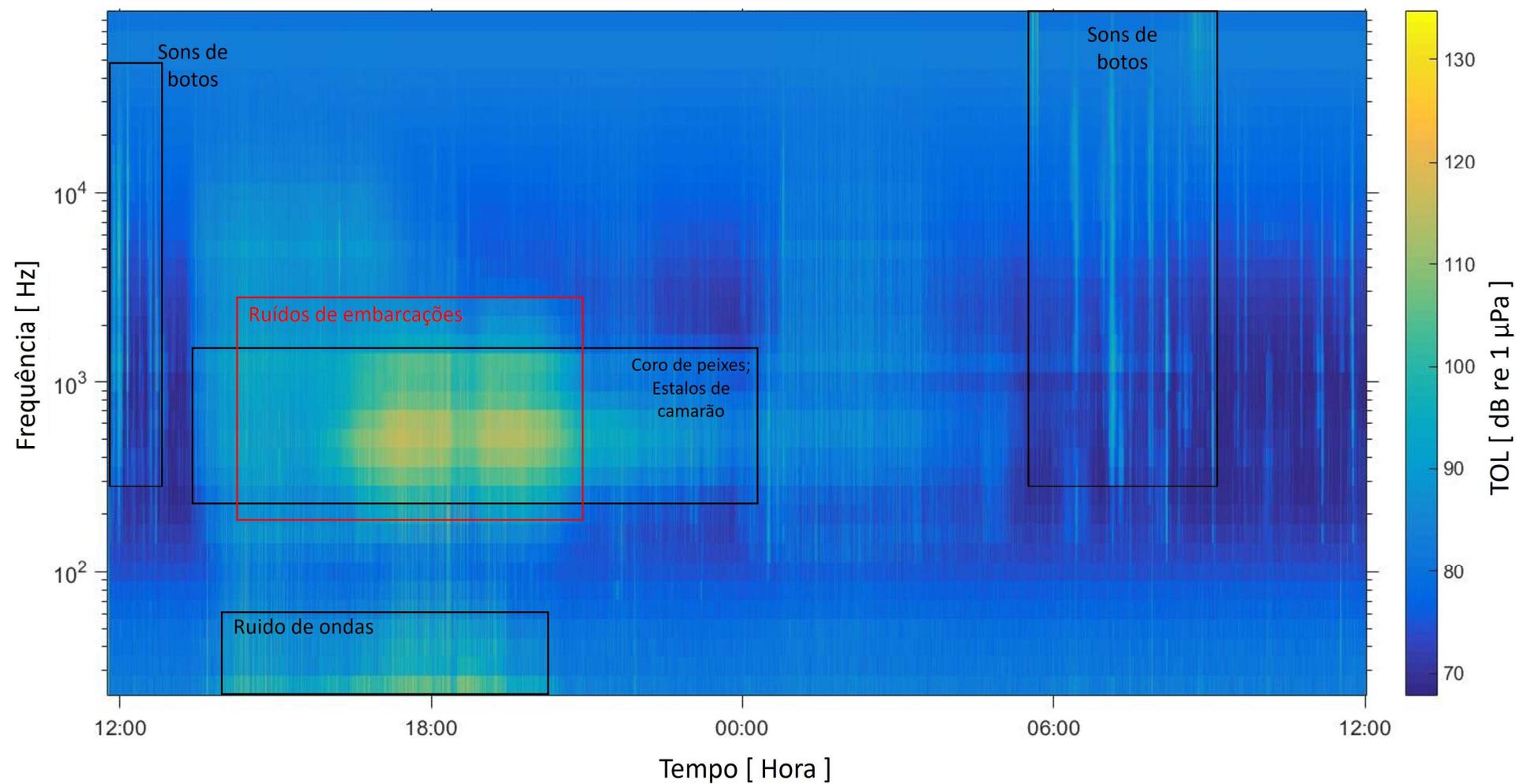
Fonte: A autora, 2023.

Figura 13 – Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em fevereiro de 2022 na região da Boia 5.



Fonte: A autora, 2023.

Figura 14 – Gráfico LTSA dos dados coletados em fevereiro de 2022 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam a origem antrópica.

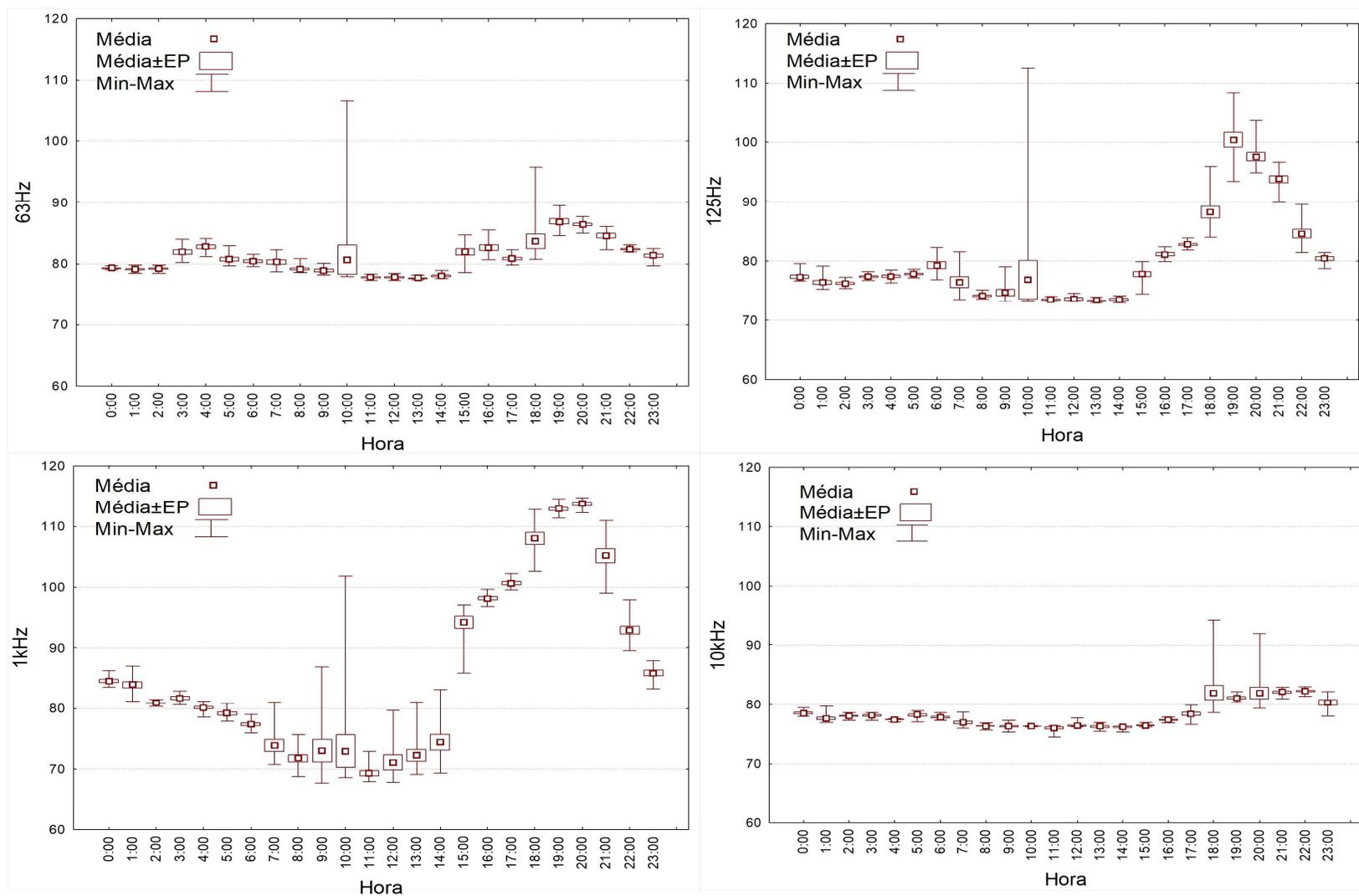


Fonte: A autora, 2023.

Em março de 2022, todos os terços de frequência analisados mostraram maiores valores de pressão sonora nas horas escuras, entre 18:00 e 22:00 horas (Fig. 15). No entanto, foram observadas variações mais expressivas nos terços de 125 Hz e 1 kHz, ultrapassando 100 dB re 1  $\mu$ Pa. Através da análise do espectograma (Fig. 16), nota-se que os ruídos mais presentes são os de coros de peixes e embarcações. Houve valores de intensidade sonora influenciados pelos sons emitidos pelos peixes, entre as frequências de 200 Hz e 1 kHz, principalmente durante entre 16:00 e 22:00 horas, e se manteve presente com menor intensidade até às 04:00 horas da manhã. Os ruídos das embarcações foram mais frequentes entre 18:00 e 21:00 horas, ocupando bandas de frequência entre 100 Hz e 3 kHz.

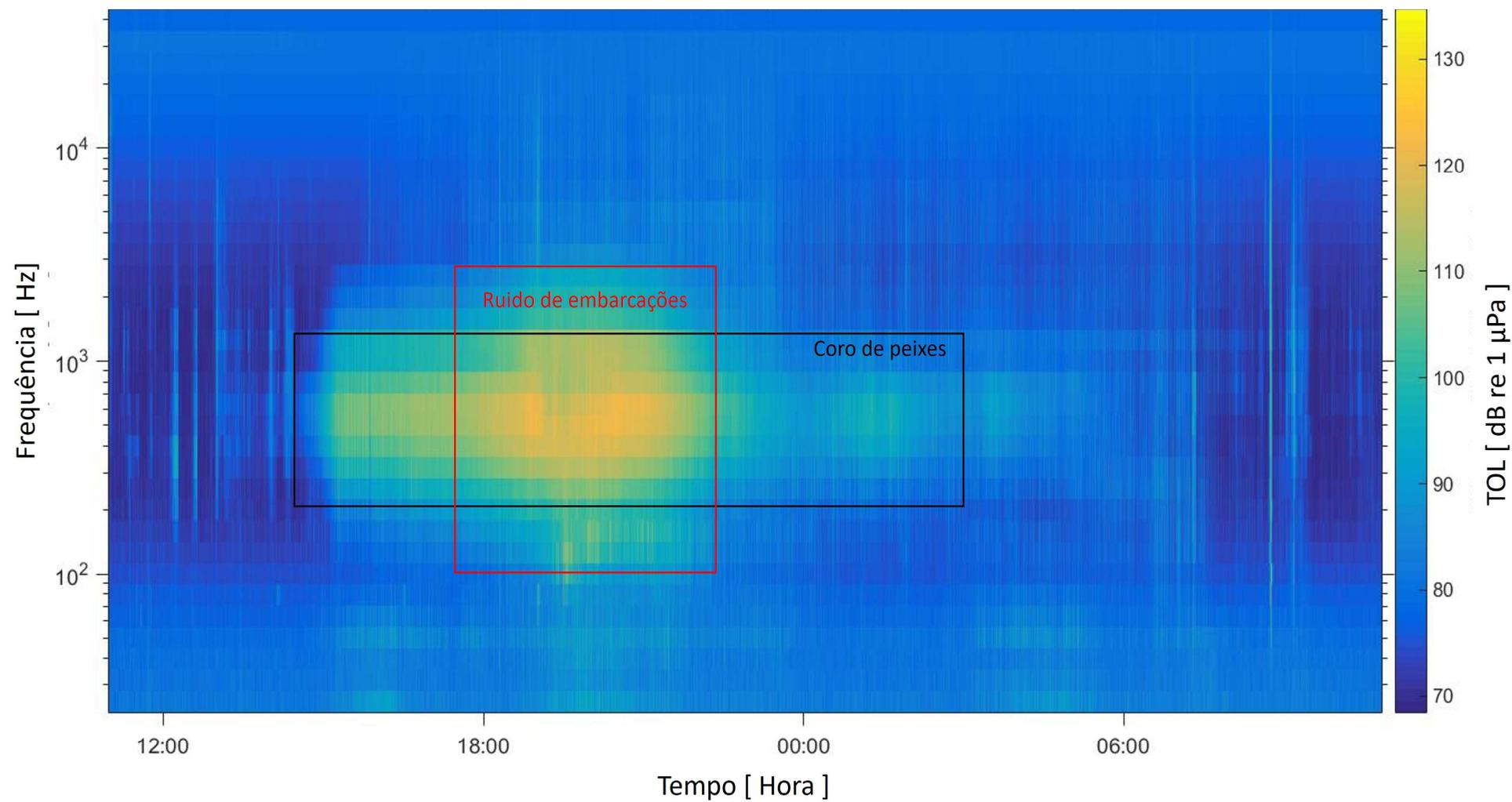
No mês de abril de 2022, os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz e 10 kHz mostraram valores de pressão sonora maior entre 03:00 e 10:00 horas, enquanto o terço de 1 kHz apresentou maiores valores entre 16:00 e 21:00 e menores valores no período da manhã (Fig. 17). As concentrações de maior pressão sonora ocorreram das 14:00 às 21:00 horas e a partir das 04:00 horas até o final da gravação, por volta das 11:00 horas (Fig. 18). Houve maior presença de coros de peixe durante os horários das 14:00 às 02:00 horas, ocupando bandas de frequência entre 300 Hz e 1 kHz, mesmo assim peixes e estalos de camarão se mostram presentes em todos os horários de gravação. Numa faixa de frequência semelhante, entre 200 Hz e 2 kHz houve alta intensidade de ruídos antrópicos, provenientes de embarcações, principalmente entre 16:00 e 22:00 horas. A partir das 03:00 horas os sons de peixes, crustáceos e embarcações também estiveram presentes, porém os sons que apresentaram maior intensidade foram os emitidos pelos botos-cinza, em bandas de frequência de 4 kHz a 100 kHz. Os ruídos de ondas foram registrados até 100 Hz. Além disso, também é possível observar a presença de botos-cinza entre 14:00 e 15:00 horas.

Figura 15 – Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em março de 2022 na região da Boia 5.



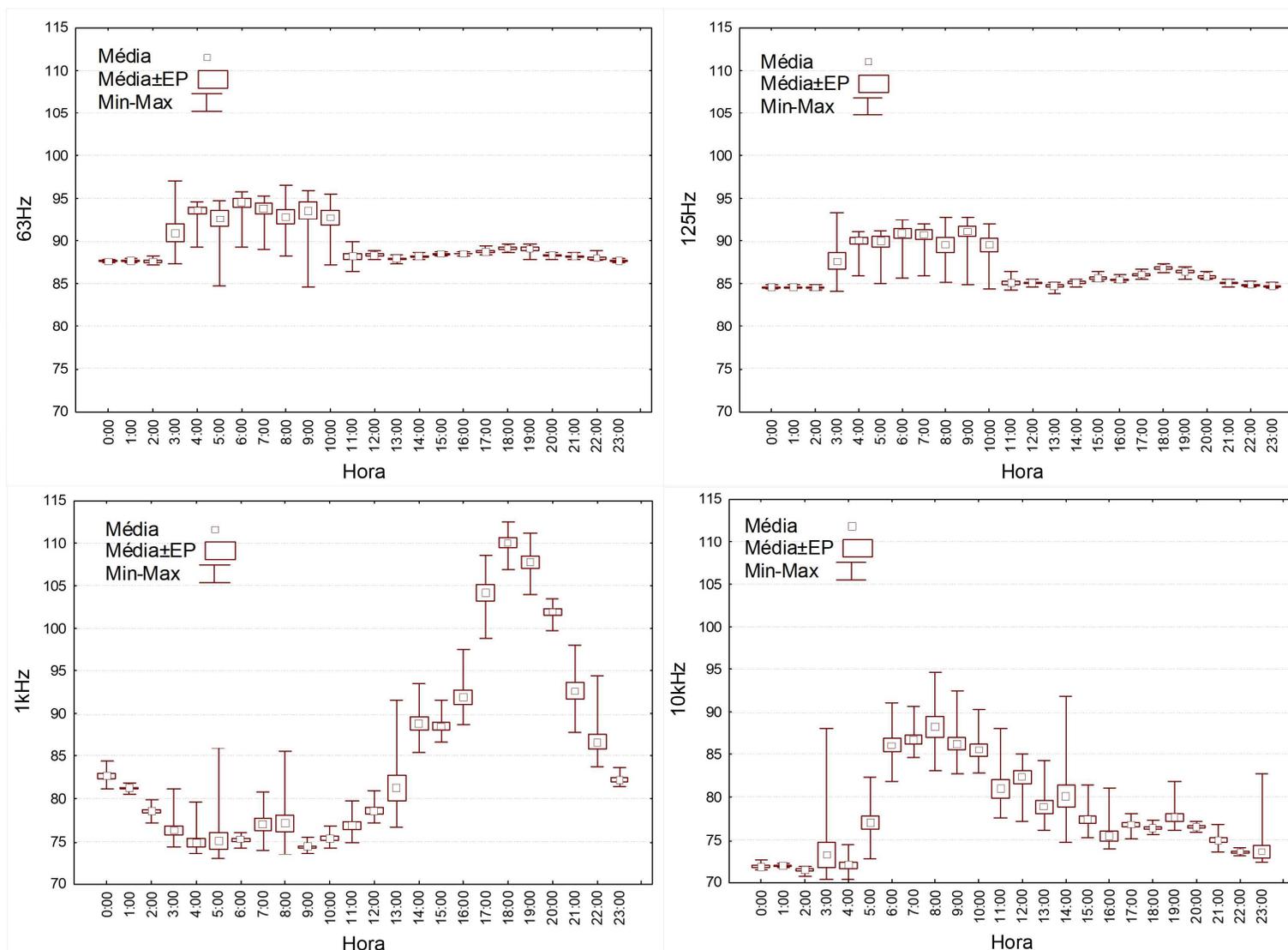
Fonte: A autora, 2023.

Figura 16 – Gráfico LTSA dos dados coletados em março de 2022 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam a origem antrópica.



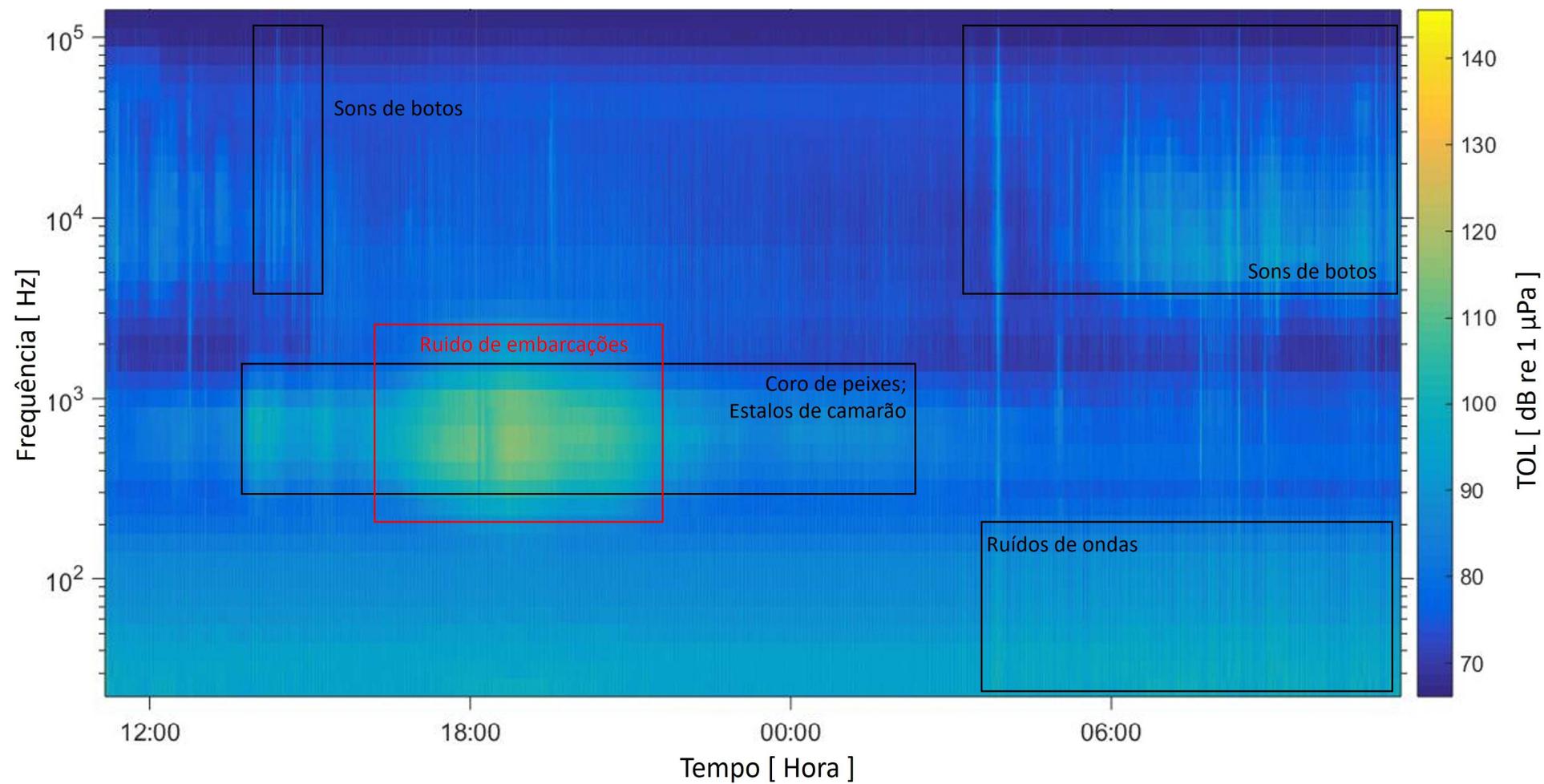
Fonte: A autora, 2023.

Figura 17 – Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em abril de 2022 na região da Boia 5.



Fonte: A autora, 2023.

Figura 18 – Gráfico LTSA dos dados coletados em abril de 2022 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam a origem antrópica.

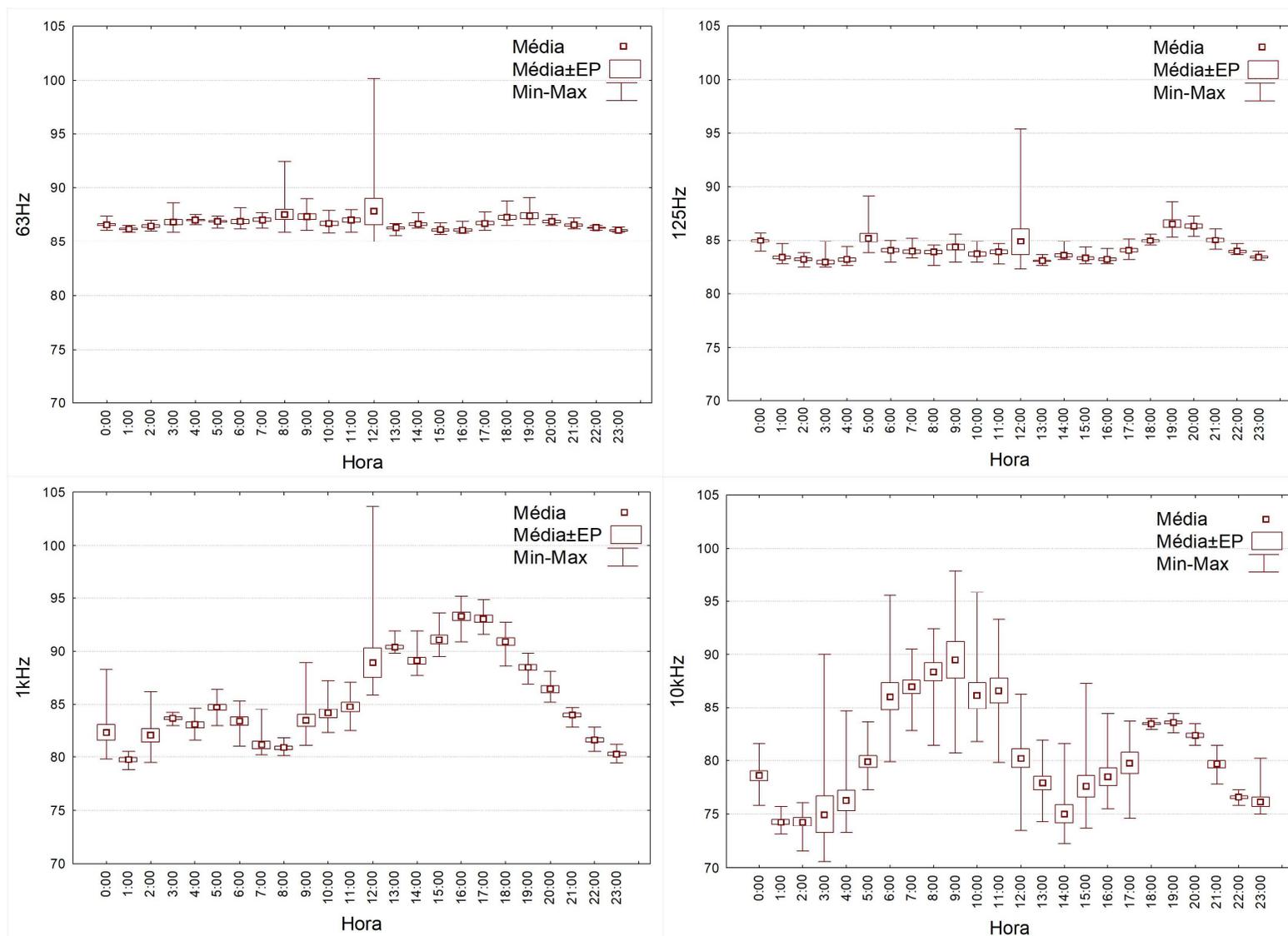


Fonte: A autora, 2023.

Em relação aos registros sonoros de maio de 2022, a partir da figura 19 nota-se que os terços de frequência de 63 Hz e 125 Hz não apresentaram grandes variações nos valores de pressão sonora ao longo do dia, ao contrário dos terços de 1 kHz, com maiores valores entre 15:00 e 18:00, e 10 kHz, com maiores valores entre 06:00 e 10:00 horas. Com o espectograma (Fig. 20), foi possível observar valores relativamente altos de pressão sonora durante todo o dia de coleta, distribuídos em bandas de frequências diferentes. Entre 13:00 e 21:00 horas e a partir de 03:00 horas houve valores mais altos em frequências de 200 Hz e 1 kHz, marcando a presença de coros de peixes e estalos de camarão. Também houve a maior incidência de ruídos antrópicos, em frequências de 200 Hz a 1 kHz, entre 16:00 e 21:00 horas e entre 04:00 e 08:00 horas. Além disso, entre a madrugada, mais especificamente às 00:00, 02:00 e 03:00 horas, e a partir das 06:00 horas temos sons em frequências altas, podendo variar entre 3 kHz e 100 kHz, indicando a presença de botos-cinza na região.

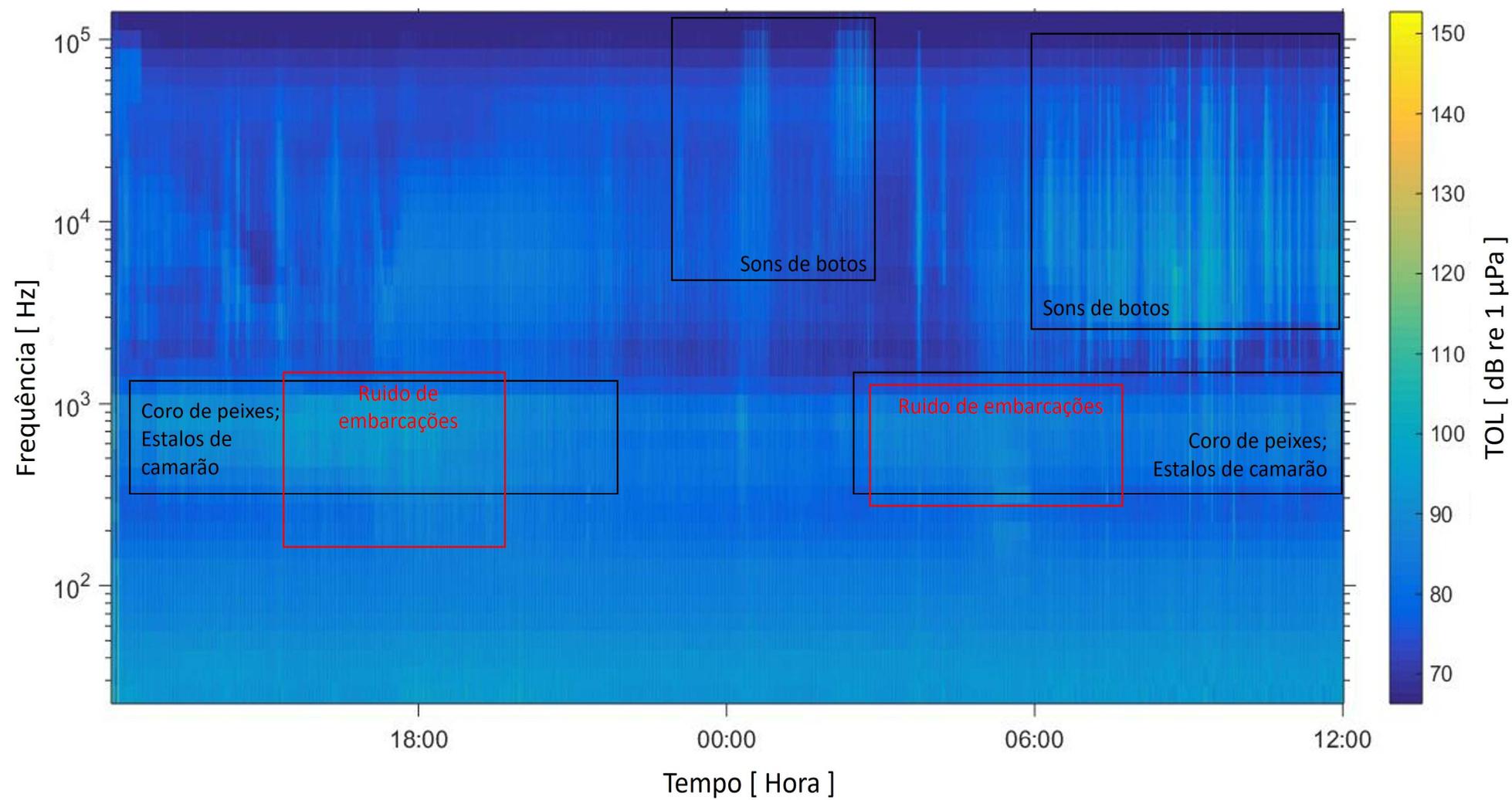
Os resultados da análise dos dados de julho de 2022 nos mostram maiores valores de pressão sonora entre os horários da tarde e menores valores durante a manhã nos terços de 63 Hz, 125 Hz e 1 kHz e no terço de 10 kHz os maiores valores se encontraram entre 07:00 e 08:00 e entre 12:00 e 13:00 horas (Fig. 21). Através do espectograma (Fig. 22) pôde-se observar que ruídos nas bandas de frequência entre 300 Hz e 2 kHz se mostram presentes durante todas as horas de gravação, principalmente pela presença de peixes (coros) e crustáceos (estalos de camarão). No entanto, há um aumento da intensidade sonora nos sons desses animais entre os horários de 15:00 a 20:00 horas e de 04:00 a 09:00 horas, o que coincide com a maior presença de embarcações de pequeno porte (possivelmente de pesca), principalmente entre 17:00 e 21:00 horas e entre 05:00 e 10:00 horas. Todavia, também é possível observar maiores intensidades sonoras em frequências mais altas, entre 13:00 e 14:00 horas e a partir das 05:00 horas, nas frequências de 5 kHz e 80 kHz, indicando a presença de sons de botos-cinza, emitindo assobios, cliques de ecolocalização e sons pulsantes.

Figura 19 – Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em maio de 2022 na região da Boia 5.



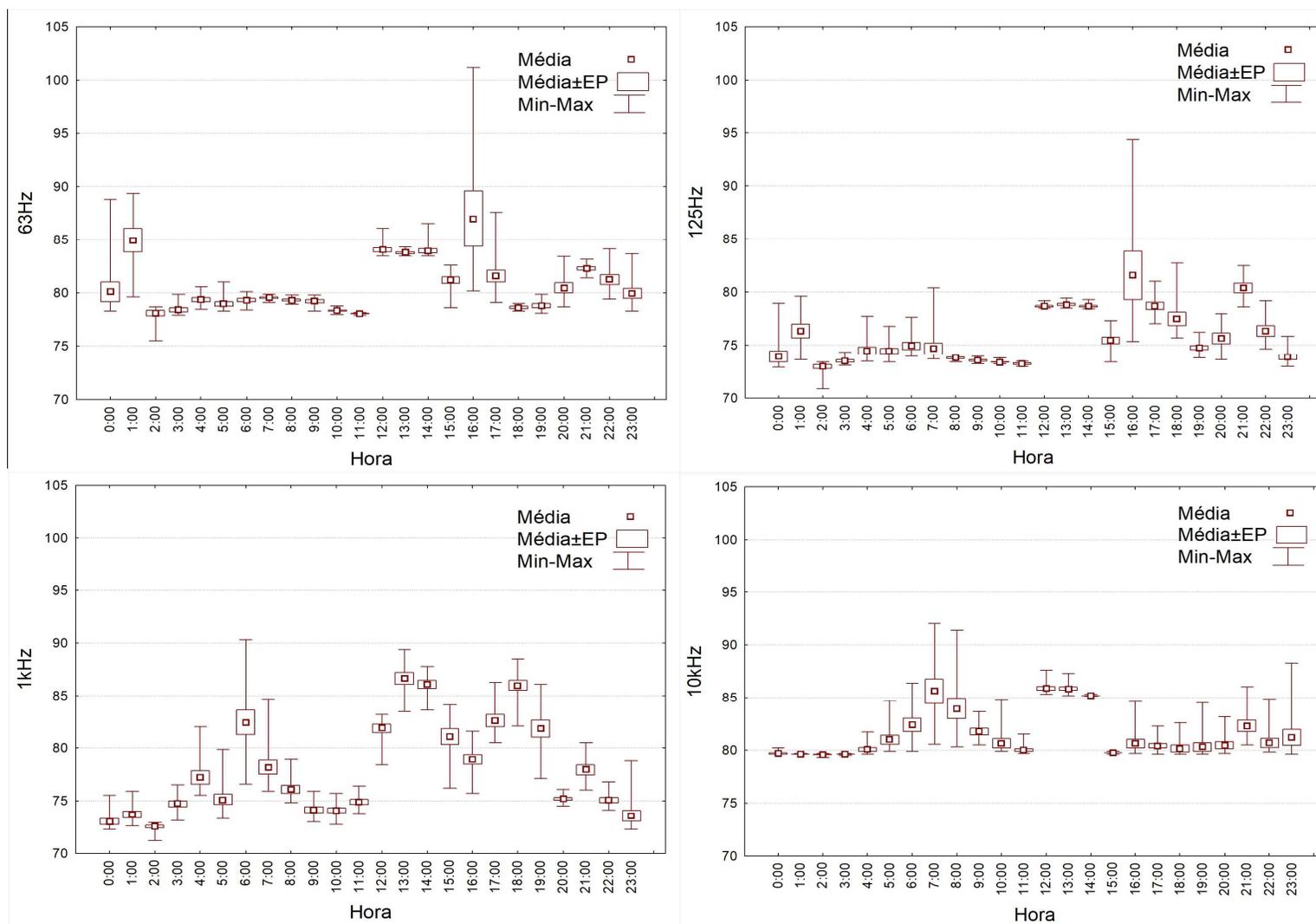
Fonte: A autora, 2023.

Figura 20 – Gráfico LTSA dos dados coletados em maio de 2022 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam a origem antrópica.



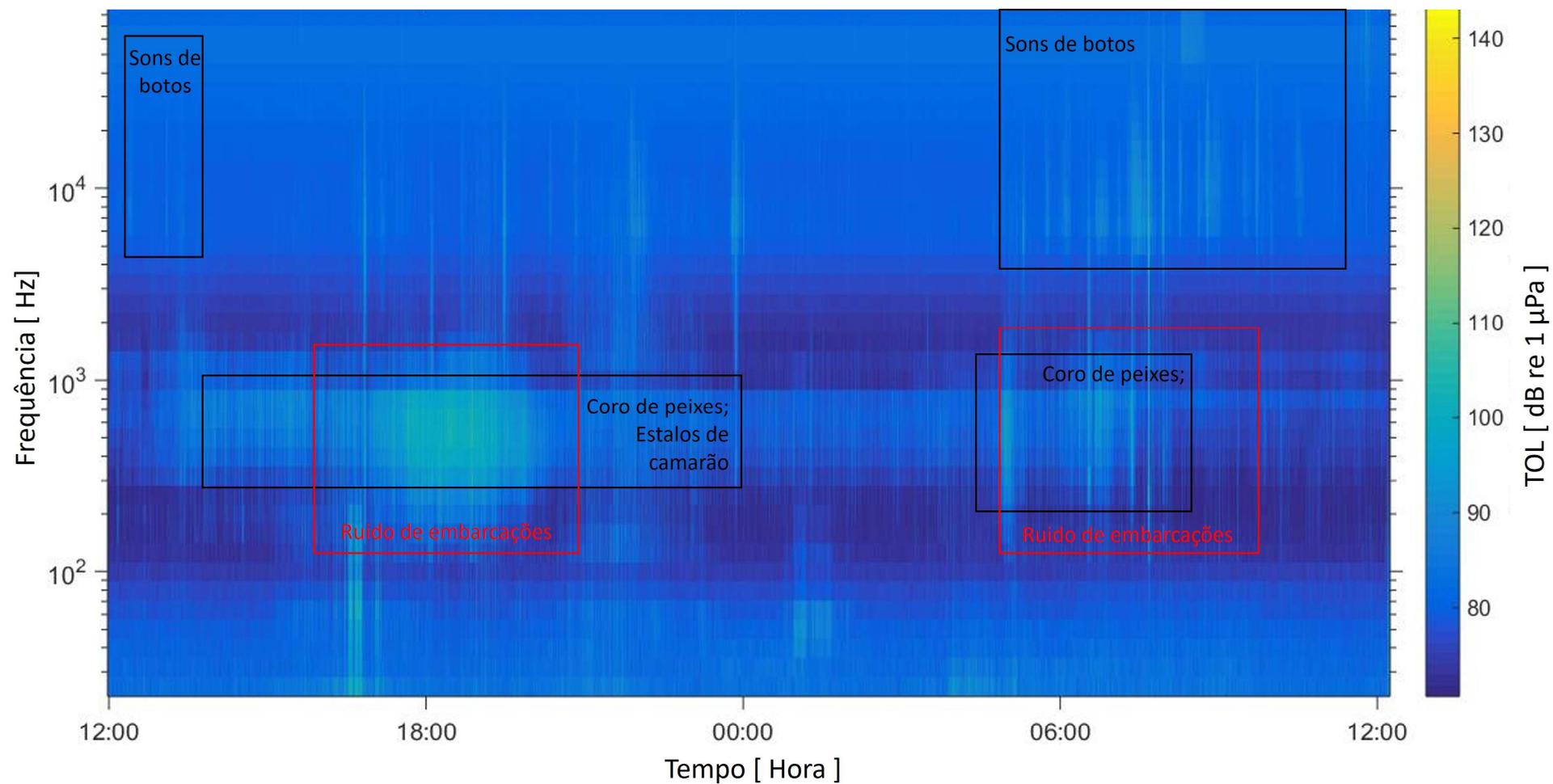
Fonte: A autora, 2023.

Figura 21 – Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em julho de 2022 na região da Boia 5.



Fonte: A autora, 2023.

Figura 22 – Gráfico LTSA dos dados coletados em julho de 2022 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam a origem antrópica.

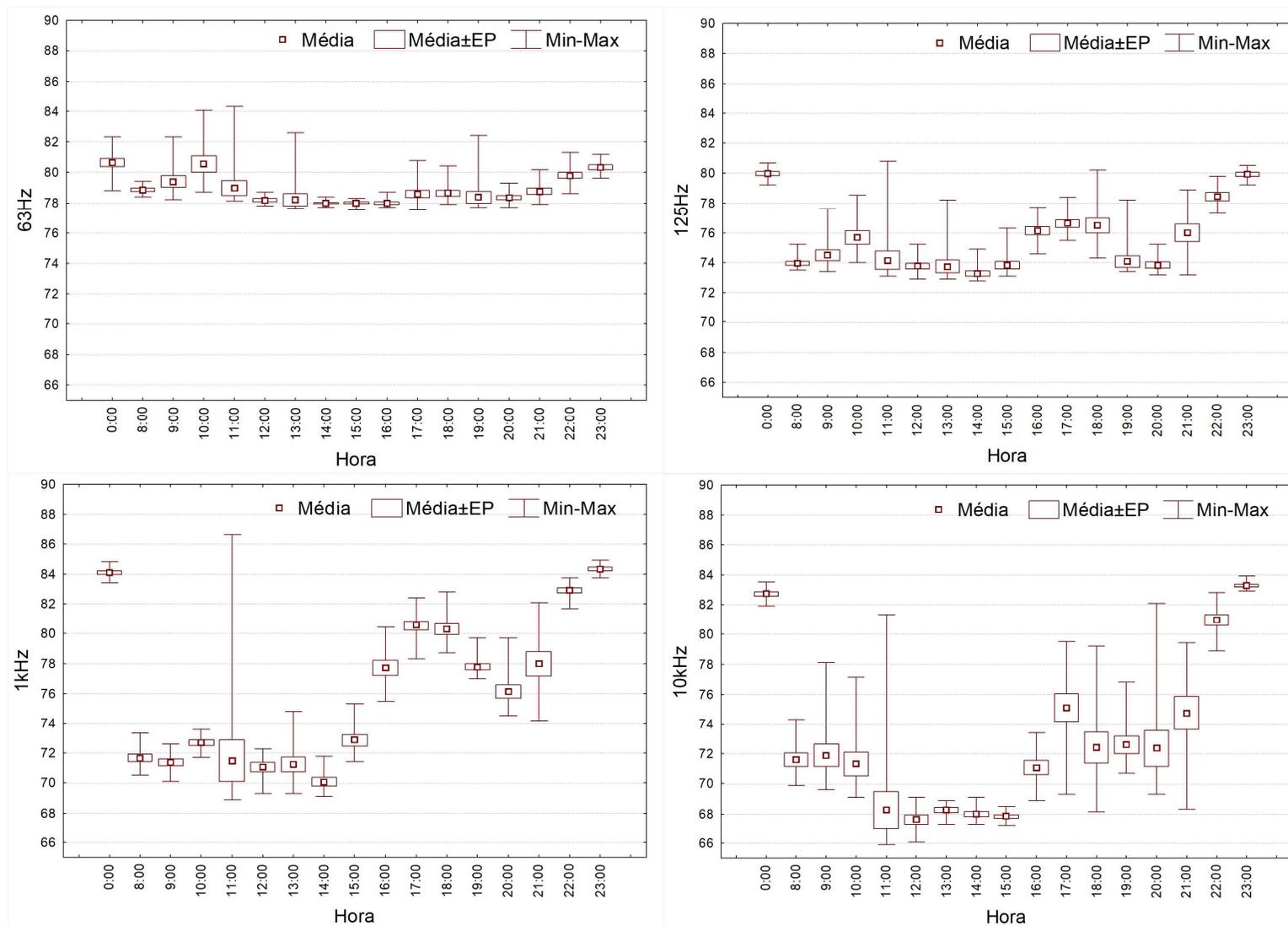


Fonte: A autora, 2023.

Em agosto de 2022 (Figs. 23 e 24), os resultados mostram maiores níveis de pressão sonora entre os horários de 16:00 e 21:00 horas, indicando a presença de embarcações. Houve a presença de coros de peixes durante a maior parte do dia, principalmente entre 14:00 e 22:00 horas, entre frequências de 300 Hz a 1 kHz. Também foram observadas maiores intensidades sonoras em frequências 20 kHz e 100 kHz entre os horários de 12:00 até 15:00 horas e a partir das 07:00 horas, indicando a presença de botos-cinza na região. Durante o período da tarde, os sons emitidos pelos botos foram em sua maioria cliques de ecolocalização e sons pulsados, ocupando bandas de frequências mais altas, e durante a manhã também foi possível observar assobios, que podem ocupar frequências relativamente mais baixas, desde 4kHz. É importante ressaltar que não obtivemos dados entre meia noite e 07:00 horas, devido a uma falha no equipamento.

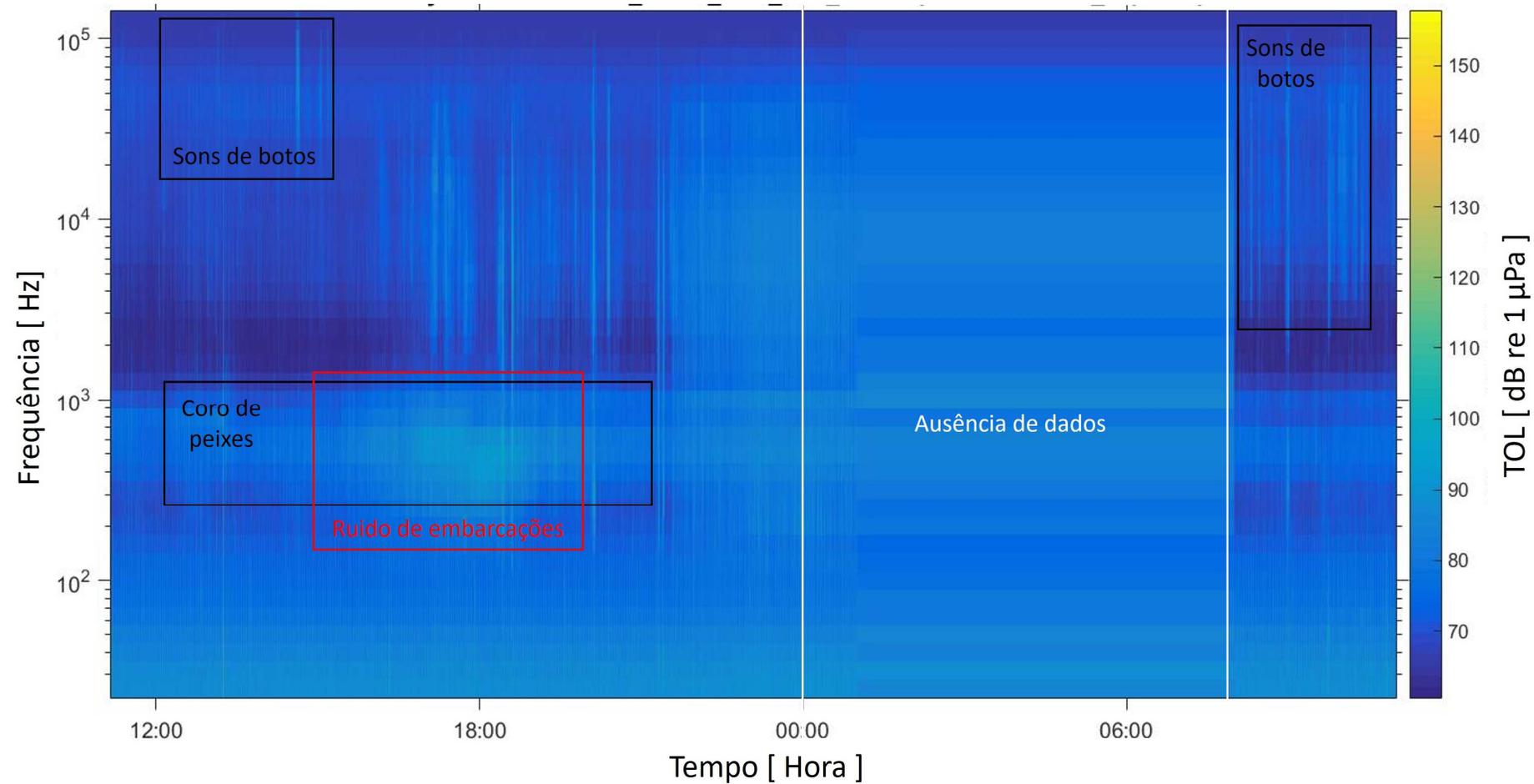
No mês de setembro de 2022 (Figs. 25 e 26), houve maiores níveis de pressão sonora entre os horários das 15:00 às 17:30 horas, nos terços de frequência de 125 Hz e 1 kHz, e durante o início da manhã nos terços de 63 Hz, 125 Hz e 10 kHz (Fig. 25). Através do espectrograma (Fig. 26) foi possível observar que os coros de peixe, assim como estalos de camarão, se fizeram presentes durante a maior parte do dia, porém entre 13:00 e 20:00 horas houve maior incidência desses animais, emitindo sons entre frequências de 300 Hz até 1 kHz. Ruídos de origem antrópica, em bandas de frequência de 100Hz a 1kHz, também foram registradas, principalmente das 15:00 às 19:00 horas, indicando embarcações de pequeno porte próximas à região. Também foram registradas maiores intensidades sonoras em bandas de frequências entre 10 kHz e 100 kHz, durante os horários entre 19:00 e 21:00 horas e entre 05:00 e 10:00 horas, indicando a presença de botos-cinza emitindo principalmente cliques de ecolocalização. Por fim, durante os períodos da noite e madrugada, é possível que tenha chovido, entre 22:00 e 05:00 horas, onde os ruídos de chuva acabam mascarando os demais sons presentes no ambiente, e pode explicar a presença de ruídos de ondas, ocupando frequências até 200 Hz, durante os mesmos horários.

Figura 23 – Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em agosto de 2022 na região da Boia 5.



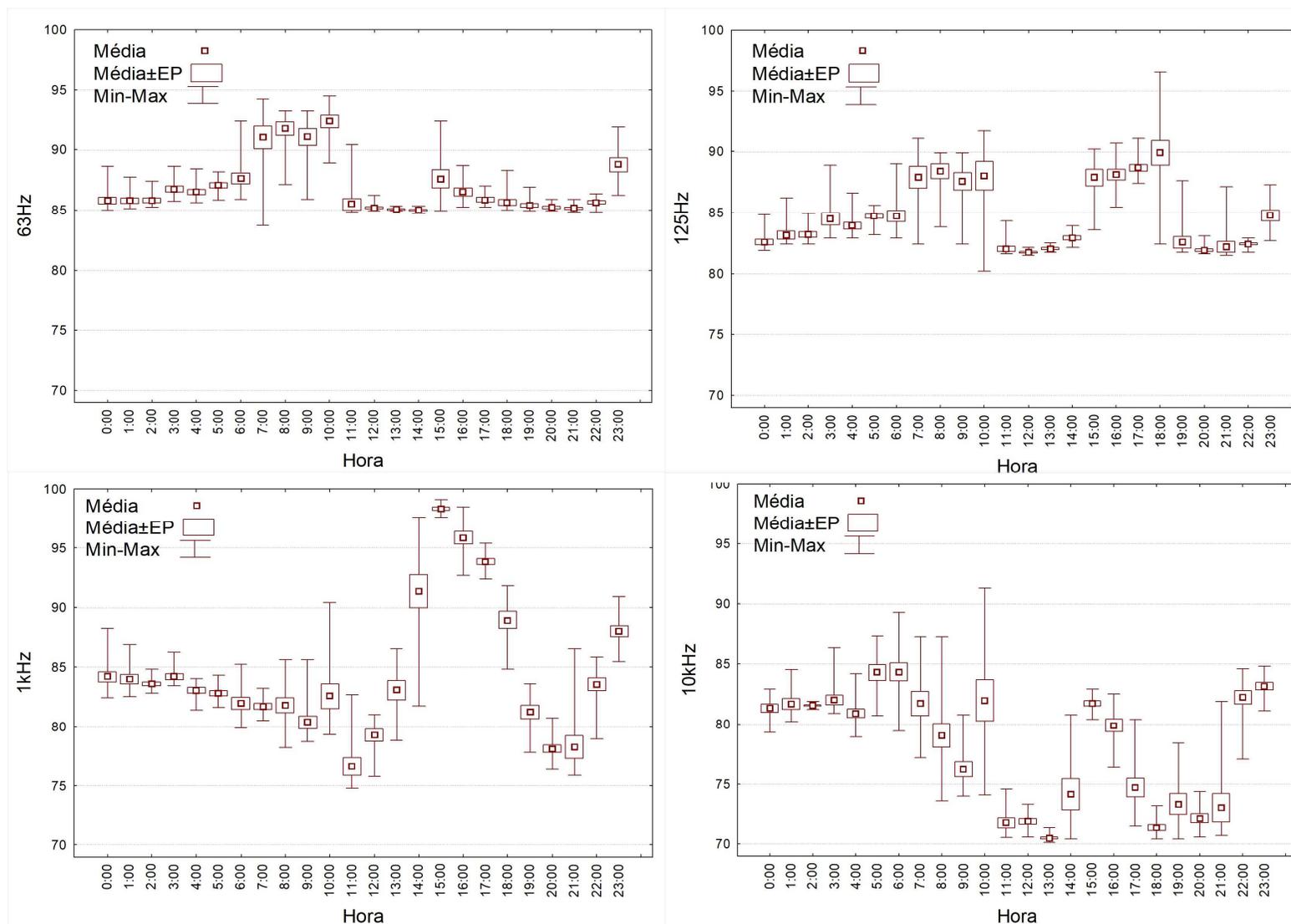
Fonte: A autora, 2023.

Figura 24 – Gráfico LTSA dos dados coletados em agosto de 2022 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou do ambiente e retângulos vermelhos indicam origem antrópica.



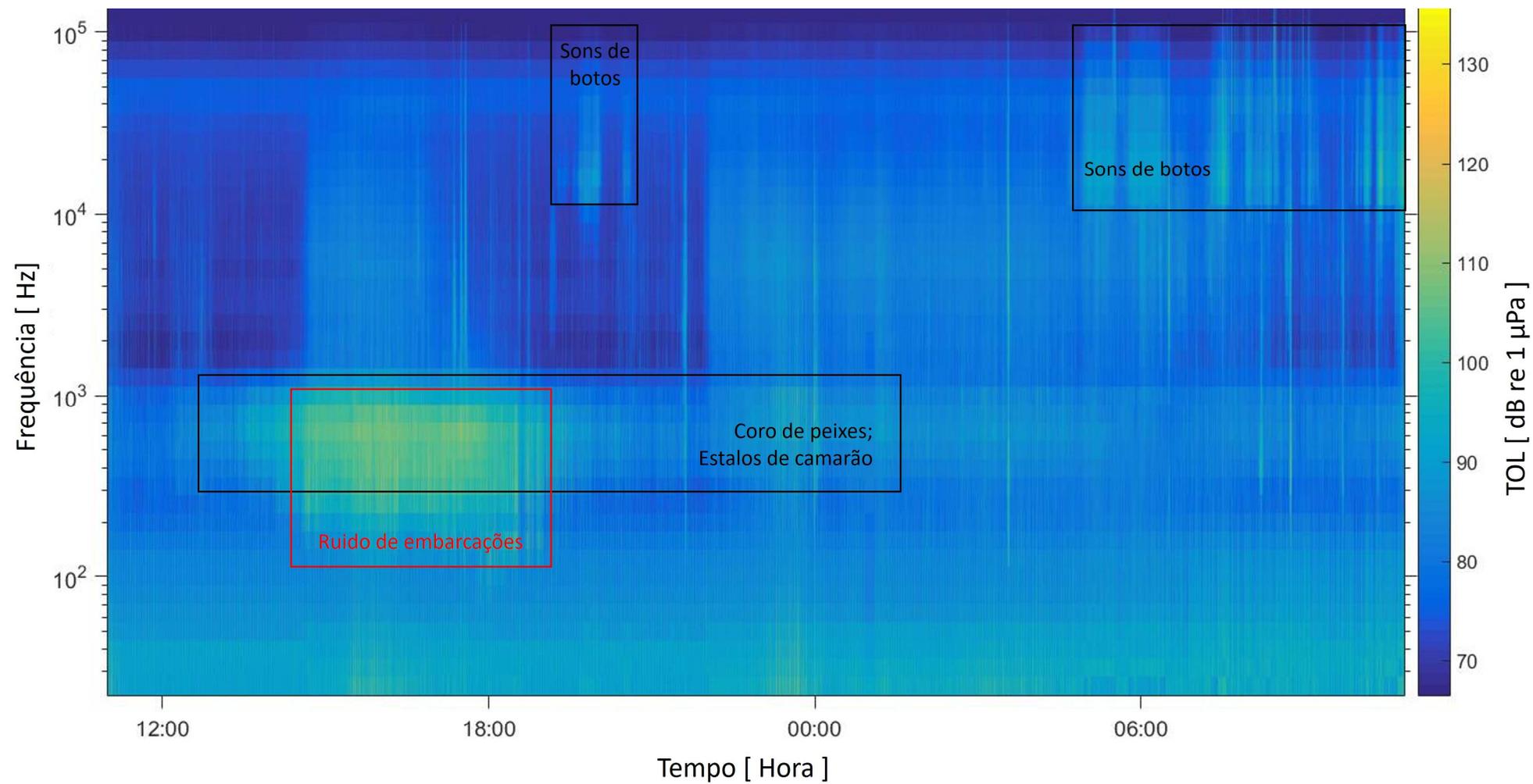
Fonte: A autora, 2023.

Figura 25 – Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em setembro de 2022 na região da Boia 5.



Fonte: A autora, 2023.

Figura 26 – Gráfico LTSA dos dados coletados em setembro de 2022 na região da Boia 5. Retângulos pretos indicam origem biológica ou do ambiente e retângulos vermelhos indicam origem antrópica.



Fonte: A autora, 2023.

### 3.1.2. Laje do Machado

Como dito anteriormente, o ponto de coleta da Laje do Machado se localiza fora da região da APA de Guapi-Mirim e os resultados encontrados para as coletas dessa região podem ser analisados a partir da Tabela 3 e as figuras 24-33.

Tabela 3 – Valores médios  $\pm$  desv.pad (mín-máx) de pressão sonora (em dB re 1  $\mu$ Pa) nos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para cada dia de coleta e valores médios gerais, na Laje do Machado.

Data	Estação	N	Banda de Frequência			
			63Hz	125Hz	1kHz	10kHz
23/02/2022	Verão	292	84,2 $\pm$ 6,1 (78,5-106,3)	88,3 $\pm$ 6,8 (79,3-105,5)	93,9 $\pm$ 6,7 (80,0-106,2)	86,1 $\pm$ 2,3 (82,7-100,4)
07/03/2022	Verão	287	83,0 $\pm$ 3,2 (78,8-94,5)	88,6 $\pm$ 7,6 (78,0-108,7)	94,2 $\pm$ 4,7 (81,2-106,1)	83,8 $\pm$ 2,0 (81,0-96,9)
04/07/2022	Inverno	287	89,4 $\pm$ 1,4 (80,9-95,2)	90,7 $\pm$ 5,5 (85,7-104,4)	91,0 $\pm$ 7,8 (79,0-105,4)	89,4 $\pm$ 2,0 (85,6-96,1)
01/08/2022	Inverno	288	86,8 $\pm$ 6,4 (82,1-123,6)	92,8 $\pm$ 6,7 (83,4-118,9)	91,9 $\pm$ 6,3 (83,4-119,2)	89,5 $\pm$ 3,1 (78,9-101,4)
27/09/2022	Primavera	288	86,1 $\pm$ 6,4 (79,8-129,1)	86,2 $\pm$ 8,6 (79,0-119,6)	91,5 $\pm$ 6,5 (79,9-108,9)	89,4 $\pm$ 2,2 (78,4-93,1)
<b>Total</b>		1442	85,9 $\pm$ 5,6 (78,5-129,1)	89,3 $\pm$ 7,5 (76,0-119,6)	92,5 $\pm$ 6,6 (79,0-119,2)	87,6 $\pm$ 3,3 (75,9-101,4)

Fonte: A autora, 2023.

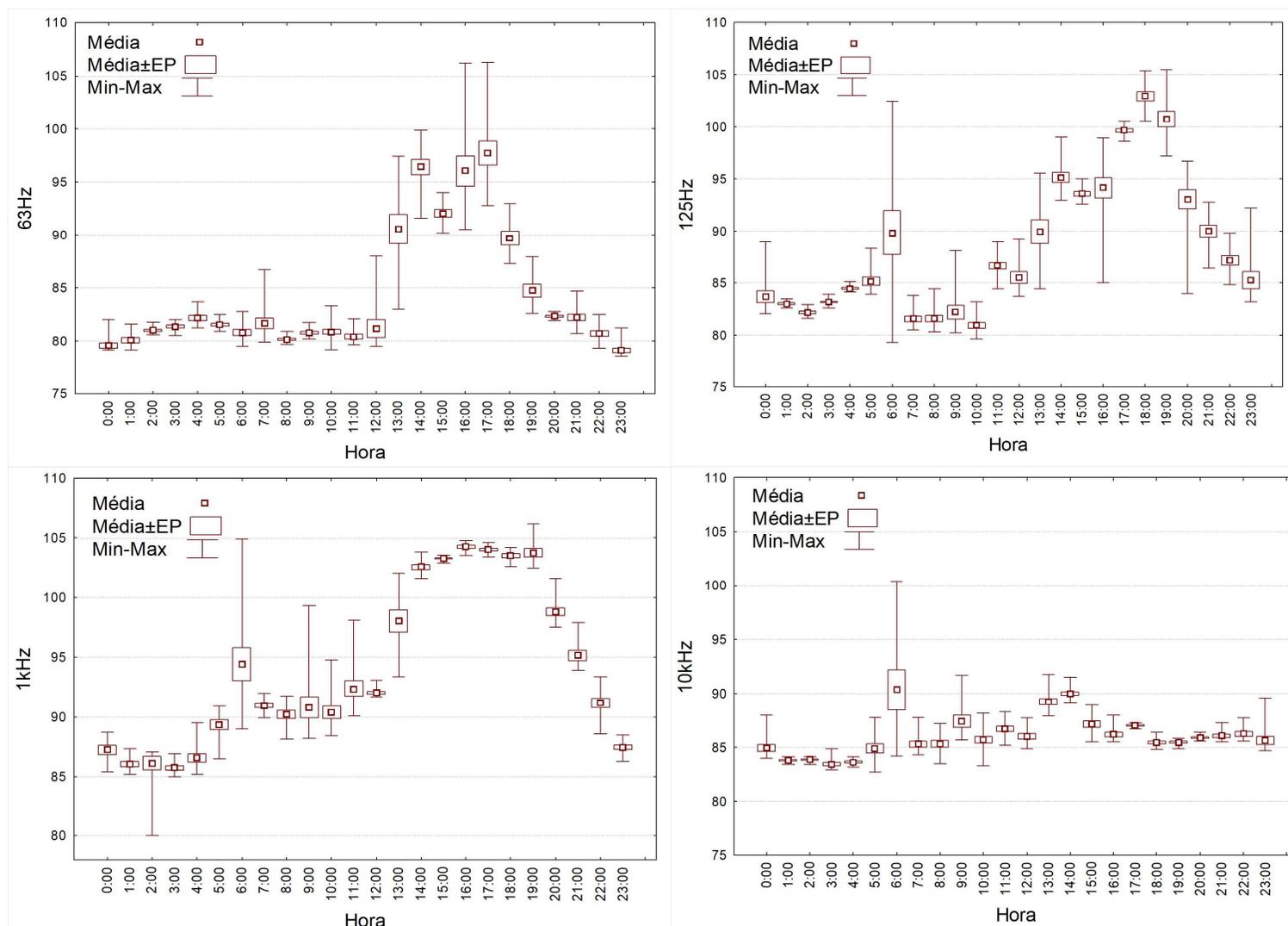
Assim como os dados gravados na região da APA de Guapi-Mirim (Boia 5), foram traçados os perfis sonoros da região da Laje do Machado através dos perfis de TOL e gráficos LTSA. É importante ressaltar que os resultados gerados para os dados de fevereiro e março de 2022 no ponto de coleta da Laje do Machado obtiveram os valores de intensidade sonora abaixo de 120 dB re 1  $\mu$ Pa (critério utilizado para análises no *Raven*), até 110 dB re 1  $\mu$ Pa, mesmo assim as maiores intensidades sonoras de ambos os dias foram analisadas.

Ao analisar os resultados de fevereiro de 2022 notamos que os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz e 1 kHz apresentaram maiores valores de pressão sonora entre os horários de 14:00 e 20:00 horas, enquanto no terço de 10 kHz os maiores valores foram às 06:00 e entre 14:00 e 15:00 horas (Fig. 27). O espectrograma (Fig. 28) nos mostra coros de peixes e os estalos de camarão estiveram presentes em todas as horas do dia, ocupando bandas de frequência de 200 Hz e 1 kHz, porém os horários que houve maior intensidade sonora foram entre 11:00 e 01:00 hora e a partir das 05:00 horas. Em relação aos ruídos antrópicos houve

uma grande variedade de sons abrangendo tanto bandas de frequências mais baixas quanto mais altas, entre os horários de 14:00 e 22:00 horas e a partir das 06:00 horas. A tarde e à noite os maiores valores de pressão sonora estiveram em frequências entre 100 Hz e 2 kHz e de 3 kHz até 20 kHz, principalmente entre 14:00 e 17:00 horas, podendo indicar embarcações de diferentes portes e a maior incidência de ruído de ondas, observados entre frequências de até 80 Hz. A partir das 06:00 horas ocorreu os sons de embarcações em diferentes bandas de frequência novamente, porém podemos notar a presença de um possível navio sonda, podendo emitir ruídos até 60 kHz.

O perfil sonoro submarino em março de 2022 (Figs. 29 e 30) foi semelhante ao de fevereiro de 2022, quanto à presença de coros de peixes, estalos de camarão e embarcações em todos os horários. Os sons biológicos abrangeram banda de frequência entre 200 Hz e 1 kHz e apresentaram maior intensidade entre 11:00 e 22:00 horas e a partir das 04:00 horas. Já os sons antrópicos tiveram maiores níveis de pressão sonora entre 15:00 e 23:00 horas, ocupando frequências entre 90 Hz até 2 kHz, o que também pode explicar a maior presença de ruídos de ondas nesse mesmo horário, entre frequências de até 60 Hz. Além disso, a partir das 07:00 horas houve a presença de ruídos antrópicos de navios de grande porte, ocupando praticamente todas as bandas de frequência que constituem a paisagem acústica, até 30 kHz.

Figura 27 – Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em fevereiro de 2022 na região da Laje do Machado.



Fonte: A autora, 2023.

Figura 28 – Gráfico LTSA dos dados coletados em fevereiro de 2022 na região da Laje do Machado. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam origem antrópica.

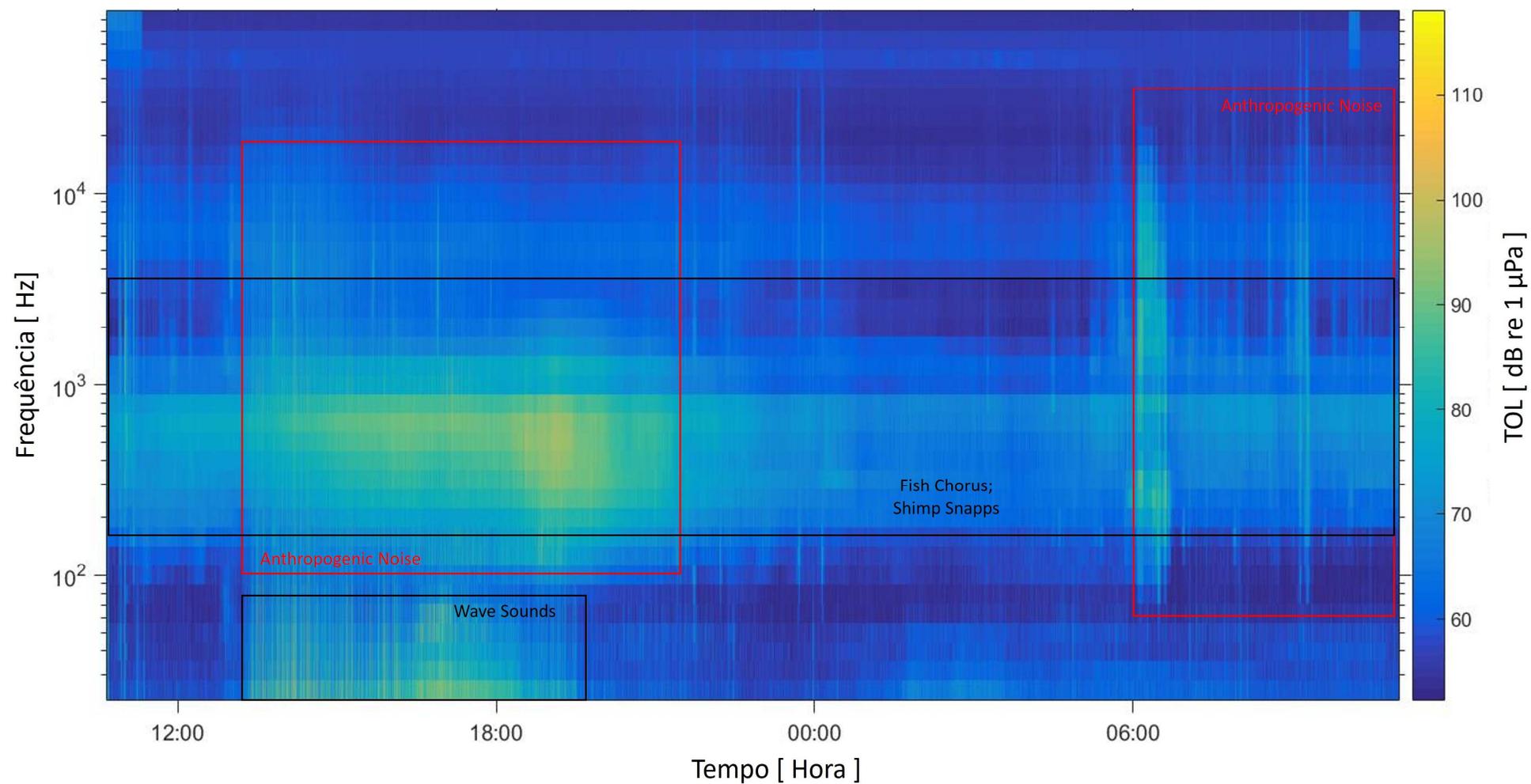
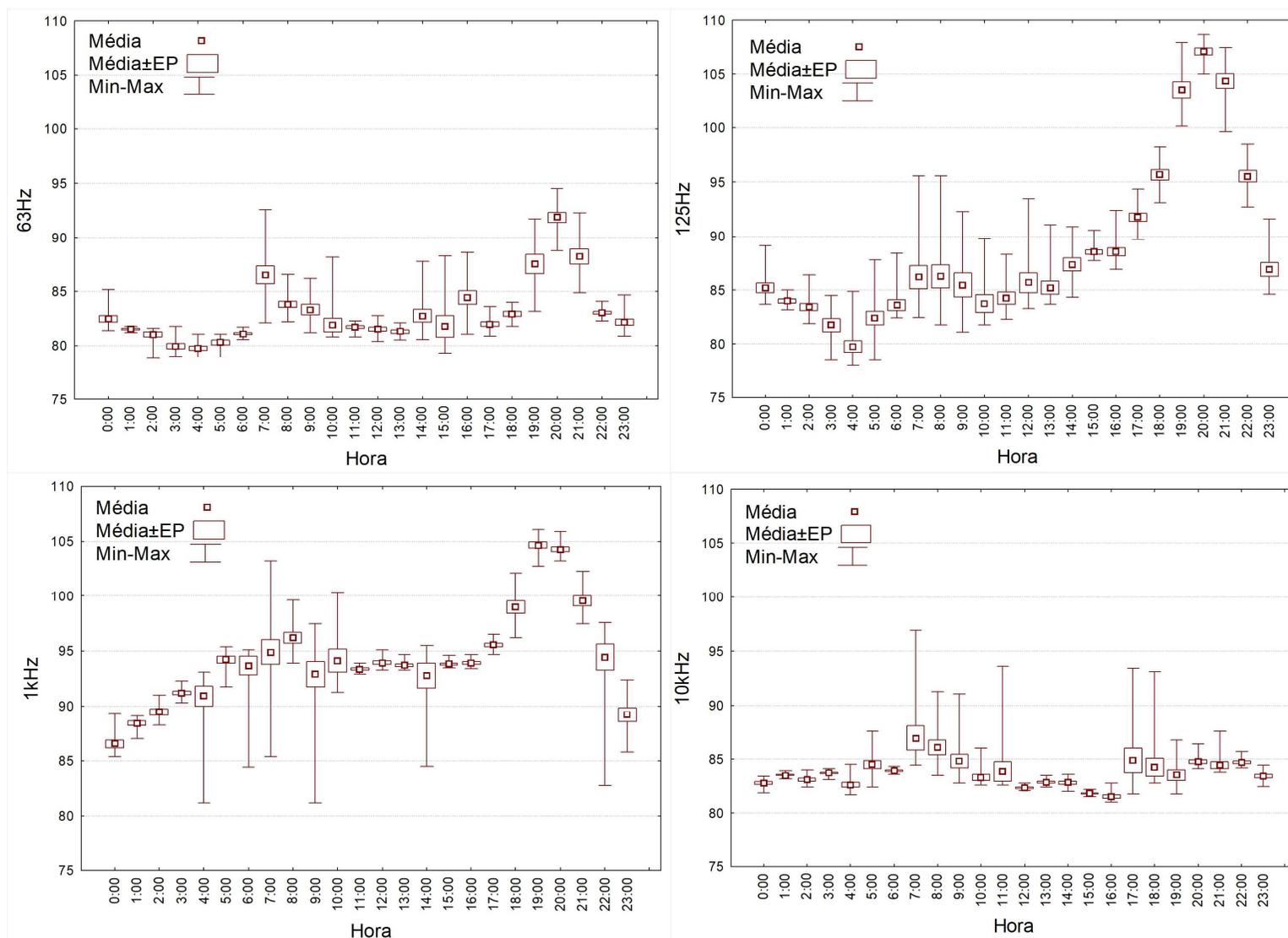
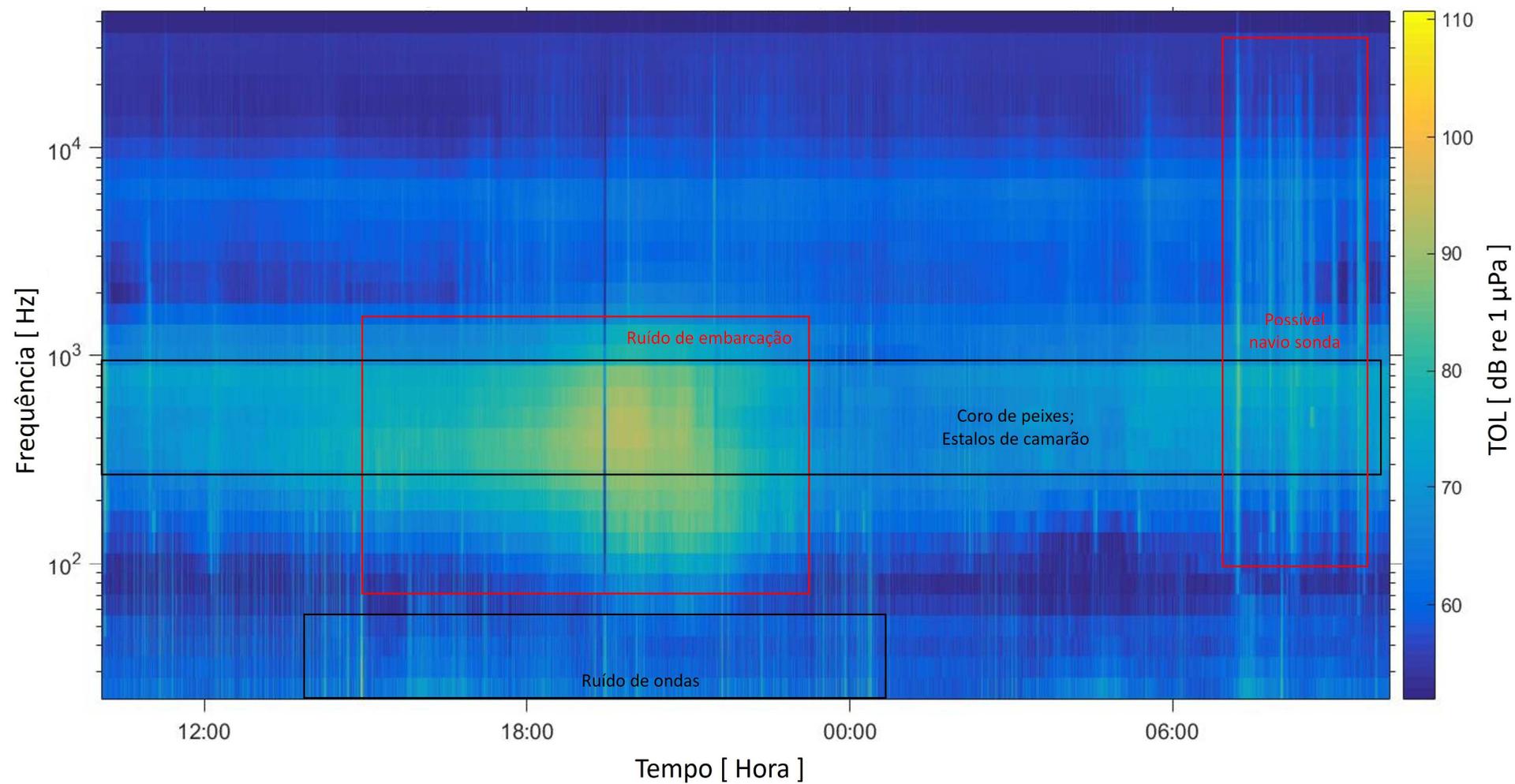


Figura 29 – Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em março de 2022 na região da Laje do Machado.



Fonte: A autora, 2023.

Figura 30 – Gráfico LTSA dos dados coletados em março de 2022 na região da Laje do Machado. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam origem antrópica.

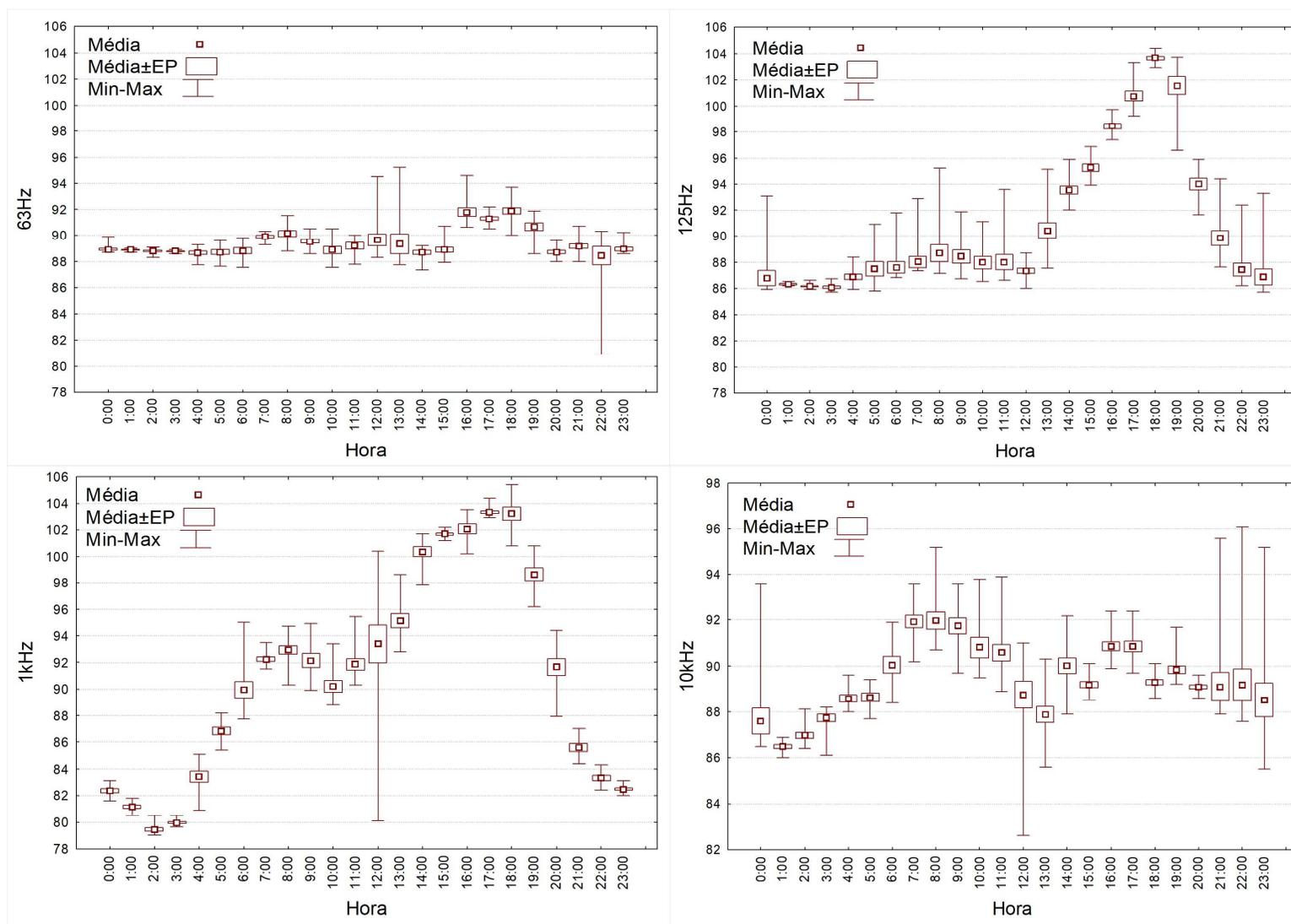


Fonte: A autora, 2023.

Os resultados do mês de julho de 2022 nos mostram que os maiores valores de pressão sonora ocorreram entre 15:00 e 18:00 horas nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz e 10 kHz, enquanto o terço de 10 kHz indicou maiores valores entre 06:00 e 08:00 horas (Fig. 31). Com a figura 32, foi possível observar maior concentração de pressão sonora entre 13:00 horas e meia-noite e a partir das 04:00 horas. Os sons de origem biológica identificados foram gerados por peixes e crustáceos, que ocuparam frequências de 200 Hz e 1 kHz, e por botos-cinza, que ocuparam frequências entre 3 kHz e 100 kHz. Os coros de peixe foram mais frequentes entre 12:00 e 01:00 hora e a partir das 05:00 horas também foram registrados estalos de camarão. Os sons de botos-cinza ocorreram entre 20:00 e 01:00 hora e entre 08:00 horas e meio-dia. Os ruídos de origem antrópica foram mais frequentes entre 13:00 e 21:00 horas e a partir das 05:00 horas, sendo o período entre tarde e noite de maior intensidade sonora nas frequências de 100 Hz a 2 kHz. Durante o período da manhã, houve sons antrópicos ocupando frequências de 100 Hz até 30 kHz.

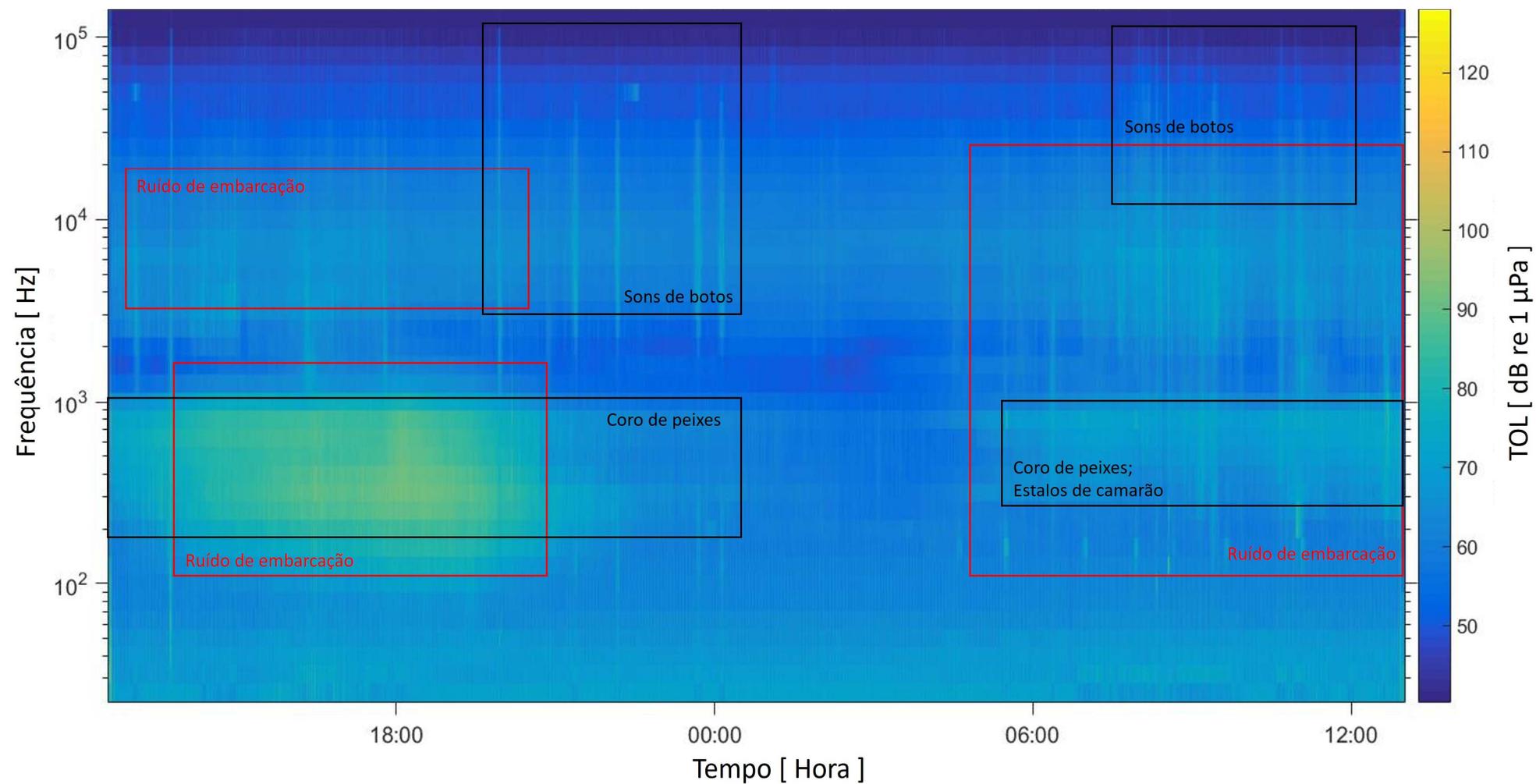
De forma semelhante ao mês de julho, em agosto de 2022 (Figs. 33 e 34) ocorreram ruídos de embarcações em frequências diferentes e sons de peixes e de crustáceos durante todas as horas de gravação. Entre 12:00 e 19:00 horas foram registrados tanto ruídos de embarcações entre bandas de frequência de 100 Hz a 1 kHz quanto de 3 kHz até 10 kHz, sendo que os sons das frequências mais baixas apresentaram maior intensidade. A partir das 06:00 horas houve presença de embarcações em ambas as bandas de frequência e um possível navio passando na região, emitindo ruídos de até 40 kHz. A partir das 18:00 horas foram identificados sons de botos-cinza na região, emitindo principalmente cliques de ecolocalização, entre frequências de 20 kHz e 100 kHz, e assobios, entre 3 kHz e 8 kHz.

Figura 31 – Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em julho de 2022 na região da Laje do Machado.



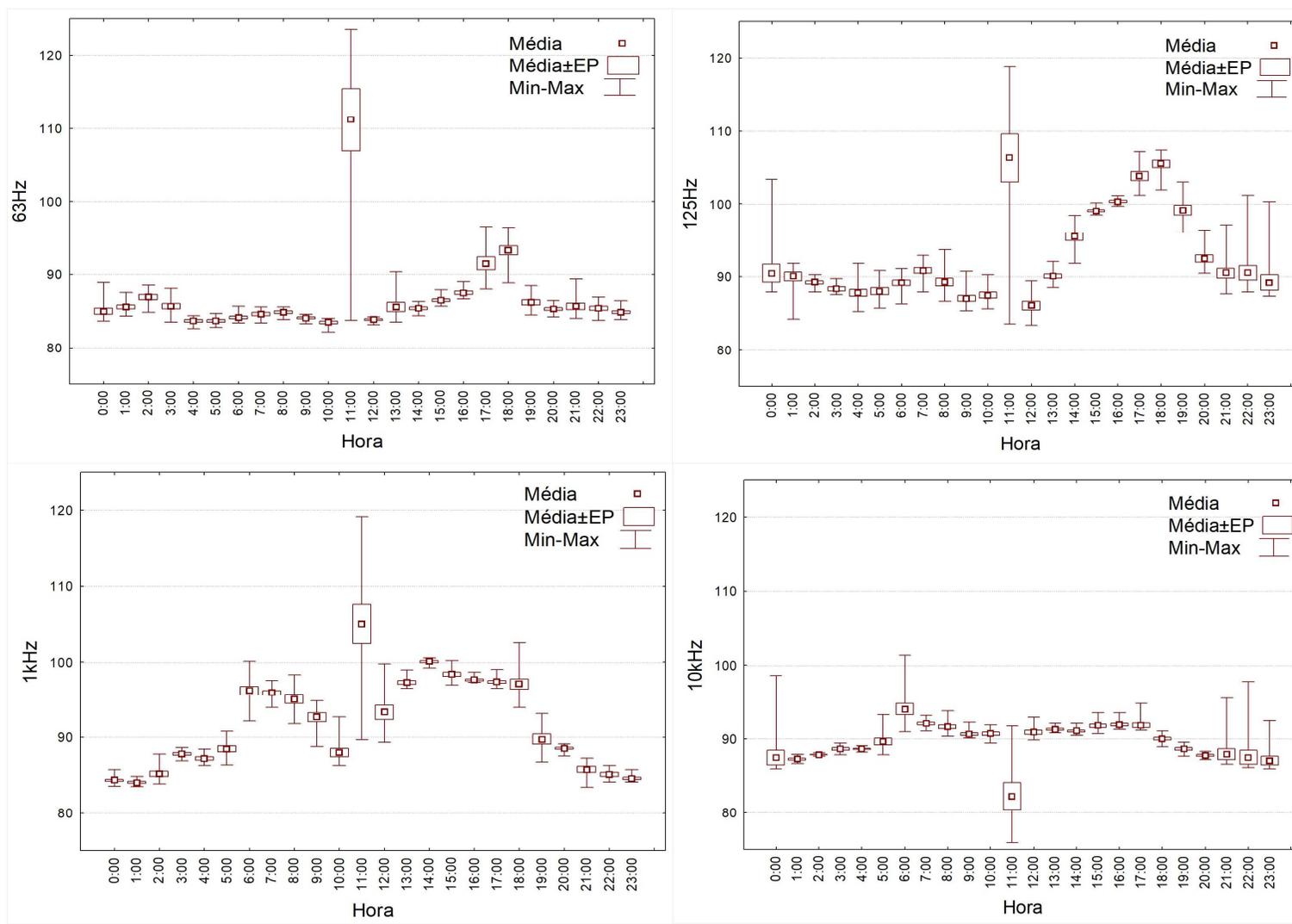
Fonte: A autora, 2023.

Figura 32 – Gráfico LTSA dos dados coletados em julho de 2022 na região do Laje do Machado. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam origem.



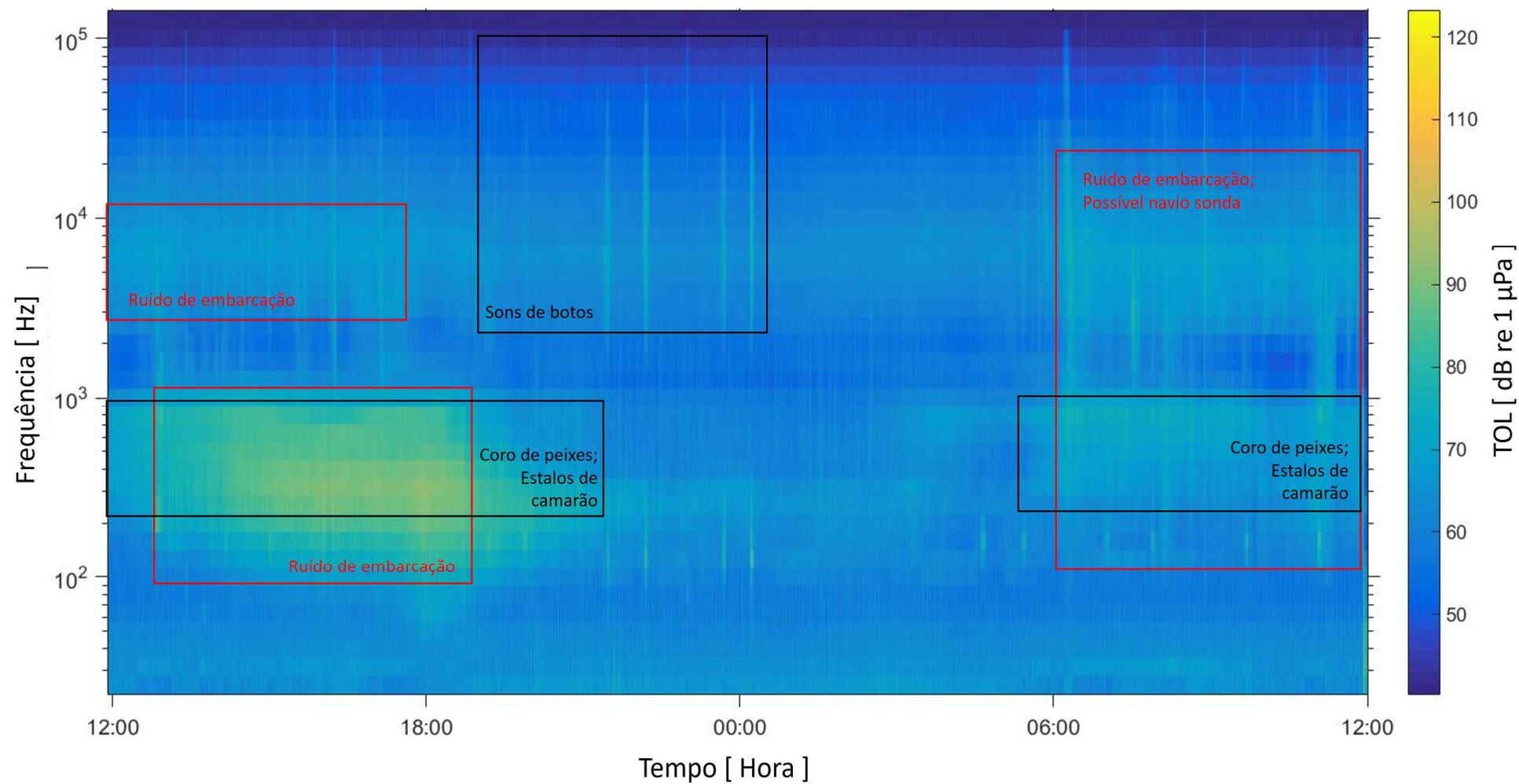
Fonte: A autora, 2023.

Figura 33 – Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em agosto de 2022 na região da Laje do Machado.



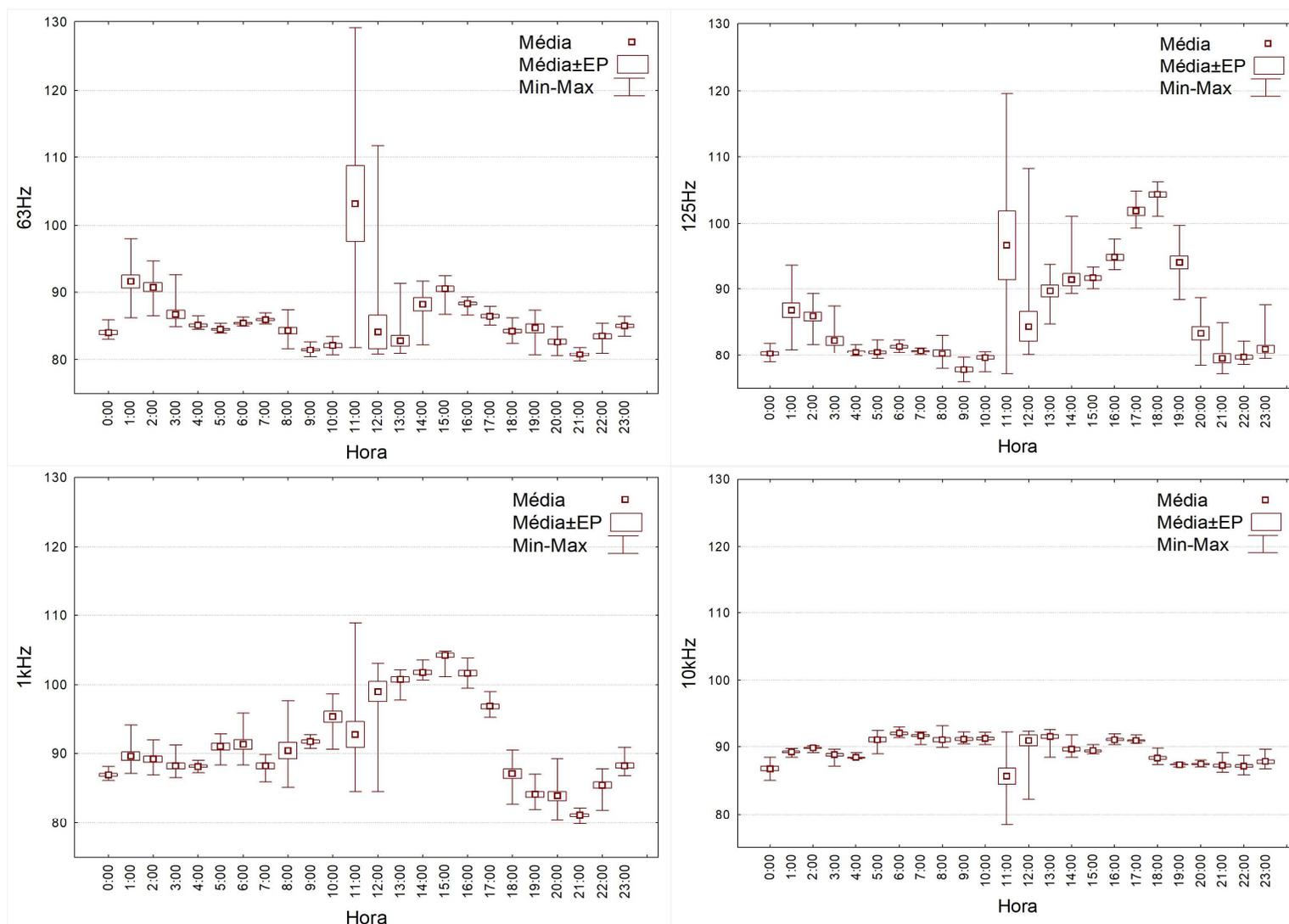
Fonte: A autora, 2023.

Figura 34 – Gráfico LTSA dos dados coletados em agosto de 2022 na região do Laje do Machado. Retângulos pretos indicam origem biológica ou ambiental e retângulos vermelhos indicam origem antrópica.



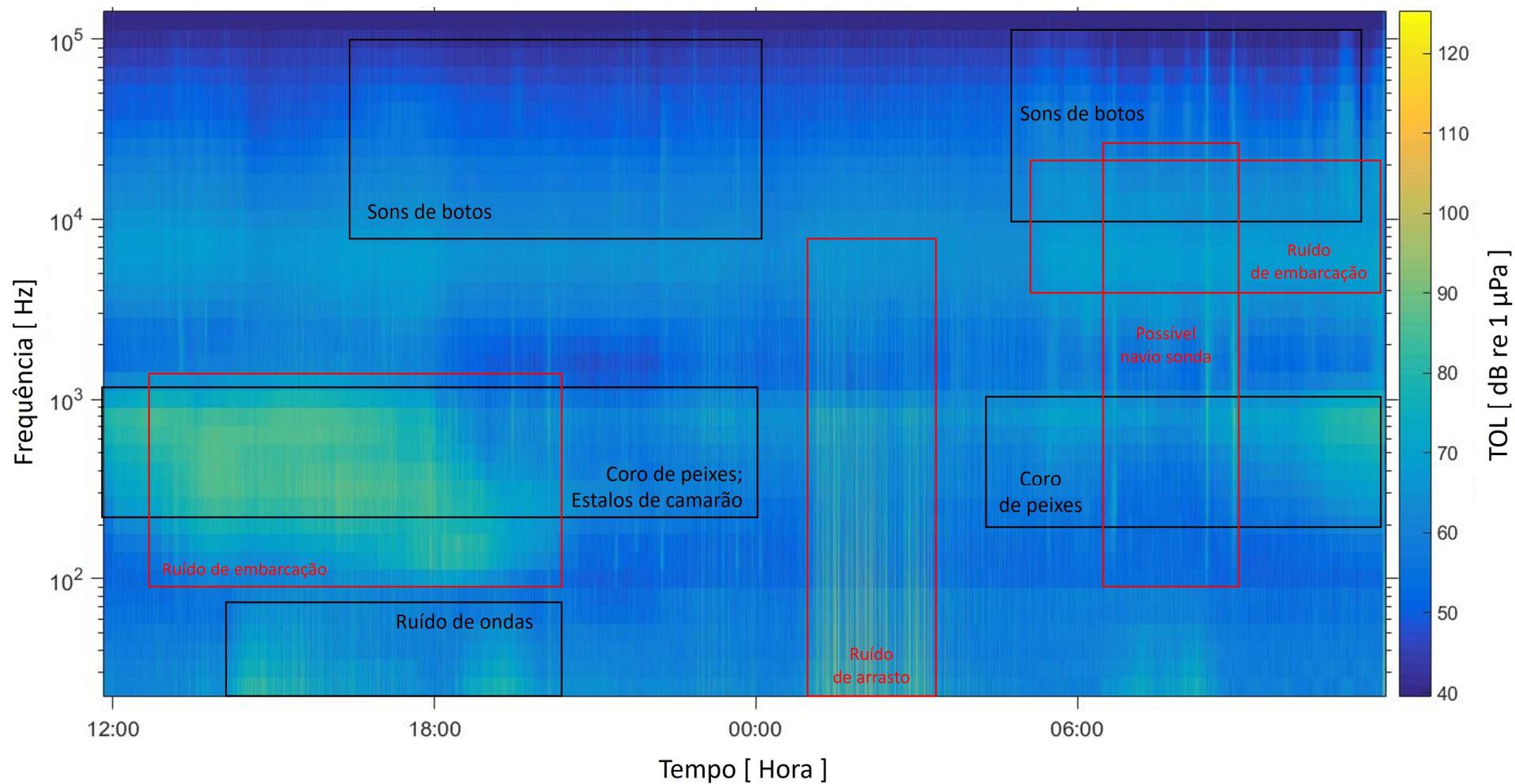
Em setembro de 2022, na Laje do Machado, os maiores valores de pressão sonora se concentraram a partir das 14:00 e 17:00 horas, porém os terços de frequência de 63 Hz e 125 Hz mostraram um pico de pressão sonora às 11:00 horas (Fig. 35). A partir do espectograma (Fig. 36) podemos observar que entre meio-dia e meia-noite e a partir das 04:00 horas ocorreram as maiores intensidades de coros de peixe e estalos de camarão, em frequências de 200 Hz a 1 kHz. Os ruídos antrópicos ocorreram em todas as horas de gravação com maiores valores de pressão sonora em frequências de 100 Hz a 2 kHz, nos horários a partir de 05:00 horas. A presença de um grande navio também foi registrada ocupando frequências de 100 Hz até 40 kHz. Houve fortes ruídos de arrasto entre 01:00 e 04:00 horas, presente nas frequências até 10 kHz devido à proximidade ao hidrofone. Os sons emitidos por botos-cinza foram de fraca intensidade entre 20 kHz e 30 kHz.

Figura 35 – Box plot dos terços de frequência 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz para os dados coletados em setembro de 2022 na região do Laje do Machado.



Fonte: A autora, 2023.

Figura 36 – Gráfico LTSA dos dados coletados em setembro de 2022 na região do Laje do Machado. Retângulos pretos indicam origem biológica ou do ambiente e retângulos vermelhos indicam origem antrópica.



Fonte: A autora, 2023.

### 3.2 Testes comparativos entre os pontos de coleta

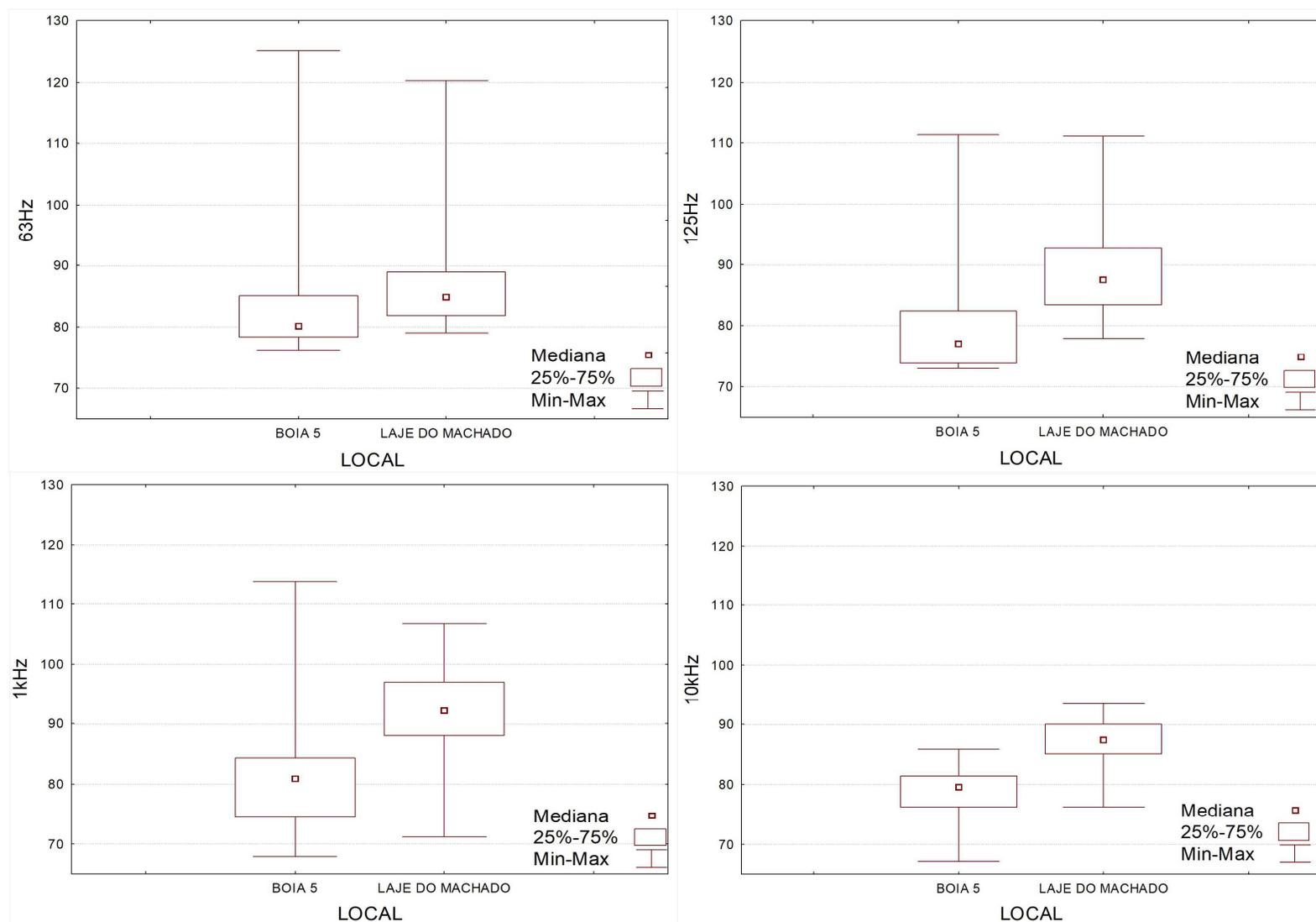
Os resultados referentes a análise do Teste U de *Mann-Whitney* mostram a comparação entre os valores de nível de pressão sonora encontrados. Para comparar os valores de nível de pressão sonora entre cada ponto de coleta, foram utilizando os valores apenas de dias em que houve gravação simultânea nos dois pontos. Diferenças significativas entre os dois pontos de coleta foram observadas nos terços de frequência de 63 Hz (MW,  $U=3304,5$ ,  $N_{BOIA}=115$ ,  $N_{LAJE}=123$ ,  $p=0,000001$ ), 125 Hz (MW,  $U=1870,5$ ,  $N_{BOIA}=115$ ,  $N_{LAJE}=123$ ,  $p=0,000001$ ), 1 kHz (MW,  $U=19481$ ,  $N_{BOIA}=115$ ,  $N_{LAJE}=123$ ,  $p=0,000001$ ) e 10 kHz (MW,  $U=518$ ,  $N_{BOIA}=115$ ,  $N_{LAJE}=123$ ,  $p=0,000001$ ), onde a Laje do Machado apresentou valores médios de pressão sonora maiores (Tabela 4; Fig. 37). Os valores de temperatura obtidos para cada ponto de coleta não apresentaram diferenças significativas (MW,  $U=7430$ ,  $N_{BOIA}=122$ ,  $N_{LAJE}=123$ ,  $p=0,895283$ ) entre os pontos de coleta (Tabela 4; Fig. 38).

Tabela 4 – Resultados do teste U de *Mann-Whitney* entre a Boia 5 e a Laje do Machado para os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz e temperatura d'água.

<b>Variável</b>	<b>Rank Sum – Boia 5</b>	<b>Rank Sum – Laje do Machado</b>	<b>U</b>	<b>Z Adjusted</b>	<b>p-level</b>	<b>Valid N – Boia 5</b>	<b>Valid N – Laje do Machado</b>
<b>63Hz</b>	9974,5	18466,5	3304,5	-7,0997	0,000001	115	123
<b>125Hz</b>	8540,5	19900,5	1870,5	-9,8011	0,000001	115	123
<b>1kHz</b>	89600,	19481,0	2290,2	-9,0107	0,000001	115	123
<b>10kHz</b>	7188,0	21253,0	518,0	-12,3497	0,000001	115	123
<b>Temperatura</b>	14933,0	15202,0	7430,0	-0,1316	0,895283	122	123

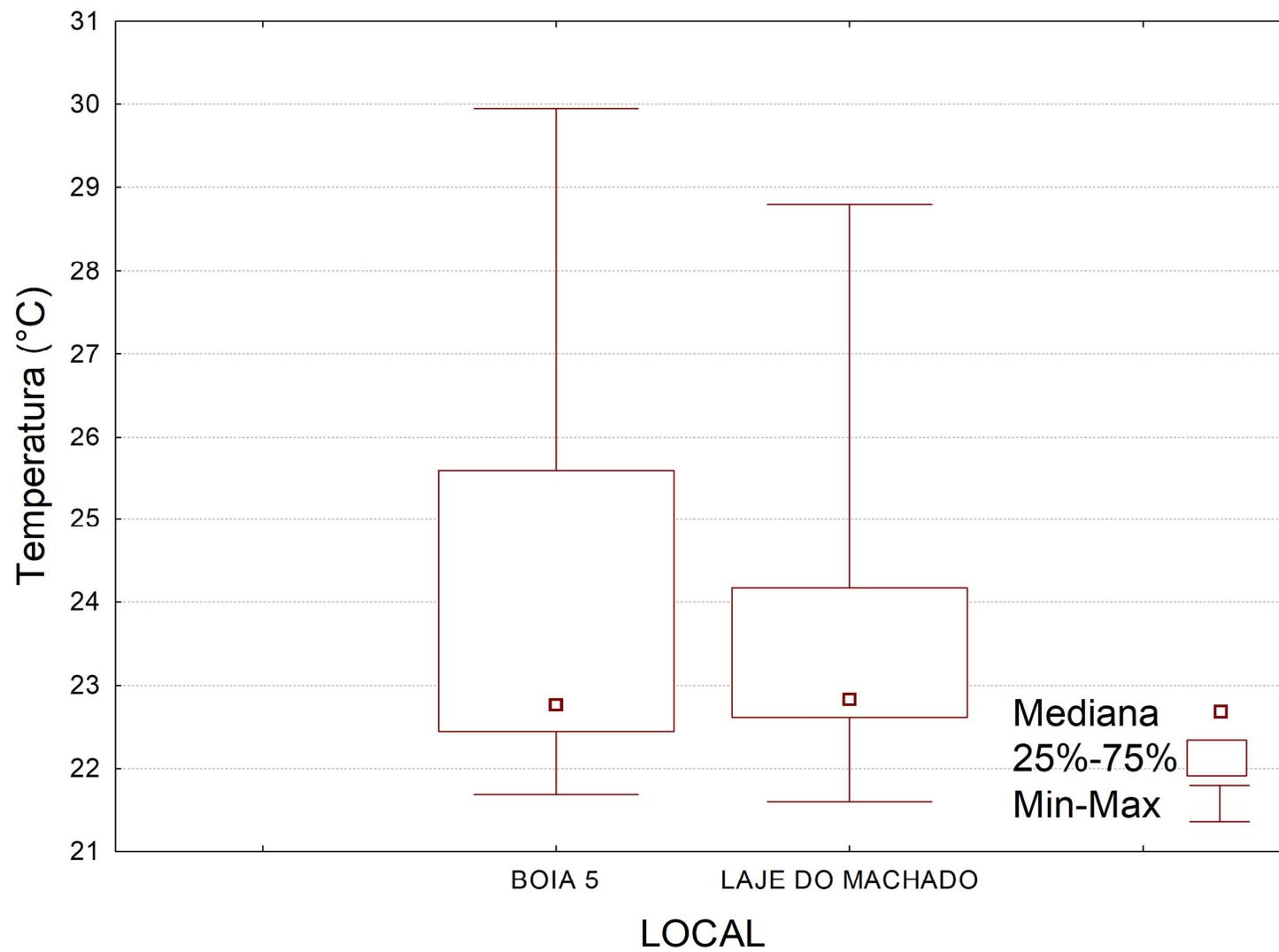
Fonte: A autora, 2023.

Figura 37 – Comparação de pressão sonora subaquática entre a Boia 5 e a Laje do Machado nos terços de frequência de 63Hz, 125Hz, 1kHz e 10kHz.



Fonte: A autora, 2023.

Figura 38 – Comparação de temperatura d'água entre a Boia 5 e o Laje do Machado.



Fonte: A autora, 2023.

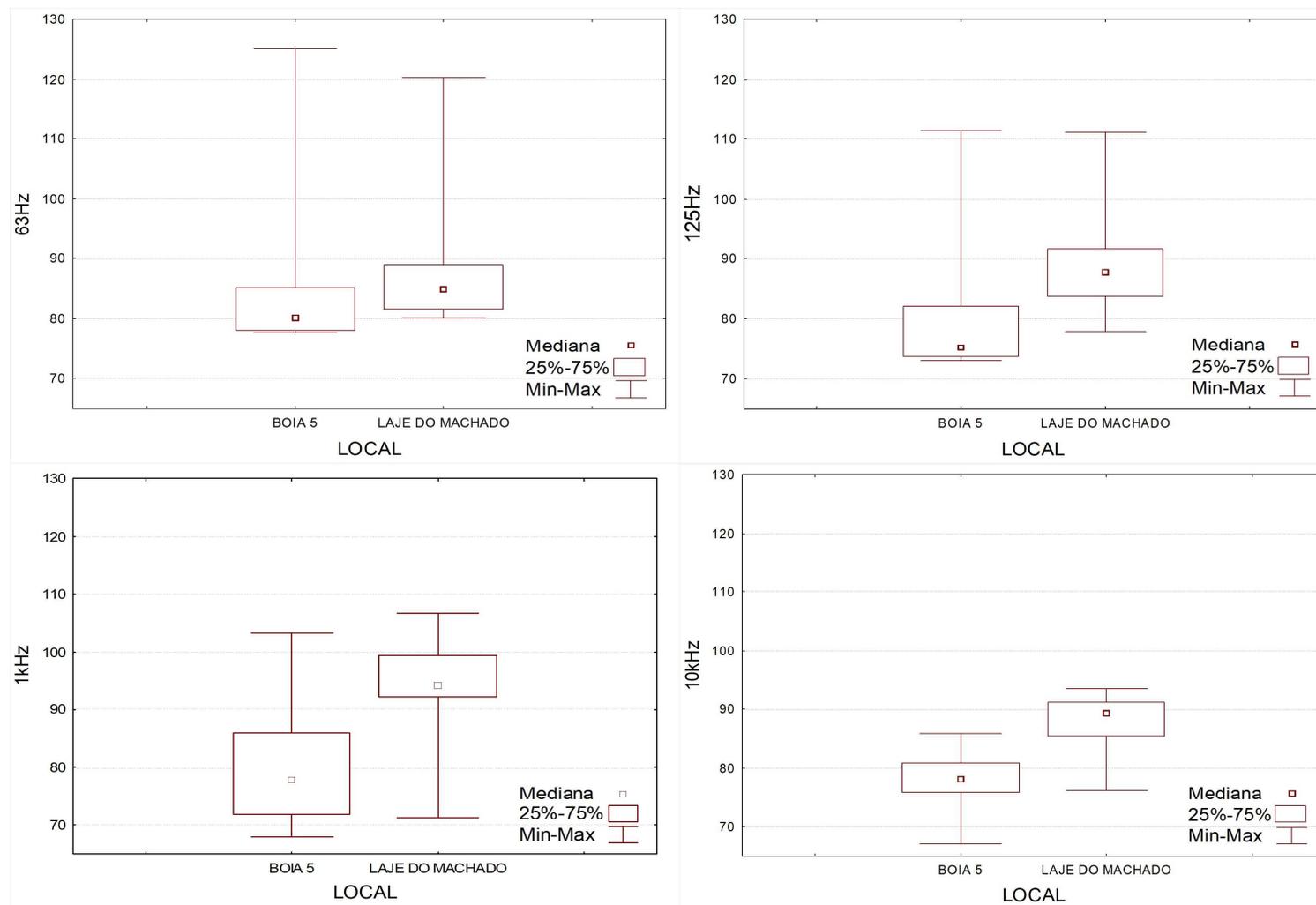
Ao realizar uma análise de 24 horas, dividindo em horas claras e escuras, foi possível observar as diferenças entre o períodos do dia. Durante o período diurno todos os terços de frequência analisados apresentaram diferenças significativas: 63 Hz (MW,  $U=868$ ,  $N_{BOIA}=57$ ,  $N_{LAJE}=57$ ,  $p=0,000001$ ), 125 Hz (MW,  $U=519,5$ ,  $N_{BOIA}=57$ ,  $N_{LAJE}=57$ ,  $p=0,000001$ ), 1 kHz (MW,  $U=423,5$ ,  $N_{BOIA}=57$ ,  $N_{LAJE}=57$ ,  $p=0,000001$ ), 10 kHz (MW,  $U=189,5$ ,  $N_{BOIA}=57$ ,  $N_{LAJE}=57$ ,  $p=0,000001$ ), sendo a Laje do Machado a que apresentou maiores níveis de pressão sonora (Tabela 5; Fig.39). Enquanto isso, os valores de temperatura registrados durante o período do dia, não apresentaram diferenças significativas (MW,  $U=1706$ ,  $N_{BOIA}=59$ ,  $N_{LAJE}=59$ ,  $p=0,733734$ ) entre os pontos de coleta (Tabela 5; Fig.40).

Tabela 5 – Resultados do teste de comparação Mann-Whitney entre a Boia 5 e a Laje do Machado para os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz e temperatura d’água durante o período do dia.

<b>Variável</b>	<b>Rank Sum – Boia 5</b>	<b>Rank Sum – Laje do Machado</b>	<b>U</b>	<b>Z Adjusted</b>	<b>p-level</b>	<b>Valid N – Boia 5</b>	<b>Valid N – Laje do Machado</b>
<b>63Hz</b>	2521,0	4382,0	868,0	-4,59244	0,000004	57	57
<b>125Hz</b>	2172,5	4730,5	519,5	-6,49232	0,000001	57	57
<b>1kHz</b>	2076,5	4826,5	423,5	-7,01563	0,000001	57	57
<b>10kHz</b>	1842,5	5060,5	189,5	-8,29325	0,000001	57	57
<b>Temperatura</b>	3476,0	3664,0	1706,0	-0,34016	0,733734	59	59

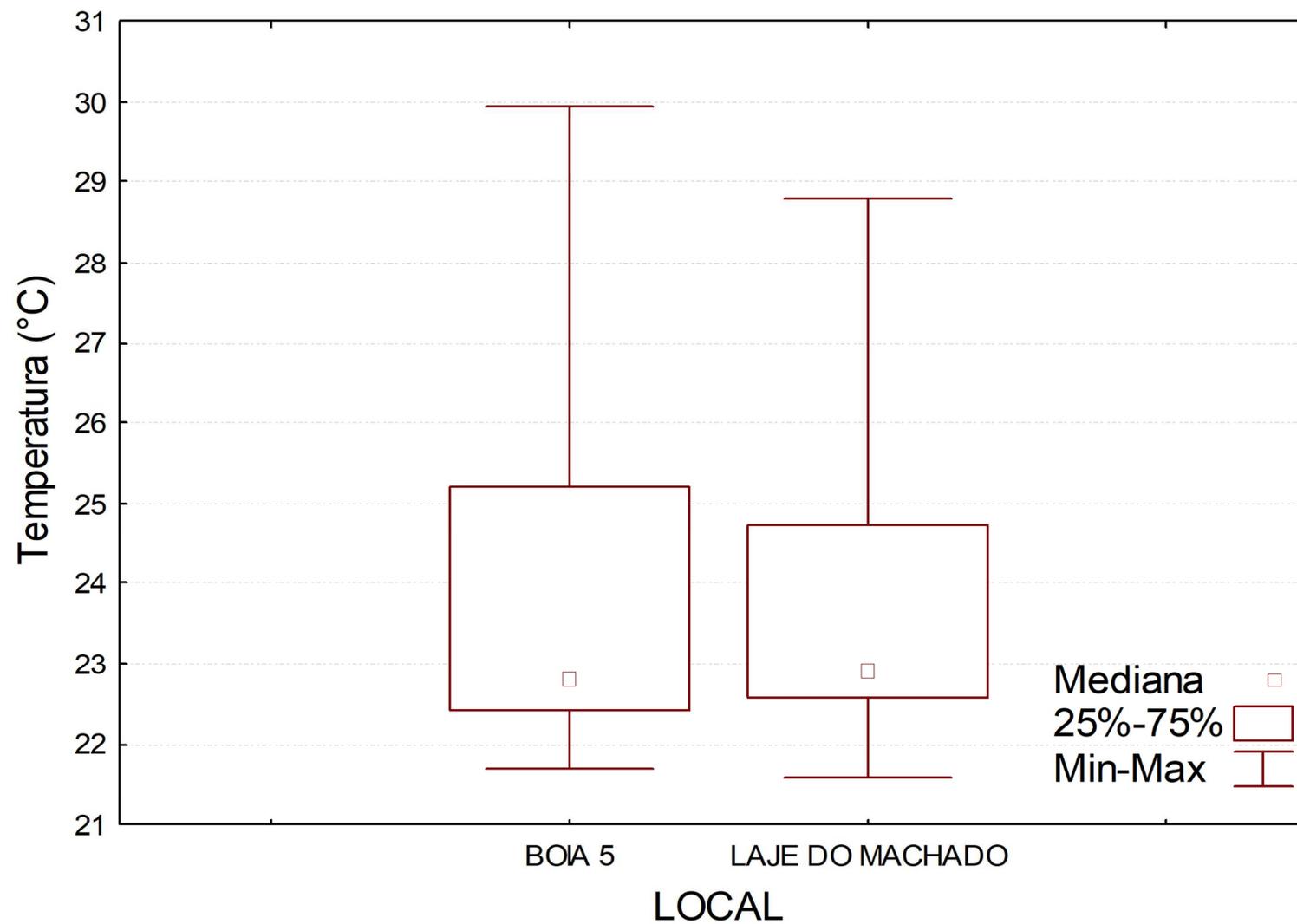
Fonte: A autora, 2023.

Figura 39 – Comparação de pressão sonora subaquática entre os a Boia 5 e a Laje do Machado nos terços de frequência de 63Hz, 125Hz, 1kHz e 10kHz durante o período do dia.



Fonte: A autora, 2023.

Figura 40 – Comparação de temperatura d'água entre a Boia 5 e a Laje do Machado durante o período do dia.



Fonte: A autora, 2023.

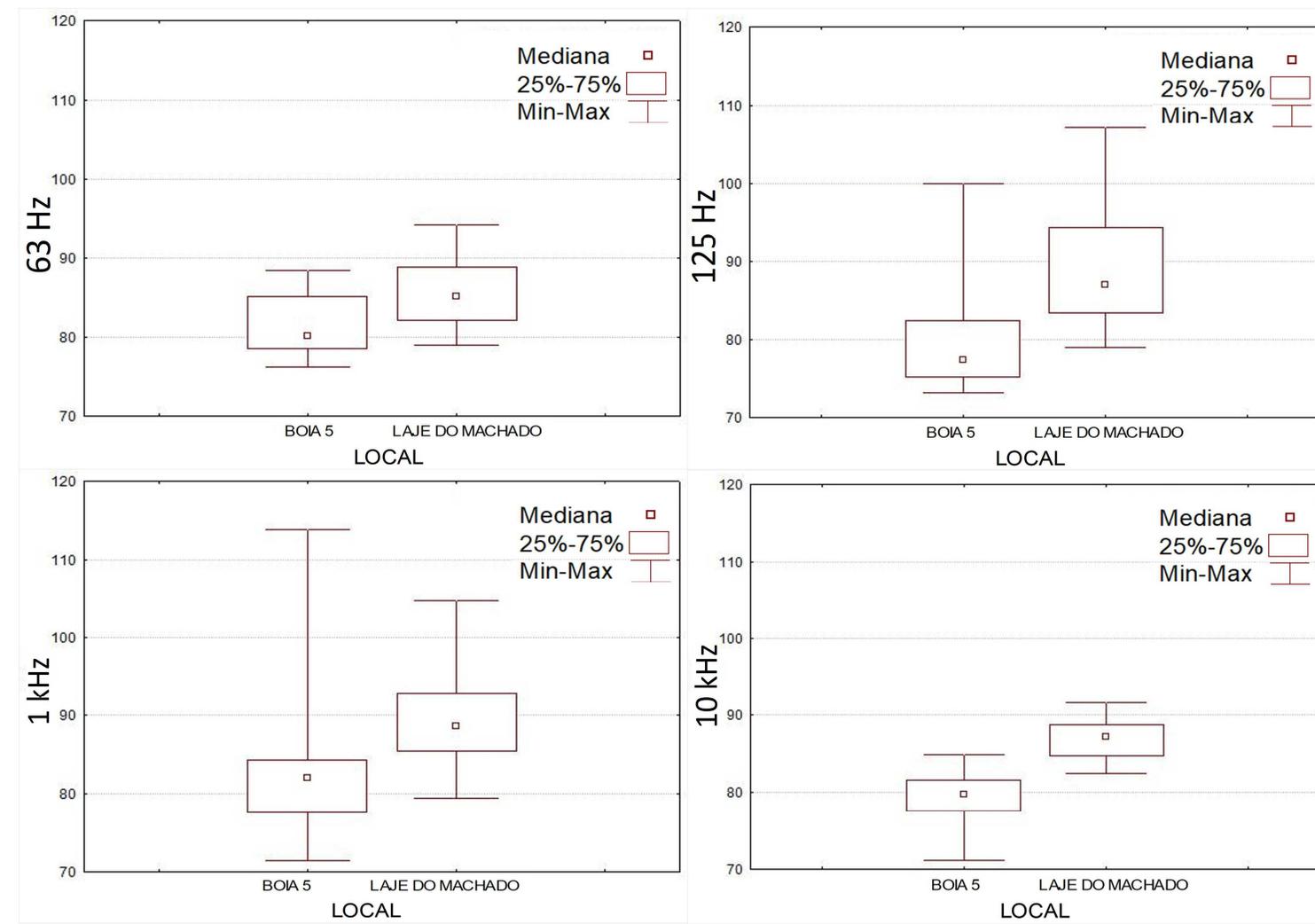
Semelhante ao período do dia, todos os terços de frequência analisados apresentaram diferenças significativas durante o período noturno: 63 Hz (MW,  $U=776$ ,  $N_{BOIA}=58$ ,  $N_{LAJE}=63$ ,  $p=0,000001$ ), 125 Hz (MW,  $U=414,5$ ,  $N_{BOIA}=58$ ,  $N_{LAJE}=63$ ,  $p=0,000001$ ), 1 kHz (MW,  $U=719$ ,  $N_{BOIA}=58$ ,  $N_{LAJE}=63$ ,  $p=0,000001$ ), 10 kHz (MW,  $U=32$ ,  $N_{BOIA}=58$ ,  $N_{LAJE}=63$ ,  $p=0,000001$ ), onde a Laje do Machado apresentou valores médios de pressão sonora maiores (Tabela 6; Fig. 41). As medianas dos valores de temperatura, no entanto, não apresentaram diferenças significativas entre os pontos de coleta durante a noite (MW,  $U=1949$ ,  $N_{BOIA}=63$ ,  $N_{LAJE}=63$ ,  $p=0,000001$ ) (Tabela 6; Fig. 42).

Tabela 6 – Resultados do teste de comparação Mann-Whitney entre a Boia 5 e a Laje do Machado para os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz e temperatura d’água durante o período da noite.

<b>Variável</b>	<b>Rank Sum – Boia 5</b>	<b>Rank Sum – Laje do Machado</b>	<b>U</b>	<b>Z Adjusted</b>	<b>p-level</b>	<b>Valid N – Boia 5</b>	<b>Valid N – Laje do Machado</b>
<b>63Hz</b>	2487,0	4894,0	776,0	-5,45360	0,000001	58	63
<b>125Hz</b>	2125,5	5255,5	414,5	-7,32882	0,000001	58	63
<b>1kHz</b>	2430,0	4951,0	719,0	-5,74912	0,000001	58	63
<b>10kHz</b>	1743,0	5638,0	32,0	-9,31419	0,000001	58	63
<b>Temperatura</b>	4036,0	3965,0	1949,0	0,17323	0,862473	63	63

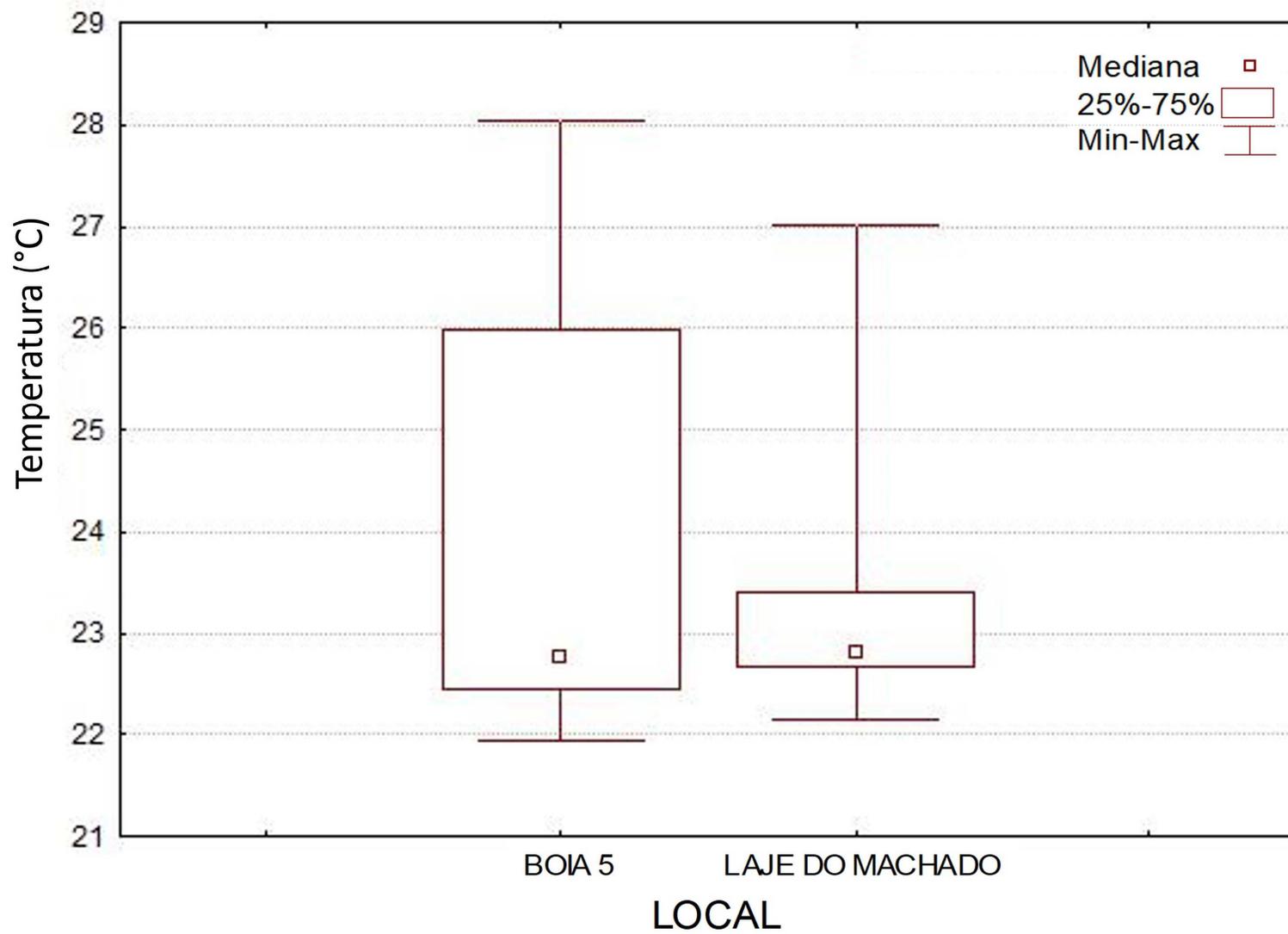
Fonte: A autora, 2023.

Figura 41 – Comparação de pressão sonora subaquática entre a Boia 5 e a Laje do Machado nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz durante o período da noite.



Fonte: A autora, 2023.

Figura 42 – Comparação de temperatura d'água entre a Boia 5 e a Laje do Machado durante o período da noite.



Fonte: A autora, 2023.

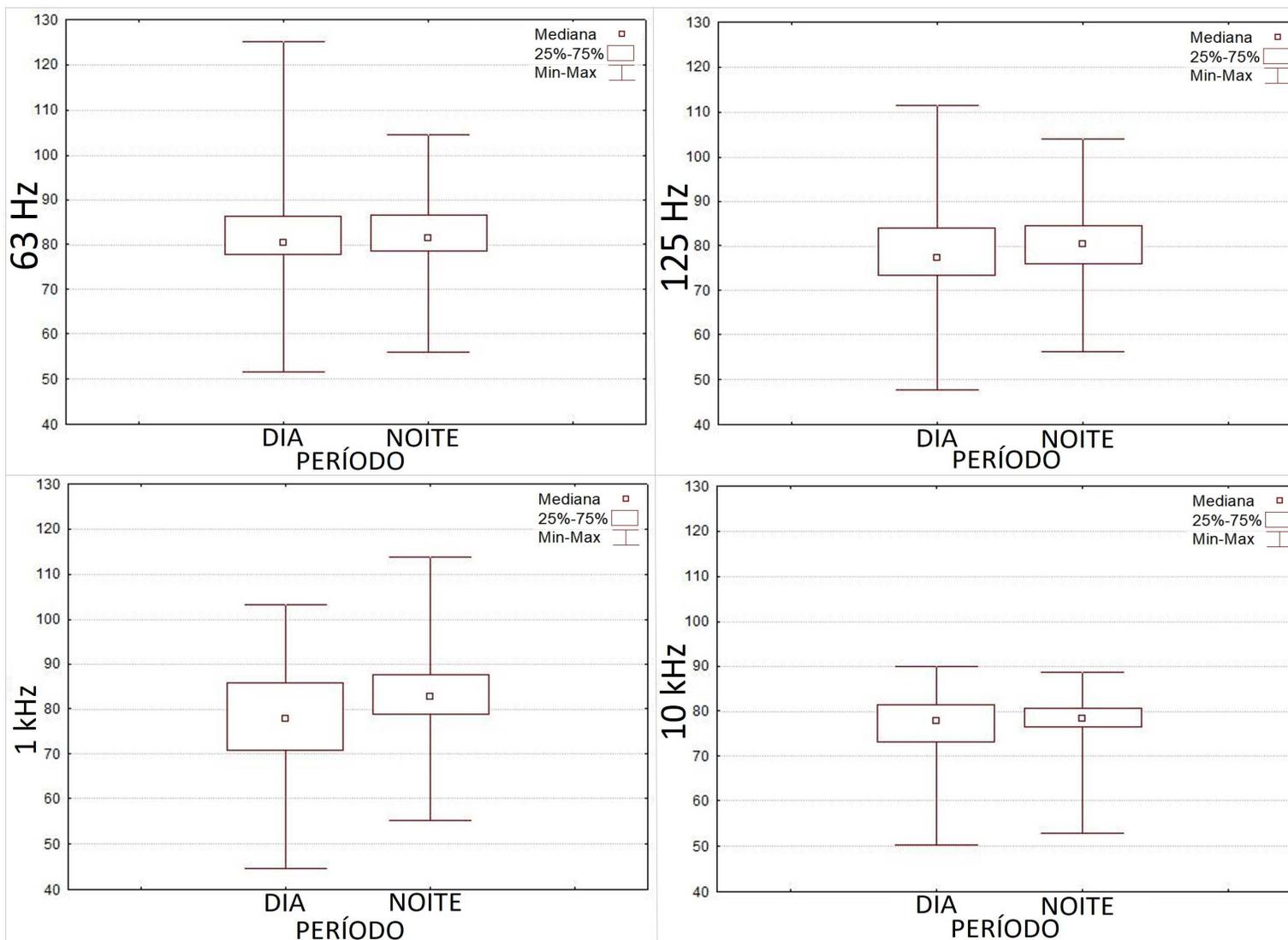
Após as análises comparando uma localidade a outra, foi possível confeccionar análises para cada local individualmente, comparando apenas as horas claras e horas escuras de cada ponto. No ponto de coleta da Boia 5, os resultados mostraram diferenças significativas nos terços de frequência de 63 Hz (MW,  $U=6063$ ,  $N_{DIA}=122$ ,  $N_{NOITE}=117$ ,  $p=0,044396$ ), 125 Hz (MW,  $U=5605$ ,  $N_{DIA}=122$ ,  $N_{NOITE}=117$ ,  $p=0,004138$ ) e 1 kHz (MW,  $U=4789,5$ ,  $N_{DIA}=122$ ,  $N_{NOITE}=117$ ,  $p=0,000001$ ), onde os valores médios maiores foram encontrados durante a noite, já o terço de 10 kHz não apresentou diferenças significativas (MW,  $U=6472,5$ ,  $N_{DIA}=122$ ,  $N_{NOITE}=117$ ,  $p=0,213567$ ) entre os períodos do dia (Tabela 7; Fig. 43). Em relação aos dados de temperatura registrados, não foram observadas diferenças significativas (MW,  $U=$ ,  $N_{DIA}=124$ ,  $N_{NOITE}=122$ ,  $p=0,580360$ ) entre o dia e a noite (Tabela 7; Fig. 44).

Tabela 7 – Resultados do teste de comparação Mann-Whitney, na Boia 5, para os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz e temperatura d’água durante os períodos do dia e da noite.

<b>Variável</b>	<b>Rank Sum – DIA</b>	<b>Rank Sum – NOITE</b>	<b>U</b>	<b>Z Adjusted</b>	<b>p-level</b>	<b>Valid N – DIA</b>	<b>Valid N – NOITE</b>
<b>63Hz</b>	13566,0	15114,0	6063,0	-2,01034	0,044396	122	117
<b>125Hz</b>	13108,0	15572,0	5605,0	-2,86744	0,004138	122	117
<b>1kHz</b>	12292,5	16387,5	4789,5	-4,39366	0,000011	122	117
<b>10kHz</b>	13975,5	14704,5	6472,5	-1,24382	0,213567	122	117
<b>Temperatura</b>	15005,5	15375,5	7255,5	-0,55286	0,580360	124	122

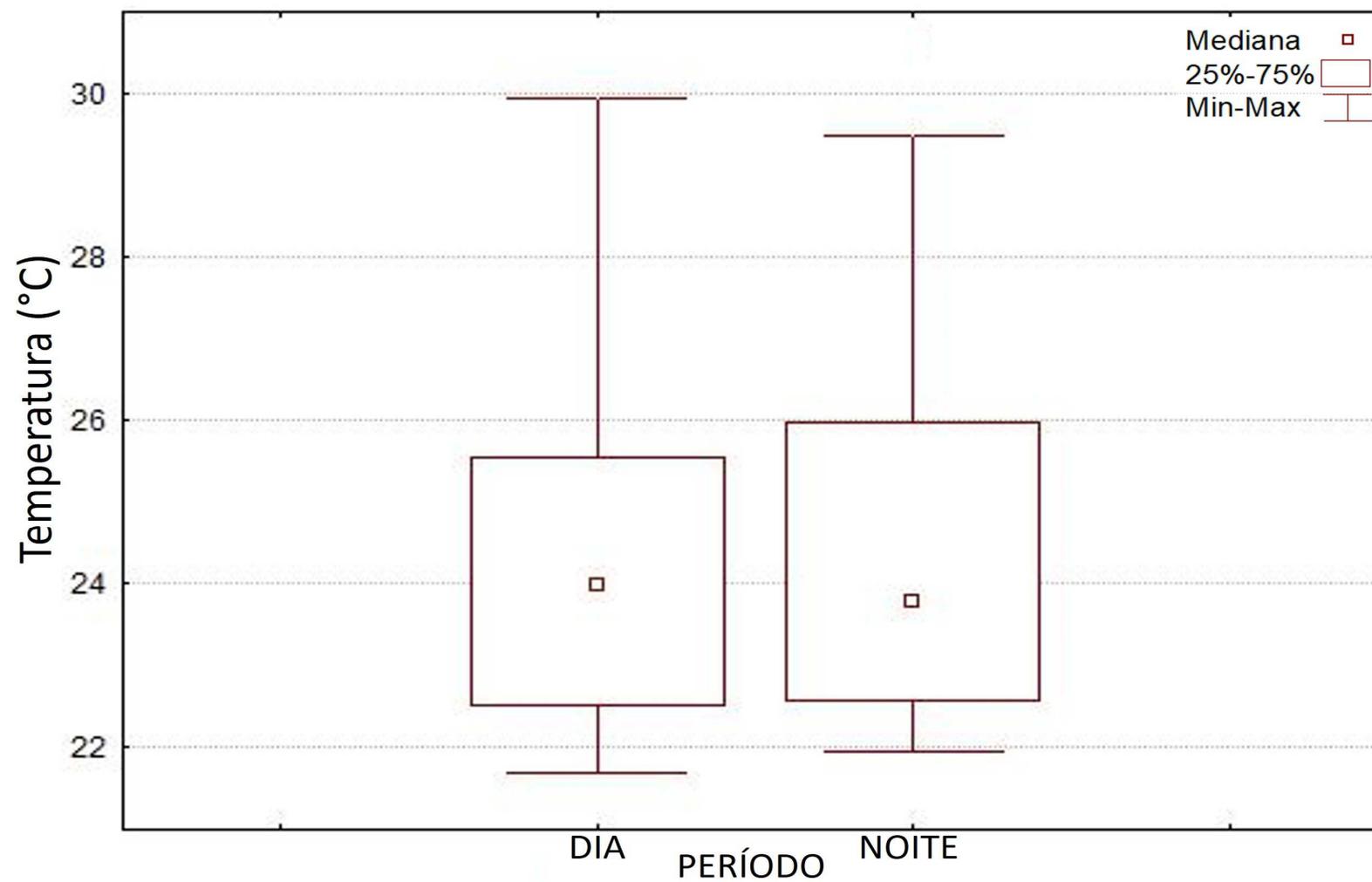
Fonte: A autora, 2023.

Figura 43 – Comparação de pressão sonora subaquática, na Boia 5, nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz, durante os períodos do dia e da noite.



Fonte: A autora, 2023.

Figura 44 – Comparação de temperatura d'água, na Boia 5, durante os períodos do dia e da noite.



Fonte: A autora, 2023.

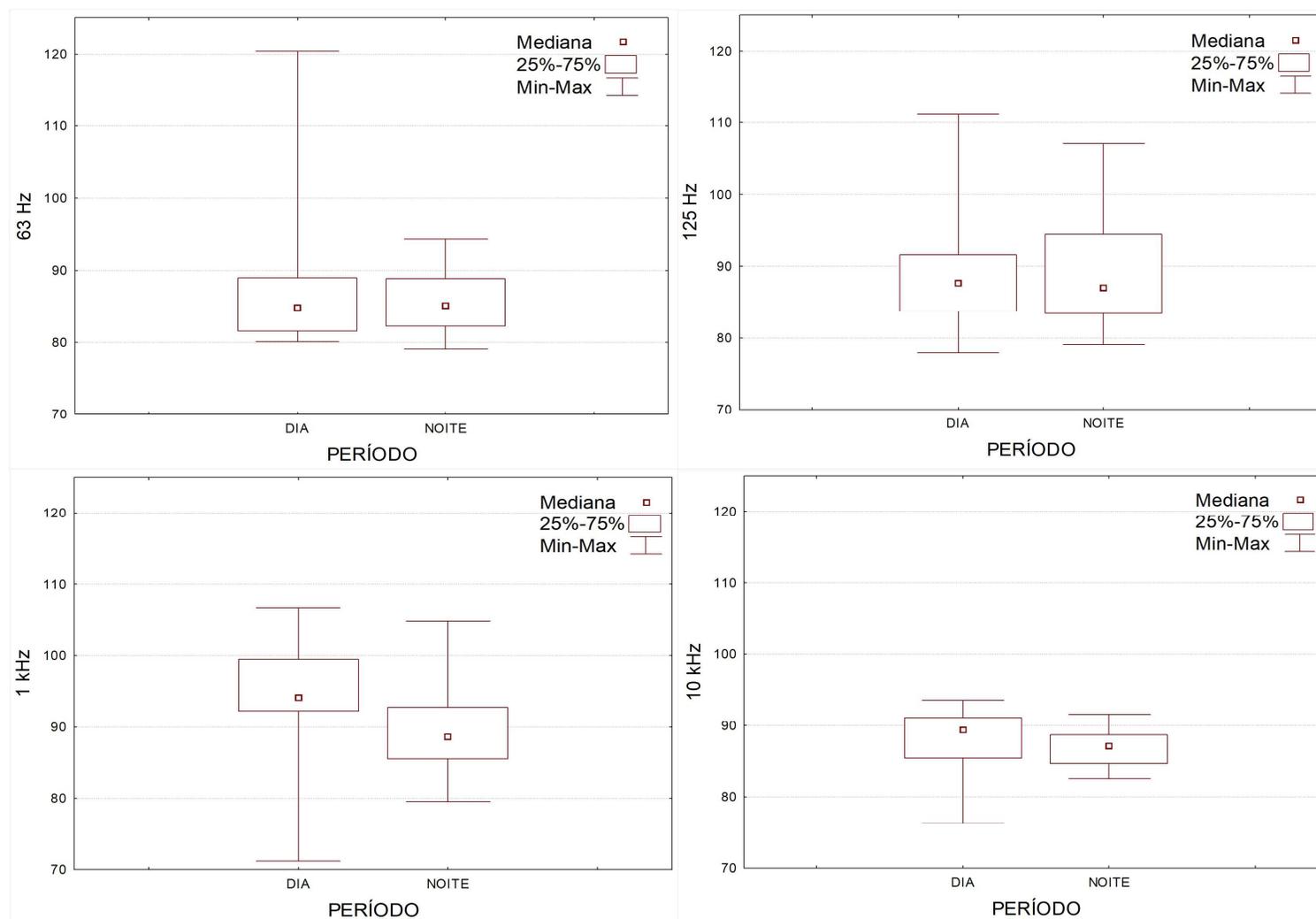
Para o ponto da Laje do Machado, os resultados de comparação mostram que os terços de frequência que apresentaram diferenças significativas entre os períodos do dia foram de 1 kHz (MW,  $U=855$ ,  $N_{DIA}=60$ ,  $N_{NOITE}=63$ ,  $p=0,000001$ ) e 10 kHz (MW,  $U=1381,5$ ,  $N_{DIA}=60$ ,  $N_{NOITE}=63$ ,  $p=0,010071$ ), com maiores valores médios durante o período do dia, enquanto os terços de 63 Hz (MW,  $U=1880,5$ ,  $N_{DIA}=60$ ,  $N_{NOITE}=63$ ,  $p=0,961655$ ) e 125 Hz (MW,  $U=1844,5$ ,  $N_{DIA}=60$ ,  $N_{NOITE}=63$ ,  $p=0,817909$ ) não apresentam diferenças significativas (Tabela 8; Fig. 45). Em relação aos valores de temperatura, não foram observadas diferenças significativas (MW,  $U=1764$ ,  $N_{DIA}=60$ ,  $N_{NOITE}=63$ ,  $p=0,523745$ ) entre os períodos do dia (Tabela 8; Fig 46).

Tabela 8 – Resultados do teste de comparação *Mann-Whitney*, na Laje do Machado, para os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz e temperatura d’água durante os períodos do dia e da noite.

<b>Variável</b>	<b>Rank Sum – DIA</b>	<b>Rank Sum – NOITE</b>	<b>U</b>	<b>Z Adjusted</b>	<b>p-level</b>	<b>Valid N – DIA</b>	<b>Valid N – NOITE</b>
<b>63Hz</b>	3710,5	3915,5	1880,5	-0,048077	0,961655	60	63
<b>125Hz</b>	3674,5	3951,5	1844,5	-0,230236	0,817909	60	63
<b>1kHz</b>	4755,0	2871,0	855,0	5,237262	0,000001	60	63
<b>10kHz</b>	4228,5	3397,5	1381,5	2,573397	0,010071	60	63
<b>Temperatura</b>	3846,0	3780,0	1764,0	0,637584	0,523745	60	63

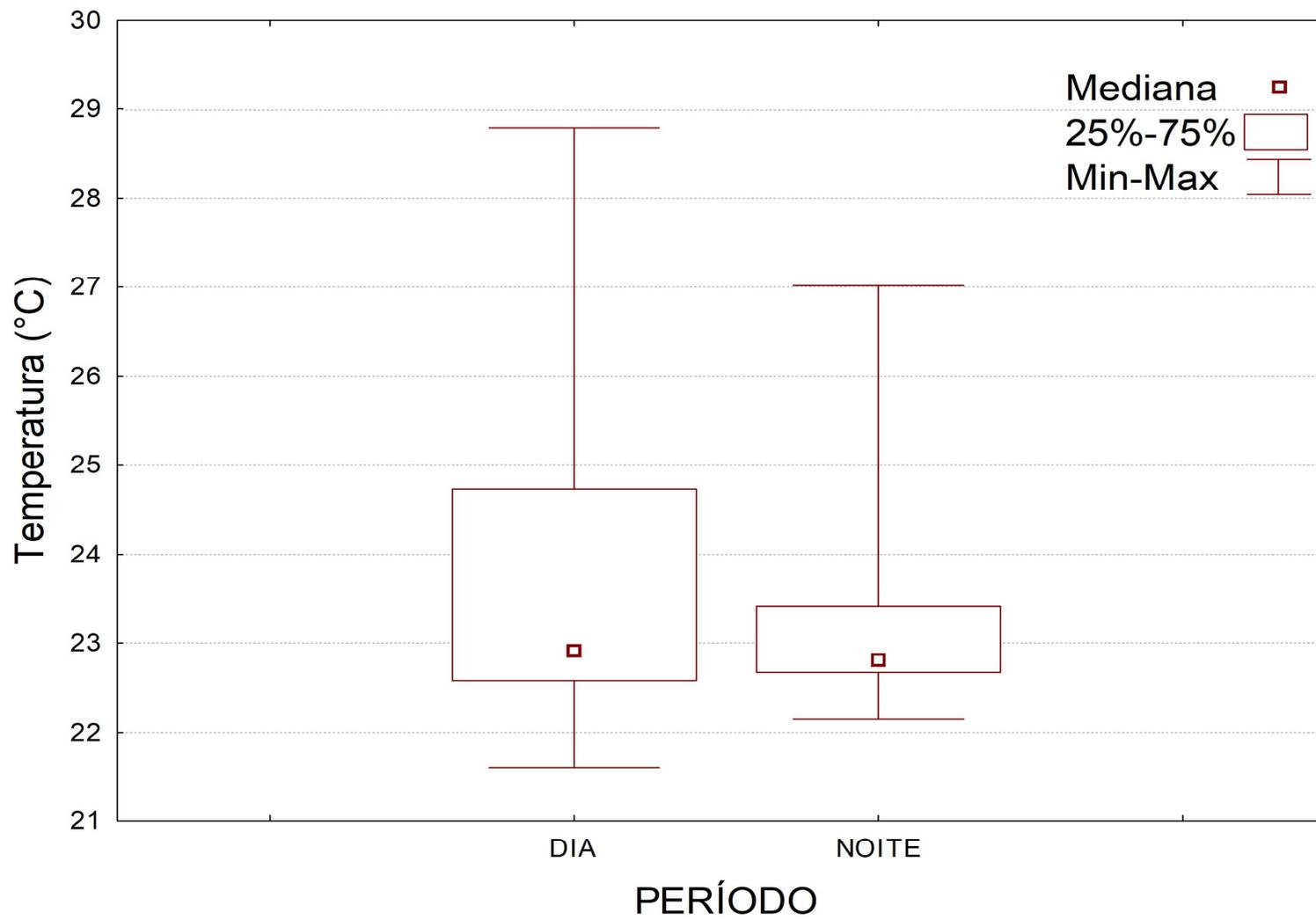
Fonte: A autora, 2023.

Figura 45 – Comparação de pressão sonora subaquática, na Laje do Machado, nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz, durante os períodos do dia e da noite.



Fonte: A autora, 2023.

Figura 46 – Comparação de temperatura d'água, na Laje do Machado, durante os períodos do dia e da noite.



Fonte: A autora, 2023.

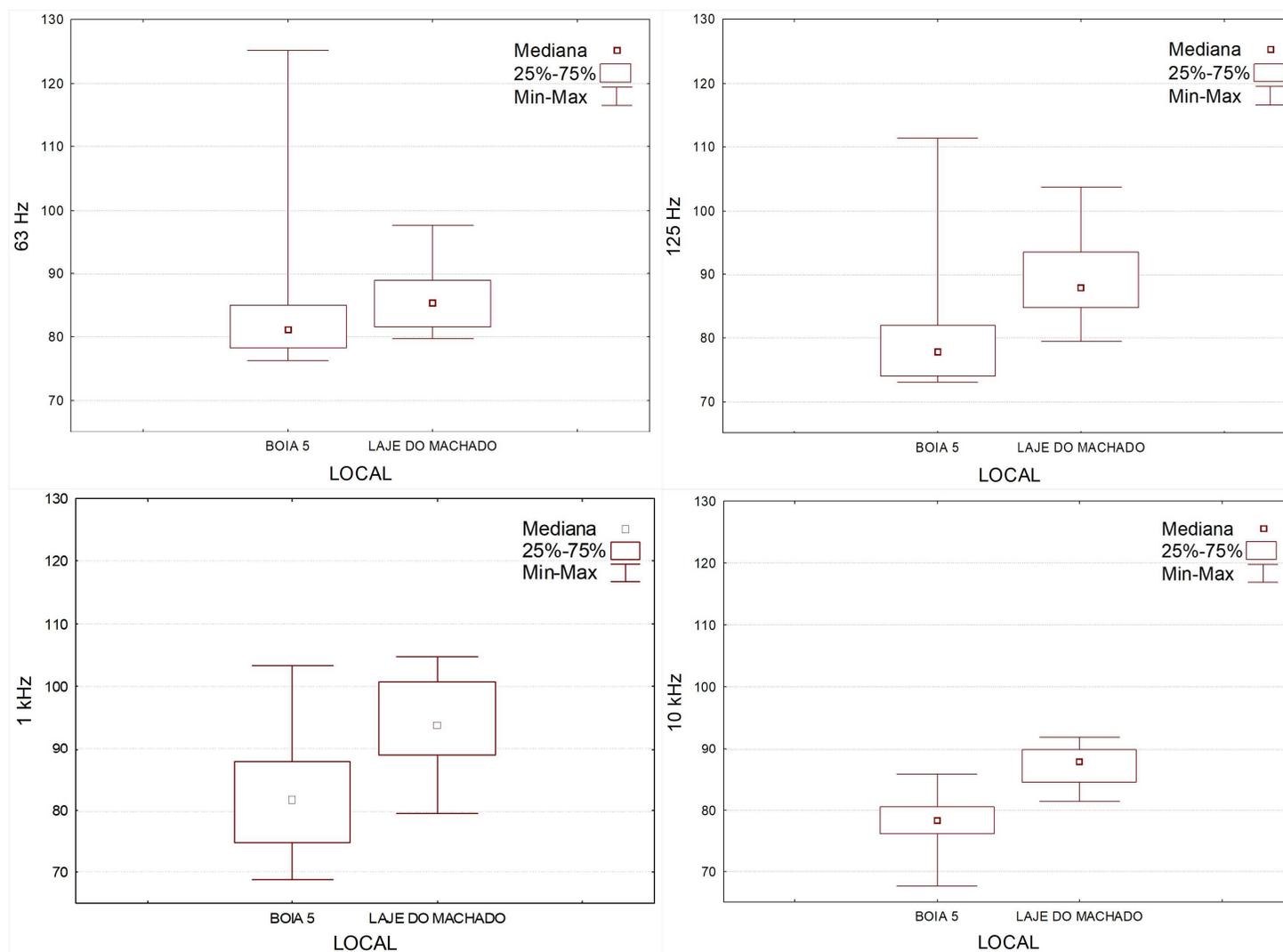
Ademais, foi possível correlacionar as marés, vazante e enchente, para cada local de coleta e comparando as marés em cada localidade. Ao comparar os pontos de coleta durante a maré enchente, foram observadas diferenças significativas em todos os terços de frequência analisados: 63 Hz (MW,  $U=701$ ,  $N_{BOIA}=53$ ,  $N_{LAJE}=58$ ,  $p=0,000001$ ), 125 Hz (MW,  $U=282$ ,  $N_{BOIA}=53$ ,  $N_{LAJE}=58$ ,  $p=0,000001$ ), 1 kHz (MW,  $U=516$ ,  $N_{BOIA}=53$ ,  $N_{LAJE}=58$ ,  $p=0,000001$ ) e 10 kHz (MW,  $U=95$ ,  $N_{BOIA}=53$ ,  $N_{LAJE}=58$ ,  $p=0,000001$ ), sendo os maiores níveis de pressão sonora encontrados na Laje do Machado (Tabela 9; Fig 47). Os valores de temperatura, durante a maré enchente, não apresentaram diferenças significativas (MW,  $U=1681,5$ ,  $N_{BOIA}=58$ ,  $N_{LAJE}=58$ ,  $p=0,997797$ ) entre os pontos de coleta (Tabela 9; Fig. 48).

Tabela 9 – Resultados do teste de comparação Mann-Whitney entre a Boia 5 e a Laje do Machado para os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz e temperatura d’água durante a maré enchente.

<b>Variável</b>	<b>Rank Sum – Boia 5</b>	<b>Rank Sum – Laje do Machado</b>	<b>U</b>	<b>Z Adjusted</b>	<b>p-level</b>	<b>Valid N – Boia 5</b>	<b>Valid N – Laje do Machado</b>
<b>63Hz</b>	2132,0	4084,0	701,0	-4,93653	0,000001	53	58
<b>125Hz</b>	1713,0	4503,0	282,0	-7,40976	0,000001	53	58
<b>1kHz</b>	1947,5	4268,5	516,5	-6,02509	0,000001	53	58
<b>10kHz</b>	1526,5	4689,5	95,5	-8,51154	0,000001	53	58
<b>Temperatura</b>	3393,5	3392,5	1681,5	0,00276	0,997797	58	58

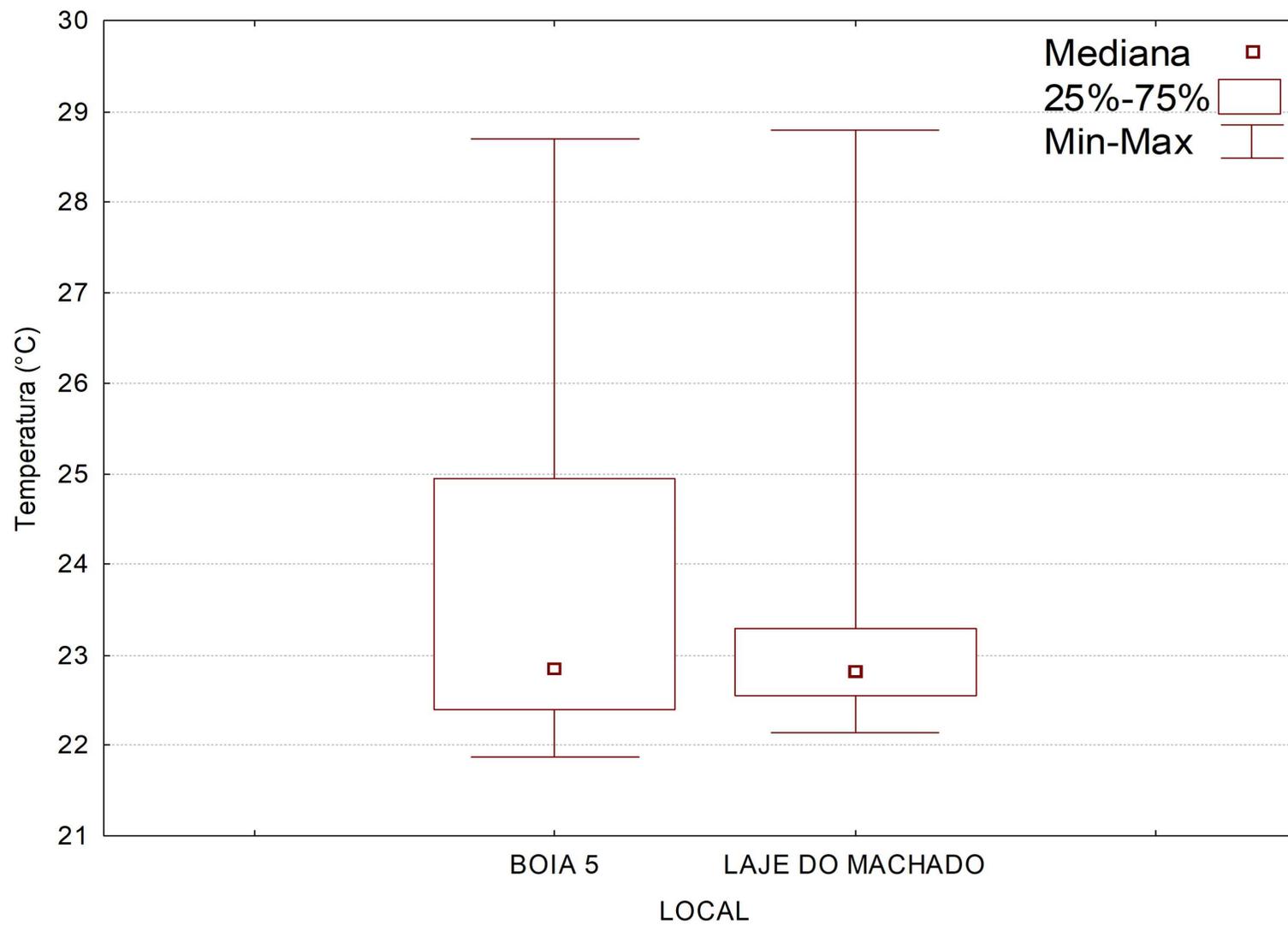
Fonte: A autora, 2023.

Figura 47 – Comparação de pressão sonora subaquática entre a Boia 5 e a Laje do Machado nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz durante o período de maré enchente.



Fonte: A autora, 2023.

Figura 48 – Comparação de temperatura d'água entre a Boia 5 e a Laje do Machado durante o período de maré enchente.



Fonte: A autora, 2023.

Durante a fase de maré vazante, os resultados de comparação entre a Boia 5 e a Laje do Machado apontaram diferenças significativas em todos os terços de frequência analisados: 63 Hz (MW,  $U=955$ ,  $N_{BOIA}=62$ ,  $N_{LAJE}=65$ ,  $p=0,000001$ ), 125 Hz (MW,  $U=661,5$ ,  $N_{BOIA}=62$ ,  $N_{LAJE}=65$ ,  $p=0,000001$ ), 1 kHz (MW,  $U=572,5$ ,  $N_{BOIA}=62$ ,  $N_{LAJE}=65$ ,  $p=0,000001$ ) e 10 kHz (MW,  $U=150$ ,  $N_{BOIA}=62$ ,  $N_{LAJE}=65$ ,  $p=0,000001$ ), onde a Laje do Machado apresentou maiores valores médios de pressão sonora (Tabela 10; Fig. 49). Enquanto isso, os valores de temperatura não apresentaram diferenças entre os pontos de coleta, durante a maré vazante (MW,  $U=2056$ ,  $N_{BOIA}=64$ ,  $N_{LAJE}=65$ ,  $p=0,909982$ ) (Tabela 10; Fig. 50).

Tabela 10 – Resultados do teste de comparação Mann-Whitney entre a Boia 5 e a Laje do Machado para os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz e temperatura d'água durante a maré vazante.

<b>Variável</b>	<b>Rank Sum – Boia 5</b>	<b>Rank Sum – Laje do Machado</b>	<b>U</b>	<b>Z Adjusted</b>	<b>p-level</b>	<b>Valid N – Boia 5</b>	<b>Valid N – Laje do Machado</b>
<b>63Hz</b>	2908,0	5220,0	955,0	-5,11309	0,000001	62	65
<b>125Hz</b>	2614,5	5513,5	661,5	-6,52860	0,000001	62	65
<b>1kHz</b>	2525,5	5602,5	572,5	-6,95772	0,000001	62	65
<b>10kHz</b>	2103,0	6025,0	150,0	-8,99608	0,000001	62	65
<b>Temperatura</b>	4136,0	4249,0	2056,0	-0,11306	0,909982	64	65

Fonte: A autora, 2023.

Figura 49 – Comparação de pressão sonora subaquática entre a Boia 5 e a Laje do Machado nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz durante o período de maré vazante.

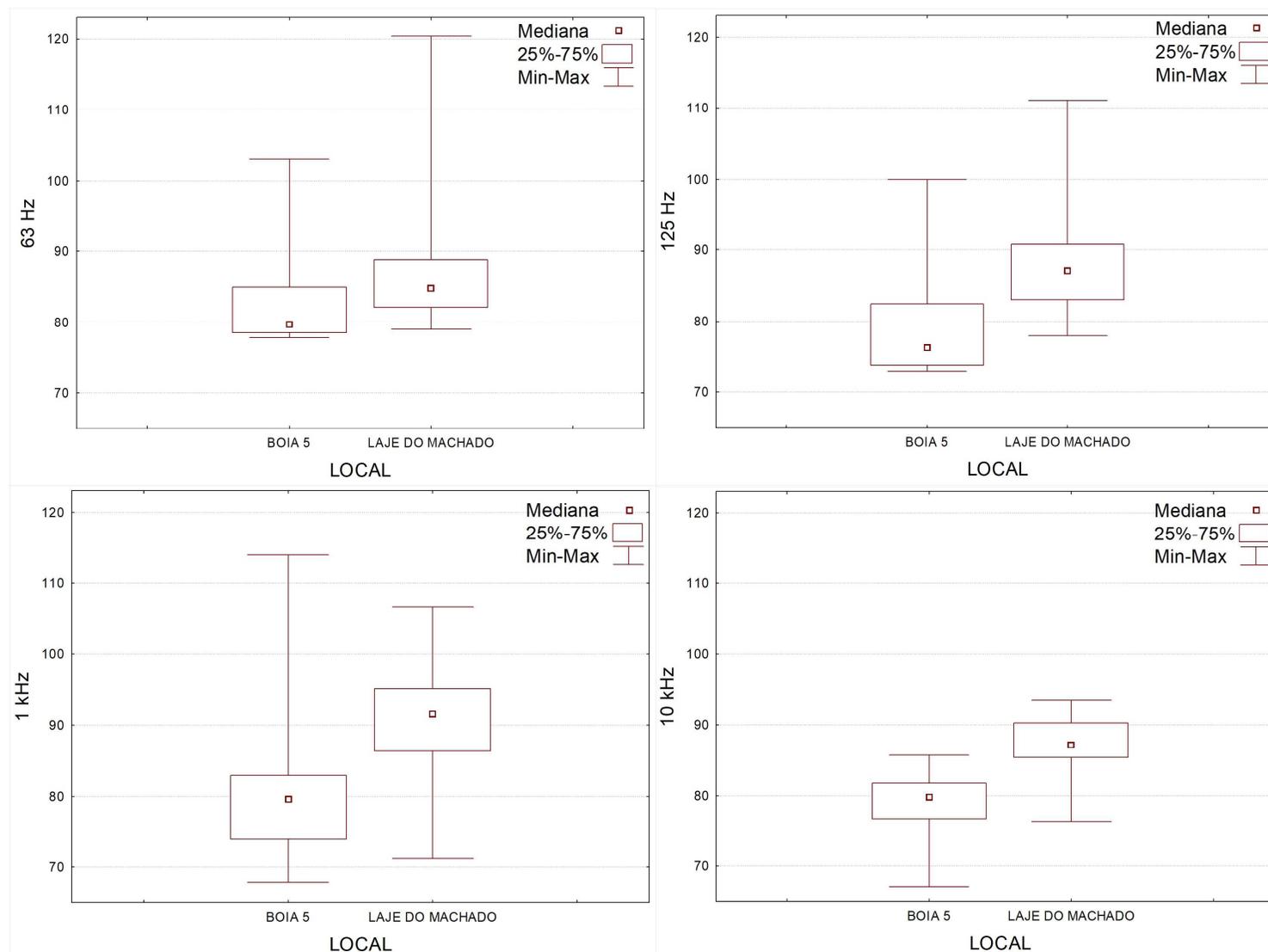
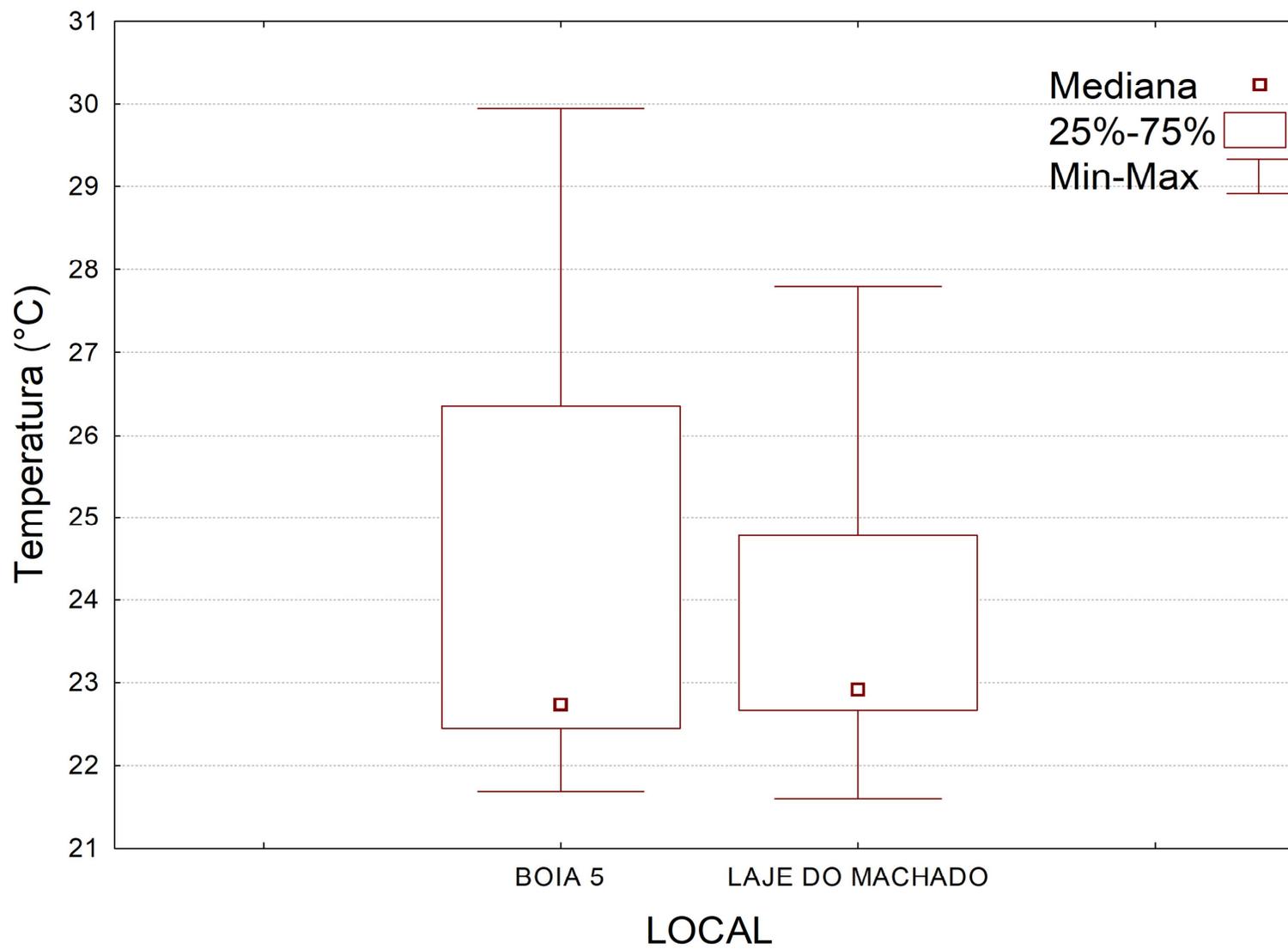


Figura 50 – Comparação de temperatura d'água entre a Boia 5 e a Laje do Machado durante o período de maré vazante.



Fonte: A autora, 2023.

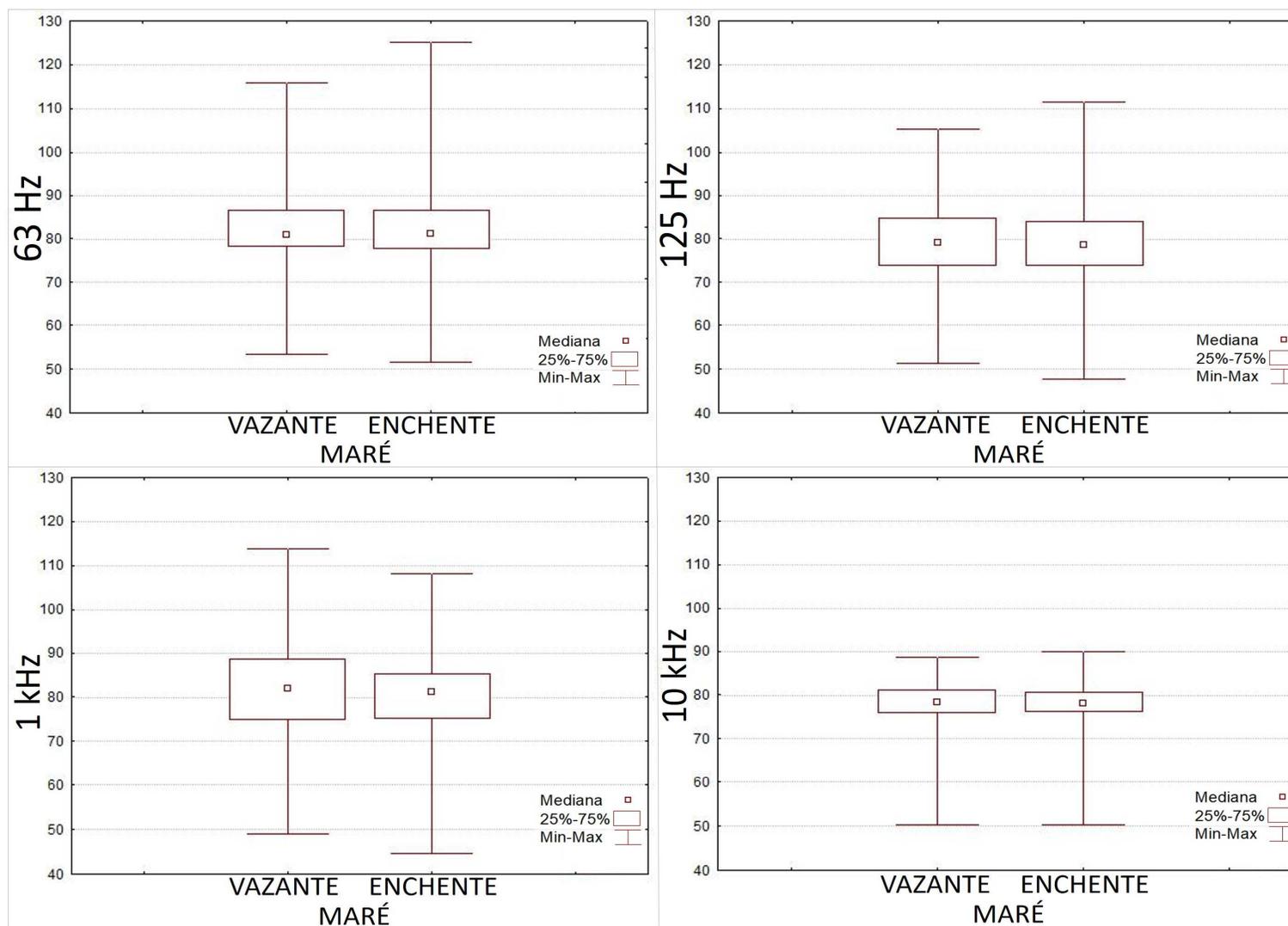
Por fim, foi possível realizar comparações entre as fase de maré em cada ponto de coleta. Na Boia 5, os resultados não mostraram diferenças significativas entre as fases de maré em nenhum dos terços de frequência analisados: 63 Hz (MW,  $U=6796$ ,  $N_{VAZANTE}=126$ ,  $N_{ENCHENTE}=113$ ,  $p=0,544938$ ), 125 Hz (MW,  $U=6759$ ,  $N_{VAZANTE}=126$ ,  $N_{ENCHENTE}=113$ ,  $p=0,499891$ ), 1 kHz (MW,  $U=6962,5$ ,  $N_{VAZANTE}=126$ ,  $N_{ENCHENTE}=113$ ,  $p=0,769308$ ) e 10 kHz (MW,  $U=7030$ ,  $N_{VAZANTE}=126$ ,  $N_{ENCHENTE}=113$ ,  $p=0,867526$ ) (Tabela 11; Fig. 51); nem nos valores de temperatura (MW,  $U=7331$ ,  $N_{VAZANTE}=128$ ,  $N_{ENCHENTE}=118$ ,  $p=0,691835$ ) entre as fases de maré, na Boia 5 (Tabela 11; Fig. 52).

Tabela 11 – Comparação de pressão sonora subaquática, na Boia 5, nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz, durante as marés enchente e vazante.

Variável	Rank	Rank	U	Z	p-level	Valid N	Valid N
	Sum – Vazante	Sum – Enchente				– Vazante	– Enchente
<b>63Hz</b>	15443,0	13237,0	6796,0	0,605364	0,544938	126	113
<b>125Hz</b>	15480,0	13200,0	6759,0	0,674663	0,499891	126	113
<b>1kHz</b>	15276,5	13403,5	6962,5	0,293281	0,769308	126	113
<b>10kHz</b>	15209,0	13471,0	7030,0	0,166802	0,867526	126	113
<b>Temperatura</b>	16029,0	14352,0	7331,0	0,396366	0,691835	128	118

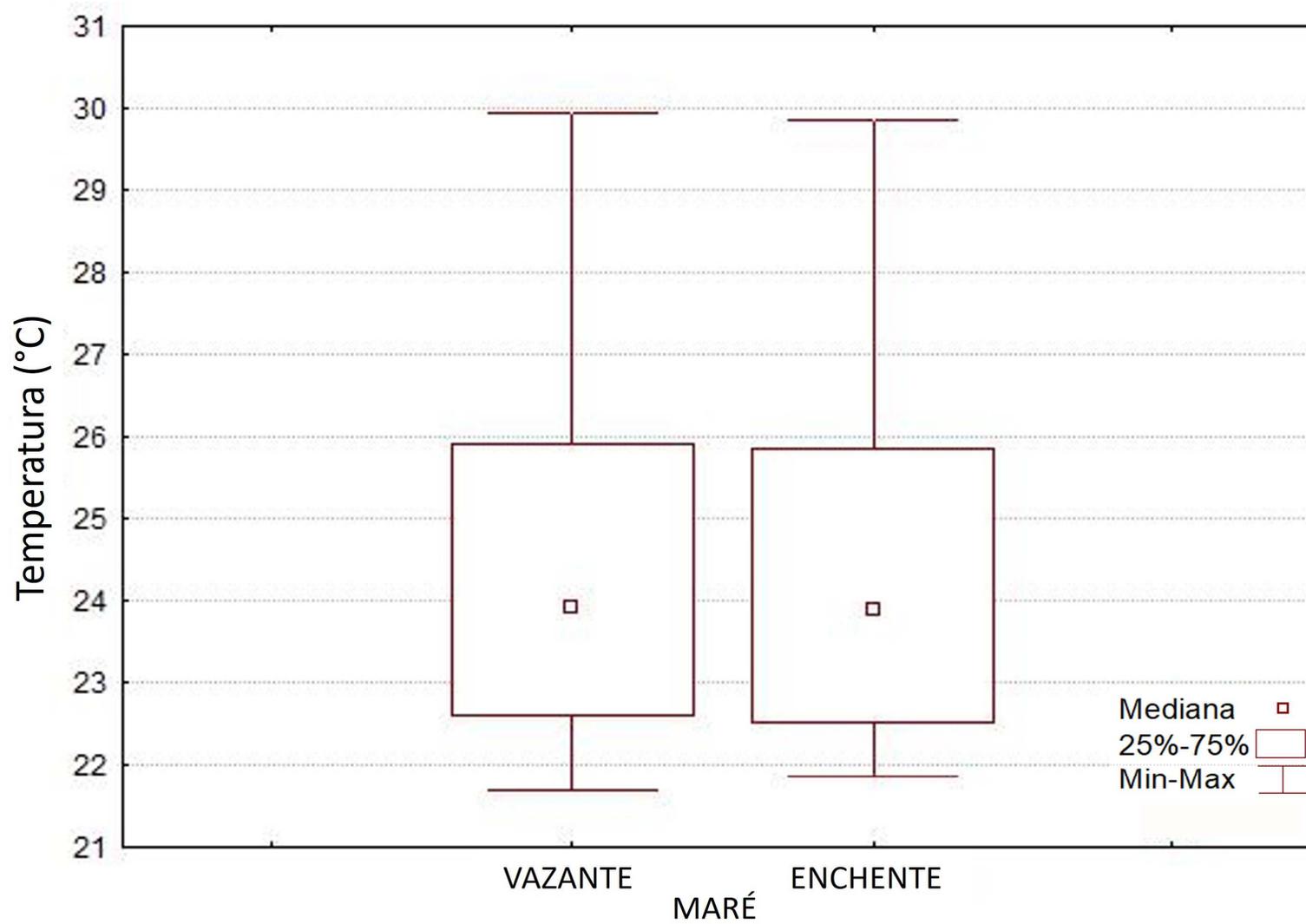
Fonte: A autora, 2023.

Figura 51 – Comparação de pressão sonora subaquática, na Boia 5, nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz, durante as marés enchente e vazante.



Fonte: A autora, 2023.

Figura 52 – Comparação de temperatura da água, na Boia 5, nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz, durante as marés enchente e vazante.



Fonte: A autora, 2023.

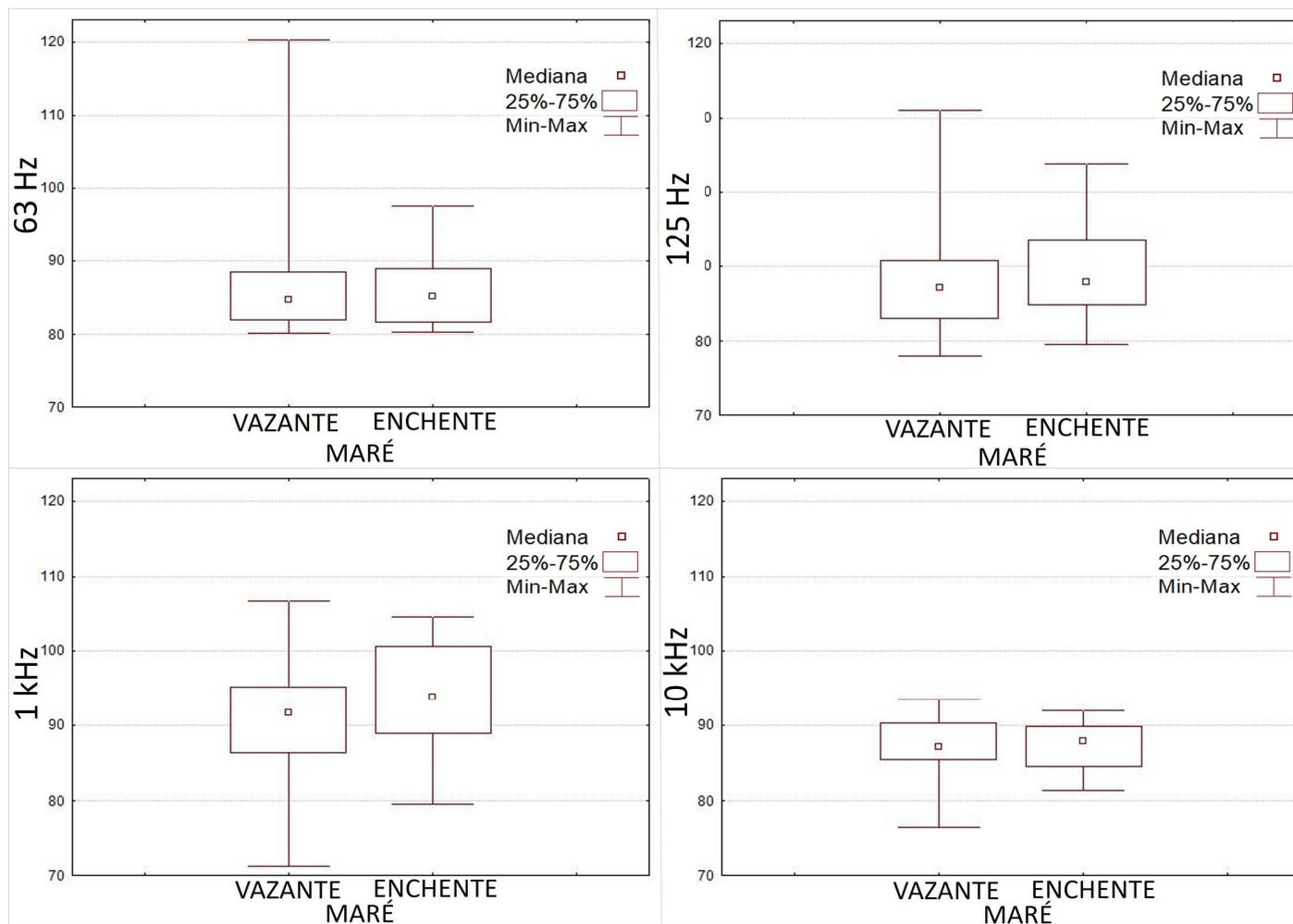
No ponto de coleta na Laje do Machado, o único de terço de frequência que apresentou diferença significativa entre as fases de maré foi de 1 kHz (MW,  $U=1381,5$ ,  $N_{\text{VAZANTE}}=65$ ,  $N_{\text{ENCHENTE}}=58$ ,  $p=0,010737$ ), onde os maiores valores médios de pressão sonora ocorreram durante a maré enchente. Equanto isso, os demais terços de frequência não apresentaram diferenças significativas: 63 Hz (MW,  $U=1711,5$ ,  $N_{\text{VAZANTE}}=65$ ,  $N_{\text{ENCHENTE}}=58$ ,  $p=0,379291$ ), 125 Hz (MW,  $U=1710$ ,  $N_{\text{VAZANTE}}=65$ ,  $N_{\text{ENCHENTE}}=58$ ,  $p=0,375244$ ) e 10 kHz (MW,  $U=1833$ ,  $N_{\text{VAZANTE}}=65$ ,  $N_{\text{ENCHENTE}}=58$ ,  $p=0,792159$ ) (Tabela 12; Fig. 53). Os valores de temperatura registrados também não apresentaram diferenças significativas entre as fases de maré (Tabela 12; Fig. 54).

Tabela 12 – Resultados do teste de comparação *Mann-Whitney*, no Laje do Machado, para os terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz e temperatura d’água durante as marés enchente e vazante.

Variável	Rank	Rank	U	Z	p-level	Valid N	Valid N
	Sum – Vazante	Sum – Enchente				– Vazante	– Enchente
<b>63Hz</b>	3856,5	3769,5	1711,500	-0,87920	0,379291	65	58
<b>125Hz</b>	3855,0	3771,0	1710,000	-0,88670	0,375244	65	58
<b>1kHz</b>	3526,5	4099,5	1381,500	-2,55117	0,010737	65	58
<b>10kHz</b>	4082,0	3544,0	1833,000	0,26351	0,792159	65	58
<b>Temperatura</b>	4150,0	3476,0	1765,000	0,60803	0,543170	65	58

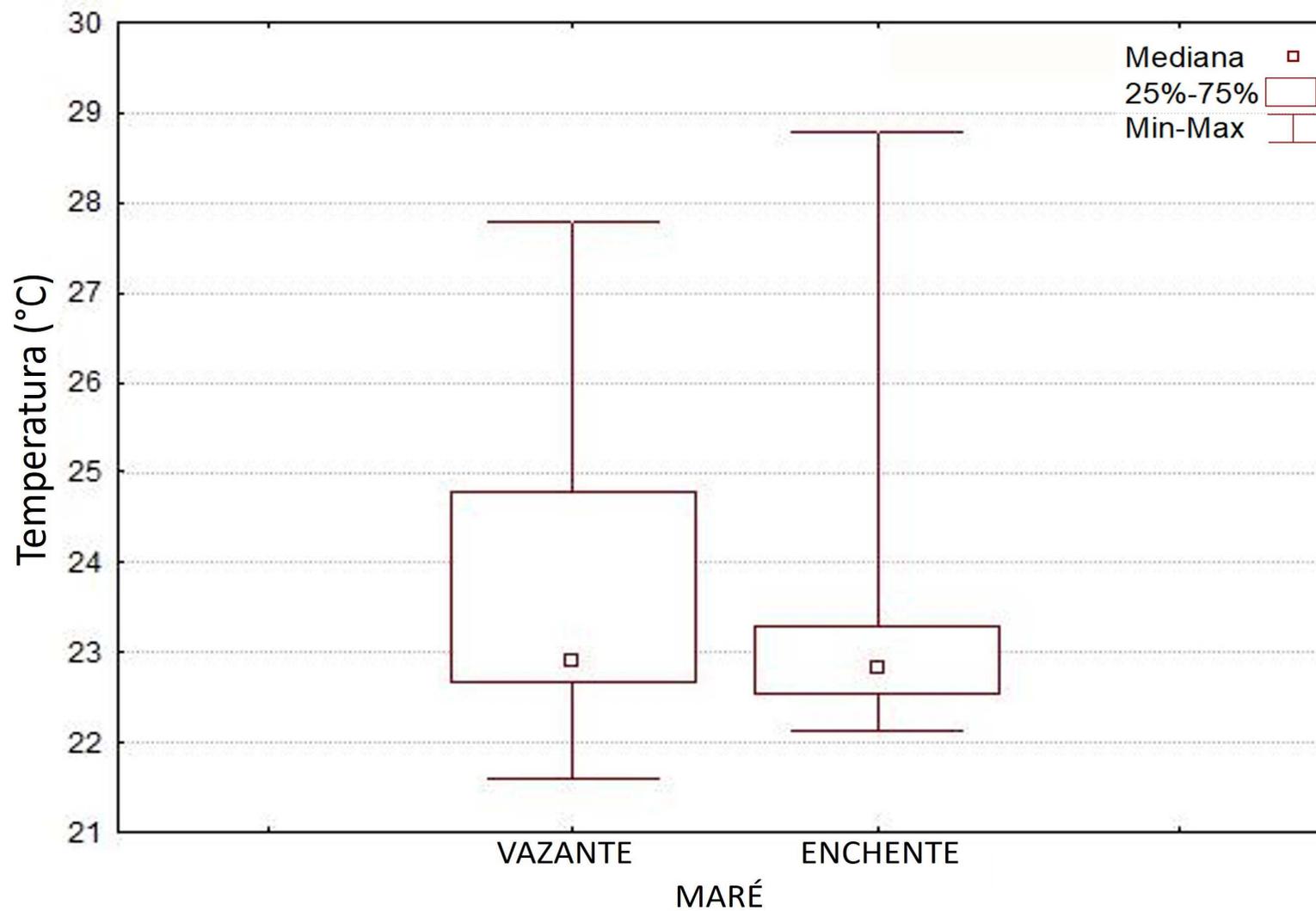
Fonte: A autora, 2023.

Figura 53 – Comparação de pressão sonora subaquática, no Laje do Machado, nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz, durante as marés enchente e vazante.



Fonte: A autora, 2023.

Figura 54 – Comparação de temperatura da água, no Laje do Machado, nos terços de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz e 10 kHz, durante as marés enchente e vazante.



Fonte: A autora, 2023.

## 4 DISCUSSÃO

A amostragem realizada permitiu analisar os perfis sonoros em duas áreas da BG, ambiente muito alterado acusticamente pela presença diurna e noturna de atividades humanas. Os níveis médios de pressão sonora encontrados neste estudo mostram que o ponto de coleta da Boia 5 apresentou menores valores do que a Laje do Machado em todos os terços de frequência analisados, períodos do dia e fases de maré. Os menores valores de pressão sonora na APA de Guapi-mirim, encontrados neste trabalho, correspondem com estudos pretéritos realizados na BG, os quais mostram que o local da APA foi o local de menor pressão sonora (BITTENCOURT *et al.*, 2014). No entanto, apesar do ponto da Laje do Machado ter apresentado maiores níveis de pressão sonora, o ponto da Boia 5 apresentou os maiores valores de máxima (147,5 dB re 1  $\mu$ Pa) e de mínima (47,9 dB re 1  $\mu$ Pa) de pressão sonora. Isto porque, o local em que se encontra a Boia 5 é no limite da região da APA de Guapi-mirim, onde embarcações possivelmente transitaram com mais frequência e mais próximo ao hidrofone.

Diferentes tipos de sinais se distribuíram de forma distinta entre os pontos de coleta e períodos do dia. No ponto de coleta da Boia 5 foram identificados ruídos antrópicos em frequências baixas e médias, entre 100 Hz e 20 kHz, sendo os principais sinais de embarcações identificados em frequências baixas. Os ruídos antrópicos em frequências médias na paisagem acústica da Boia 5 se mostraram mais presentes entre o anoitecer e o amanhecer, coincidindo com a maior ocorrência de coros de peixe, podendo ser relacionado com embarcações menores de atividades pesqueiras mais próximas ao hidrofone. Em relação aos períodos do dia, em todas as frequências analisadas, a Boia 5 apresentou níveis de pressão sonora maior durante a noite nas faixas de 63Hz, 125Hz e 1kHz, que podem ser associados com a maior incidência de peixes e também das embarcações. Nesse sentido, os sons das embarcações estavam sobrepostos a algumas bandas de frequência utilizadas pelos peixes, podendo mascarar os sons desses animais (SMOTT *et al.*, 2018).

Os sons biológicos mais presentes, em ambos os pontos de coleta, foram os emitidos por peixes e crustáceos, os quais são comuns em ambientes estuarinos (MONCZAK *et al.*, 2019). Ambos os pontos de coleta apresentaram grande atividade acústica em baixas frequências, relacionada com a ocorrência de sons de peixes, seja de forma individual ou em grupo. Sons de peixes são frequentes na paisagem sonora de ambientes costeiros quando emitidos em momentos de coros relacionados à reprodução (BUTLER,

STANLEY & BUTLER (2016). Foram identificadas diferença na incidência de sons de peixes de acordo com os horários do dia. Na Boia 5 os sons de peixes se mostraram bem presentes entre o anoitecer e o amanhecer, principalmente entre os horários de 18:00 a 04:00 horas, o que correspondem com os maiores valores de níveis pressão sonora encontrados nos terços de frequências de 125Hz e 1kHz, bandas de frequência dominada pelos peixes (HILDEBRAND, 2009), durante a noite. Estudos realizados com espécies de peixes que habitam ambientes costeiros mostram que a incidência de coros de peixes pode mudar de acordo com o período do dia. Pesquisas realizadas por Sanchez-Gendriz & Padovese (2016; 2017) em duas Unidades de Conservação em Santos, São Paulo, mostram que os coros de peixes são os sons que mais contribuem para a paisagem acústica das duas UCs, tendo periodicidades bem definidas durante as horas escuras e início da manhã.

Na Laje do Machado os sons de peixes também foram registrados em todos os dias de coleta, porém não na mesma intensidade que na Boia 5. A banda de frequência de 63 Hz apresentou maior pressão sonora durante a noite, o que coincide com o perfil dessas frequências na Boia 5, porém os terços de 125 Hz e 1 kHz tiveram pressão sonora maior durante o dia, possivelmente devido à maior incidência de ruídos de atividades antrópicas e trânsito de embarcações durante o dia na BG. É possível que os níveis de pressão sonora para as bandas de 125 Hz e 1kHz, utilizadas pelos peixes, podem estar sendo mascaradas pelos ruídos das embarcações (SMOTT *et al.*, 2018). De acordo com Slabbekoorn *et al.* (2010), quando ruídos antrópicos começam a mascarar e prejudicar os sons dos peixes, a densidade de peixes diminui no local, sendo o ruído que mais os impactam são os menos intensos e de longa duração. Sendo assim, intensidade de coros de peixes relativamente menor na Laje do Machado pode estar relacionada justamente com a maior influência de sinais de embarcações na região.

Os sons produzidos por crustáceos se encontram em frequências entre 2,5 kHz e 20 kHz, de acordo com Campbell *et al.* (2017). Os resultados do presente estudo foram coerentes com a literatura, atingindo terços de frequência entre 5 kHz e 22 kHz. Estes sons se fazem presentes em ambas as localidades, porém na Laje do Machado houve maior atividade nas frequências que abrangem os estalos de crustáceos. Em relação às horas claras e escuras, em regiões em que há pouca variação da temperatura d'água, como regiões tropicais, a ocorrência de estalos não mostra diferenças significativas entre essas horas nem entre estações (BOHNENSTIEHL, LILLIS, EGGLESTON, 2016). Neste estudo, os estalos de crustáceos também foram presentes durante todas as horas do dia, não apresentando variação significativa entre os diferentes períodos do dia.

Sons de botos-cinza também estiveram presentes nas gravações em ambos os locais de coleta. Na Boia 5, foram identificados sons de botos-cinza na região em todos os dias de gravação, tanto sons tonais quanto sons pulsados, em horários em que à presença de ruídos antrópicos diminuía, principalmente durante a manhã. Todos os assobios identificados na Boia 5 ocupavam uma banda de frequências entre 4 kHz e 40 kHz. Em relação aos sons pulsados encontrados neste estudo, os cliques de ecolocalização e sons pulsados dos botos-cinza abrangiam frequências entre 10 kHz e 100 kHz e entre 30 kHz e 100 kHz, respectivamente. No ponto da Laje do Machado, dos 5 dias em que houve gravações, sons de botos-cinza foram identificadas em 3 dias, principalmente nas horas escuras. Os assobios foram os sons mais recorrentes na Laje do Machado, ocupando frequências de 20kHz a 30kHz.

Estudos pretéritos realizados com os botos-cinza residentes da Baía de Guanabara sugerem que as condições ambientais e ruídos na baía podem influenciar nos parâmetros sonoros em que estes animais emitem os assobios. Um estudo de Andrade et al. (2014), onde foram comparados os assobios de botos-cinza em três baías na zona costeira do Rio de Janeiro, mostraram que os botos-cinza da BG emitiam assobios de menor duração e em frequências mais altas do que os indivíduos residentes das outras baías. Os autores sugerem que a poluição sonora na região pode ter influencia nas características sonoras dos sons emitidos pelos boto-cinza e os assobios em frequências mais altas podem ser uma forma de compensar o mascaramento dos sinais pelos ruídos antrópicos, devido ao intenso trafego de embarcações que ocorre na Baía de Guabanara diariamente. É possível que os botos-cinza alterem os parâmetros sonoros dos assobios em ambientes ruidoso, pois mudanças na vocalização é uma estratégia de evitar o mascamentos dos ruídos (TYACK, 2008; BITTENCOURT, *et al.*, 2017), sendo observado com outras espécies de delfinídeos, como golfinhos nariz-de-garrafa (BUCKSTAFF, 2006) e baleias beluga (SCHEIFELE *et al.*, 2005).

O presente estudo apontou as diferenças nas paisagens acústicas da Laje do Machado e da APA de Guapi-Mirim, sendo estes resultados semelhantes à estudos realizados na mesma região de estudo (BITTENCOURT *et al.*, 2014) e em outras regiões estuarinas impactadas por alta influência antrópica (CODARIN *et al.* 2008; CODARIN *et al.*, 2009; SMOTT *et al.*, 2018; BITTENCOURT, 2020). De acordo com Bittencourt *et al.* (2014) os níveis de pressão sonora maiores estão associados à dominância de embarcações médio e grande porte e os menores níveis associados à dominância de pequenas embarcações. A Laje do Machado apresentou maior pressão sonora, indicando maior incidência e diversidade de ruídos antrópicos e maiores níveis de poluição sonora do que a Boia 5. No entanto, comparando com

resultados apresentados por Bittencourt *et al.* (2014), realizados em outras regiões da BG, nota-se que a região próxima à Laje do Machado apresenta um perfil sonoro intermediário e com alta atividade bioacústica, com a presença não só de peixes e crustáceos, mas também pela presença de botos-cinza. Isto pode sugerir que a Laje do Machado na verdade é uma região dentro da BG onde pode haver o amortecimento da poluição sonora por ser no fundo da Baía em águas mais rasas, onde embarcações de grande e médio porte são menos numerosas em relação a regiões mais próximas ao canal central.

A região da APA de Guapi-Mirim, em relação à Laje do Machado apresentou menor pressão sonora e maior diversidade de sons biológicos, o que coincide com resultados de Bittencourt *et al.* (2014) que mostram menor pressão sonora na APA. No entanto quando comparada a locais na Estação Ecológica de Tamoios, na Baía da Ilha Grande, a APA de Guapi-Mirim apresentou maiores níveis sonoros nos terços de frequência de 63Hz, 1kHz, 2kHz, 25kHz (BITTENCOURT, 2020). Pesquisas realizadas em outras áreas protegidas ao redor do mundo (CODARIN *et al.* 2008; CODARIN *et al.*, 2009, MCQUINN *et al.*, 2011; SMOTT *et al.*, 2018; BORIE-MOJICA *et al.*, 2022) estudos mostram que mesmo regiões protegidas designadas para a proteção e preservação ambiental apresentam pelo menos um tipo de fonte antrópica (BITTENCOURT, 2020).

Tais resultados reforçam que, apesar da Boia 5 estar localizada em uma UC, a região e a fauna ainda estão sujeitos aos efeitos causadas pela propagação de ruídos antrópicos, gerados próximos e em áreas adjacentes. Como apontado anteriormente, mesmo havendo pouca ocorrência de embarcações dentro da APA, a quantidade de embarcações de pequeno porte emitindo ruídos em médias frequências podem elevar o nível de pressão sonora local e quando as fontes próximas ao local se tornam mais ausentes, os ruídos no ambiente, em baixas frequências, encontrados decorrem das diferentes embarcações espalhadas pela baía, devido a menor atenuação que sofrem em sua propagação (HILDEBRAND, 2009). Além disso, as bandas de frequências baixas e médias das fontes detectadas na Boia 5 são semelhantes às bandas de frequência utilizada pelos peixes, crustáceos e cetáceos, podendo ser prejudiciais para a vida marinha residente. Estudos de Codarin *et al.* (2008, 2009) realizados na Área Marinha Protegida de Mirame, Itália, mostram que os peixes residentes da APA estão expostos à ruídos antrópicos durante todo o ano, principalmente devido à alta incidência de embarcações de diferentes portes na região do Golfo de Trieste, que podem interferir na comunicação dos peixes residentes. Estudos de Borie-Mojica *et al.* (2022) na Área Marinha Protegida da Costa dos Corais, Pernambuco, mostram que os coros de peixes da região são mascarados pela presença de embarcações próximas à área durante a noite.

Mcquinn *et al.* (2011) registrou que belugas residentes do Parque Marinho Saguenay-St. Lawrence, no estuário de St. Lawrence (Canadá), são ameaçadas pelos ruídos antrópicos na região, pois até no local mais silencioso, há o aumento da sua pressão sonora quando o tráfego de embarcações aumenta ao longo do estuário.

O presente estudo ressalta a importância não só da continuidade de estudos acústicos marinhos, principalmente em regiões estuarinas e protegidas dentro de áreas com grande utilização por atividades antrópicas, mas também de pesquisas realizadas com amostragens contínuas como foi feito no presente trabalho, apresentando resultados inéditos da paisagem acústica da BG. A utilização de amostradores acústicos coletando dados de forma contínua, ambos em horas claras e escura, nos permitem avaliar os perfis sonoros dos ambientes aquáticos de maneira eficiente e não destrutiva (TELLECHEA, BOUVIER & NORBIS, 2011; SANCHEZ-GENDRIZ & PADOVESE, 2017), possibilitando entender como as atividades antrópicas influenciam e degradam os ecossistemas costeiros e como seus organismos residentes se comportam e compensam o mascaramento de seus sons pela ocorrência de embarcações em diferentes os horários do dia e épocas do ano. Sendo assim é de extrema necessidade a implementação de estudos e avaliações das paisagens acústicas de longo prazo em ambientes costeiros e de proteção ambiental para realizar diagnósticos mais precisos sobre a acústica da região, possibilitando definir ações mitigadoras para a poluição sonora recorrente nessas regiões e pôr em prática planos de gerenciamento de áreas de proteção ambiental, onde a propagação e exposição de ruídos antrópicos, mesmo ao longe, devem ser consideradas (MCQUINN *et al.*, 2011; BUTLER, STANLEY & BUTLER, M. J 2016; BORIE-MOJICA *et al.*, 2022).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo traz resultados inéditos para estudos da paisagem acústica na Baía de Guanabara, realizando coletas contínuas de 24 horas e apresentando as diferenças de pressão sonora entre as horas claras e escuras. Foram determinados os níveis de intensidade sonora nos pontos da Boia 5 e da Laje do Machado, os quais mostram que os maiores valores gerais de pressão sonora foram observados na Laje do Machado em todas as bandas de frequência estudadas, períodos do dia e fases de maré, sendo diretamente ligado à maior incidência de ruídos antrópicos. No entanto, a Boia 5 apresentou valores maiores de máxima pressão sonora e menores valores de mínima pressão sonora, possivelmente devido à sua localidade, já que se encontra no limite externo da APA de Guapimirim, sendo possível que embarcações transitassem mais perto do hidrofone.

As principais fontes sonoras biológicas da Boia 5 foram os coros de peixes, entre frequências de 70 Hz a 3 kHz, e os estalos de crustáceos, entre 5 kHz e 22 kHz. Os sons de botos-cinza residentes da BG foram identificados em todas as gravações realizadas na Boia 5, possivelmente por ser uma região mais protegida e com menos incidência de ruídos antrópicos quando comparado à Laje do Machado, confirmando a preferência desses animais à região da Boia 5. As fontes sonoras antrópicas principais na Boia 5 foram embarcações pequenas de pesca próximas à região durante o período entre o anoitecer e o amanhecer. A paisagem acústica da Laje do Machado também apresentou os coros de peixes e estalos de camarão como as principais fontes sonoras biológicas na região. Embarcações de porte grande, próximos à região, foram as fontes sonoras antrópicas principais na Laje do Machado, emitindo ruídos em frequências médias e altas, podendo ocupar todo o perfil sonoro da região.

Variações na pressão sonora entre horas claras e escuras dos terços de frequência analisadas também foram observadas em ambos os locais de coleta. Na Boia 5, as bandas de 63 Hz, 125 Hz e 1 kHz mostraram valores maiores de pressão sonora durante o período da noite. Enquanto na Laje do Machado, a frequência de 63 Hz se mostrou com maiores valores durante as horas escuras e as frequências de 1 kHz e 10 kHz apresentaram valores maiores de pressão sonora durante as horas claras, coincidindo com os principais horários de maior atividade humana, relacionados a embarcações de diversas finalidades.

A partir dos resultados apresentados, é possível concluir que é nítida a variação diária da paisagem acústica da BG. O intenso tráfego diário de embarcações na BG gera emissão de ruídos antrópicos que, mesmo de embarcações distantes, influenciam na pressão sonora da

APA de Guapi-mirim e, conseqüentemente, na utilização da região pelas espécies residentes, pois mascaram os sons biológicos e interferem na paisagem acústica natural da região.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L. G. *et al.* (2014) Variation in Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) whistles: using a broadband recording system to analyze acoustic parameters in three areas of southeastern Brazil. **Springer-Verlag Berlin Heidelberg and ISPA**.
- ANDRADE, L. G. *et al.* (2015) High-frequency whistles of Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) in Guanabara Bay, southeastern Brazil. **J. Acoust. Soc. Am.** 137 (1).
- ANDRADE, L. G. *et al.* (2017) Burst pulses of Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) in southeastern Brazil. **The Journal of the Acoustical Society of America** 141, 2947.
- AU, W. W. L. *et al.* (1985) Demonstration of adaptation in beluga whale echolocation signals. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 77, p. 726-730.
- AU, W. W. L. (1998) The acoustics of the snapping shrimp (*Synalpheus parneomeris*) in Kaneohe Bay. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 103, n. a, p. 41.
- AZEVEDO, A. F. *et al.* (2007) Habitat use by marine tucuxi (*Sotalia guianensis*) (Cetacea: Delphinidae) in Guanabara Bay, south-eastern Brazil. **Mar. Biol. Ass, U.K.**, **87**, 201-205.
- AZEVEDO, A. F.; SIMÃO, S. M. (2002) Whistles produced by marine tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Guanabara Bay, southeastern Brazil. **Aquatic Mammals**, 28.3, p. 261-266.
- BARBOSA, M. *et al.* (2021) Characterisation and Classification method of burst pulses produces by Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*). **Bioacustics**.
- BARCELLOS, D. D. (2019) Monitoramento acústico passivo: detecção de cetáceos odontocetos no litoral norte do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado – USP. São Paulo.
- BITTENCOURT, L. *et al.* (2014) Underwater noise pollution in a coastal tropical environment. **Marine Pollution Bulletin**.
- BITTENCOURT, L. *et al.* (2017) Underwater noise in an impacted environment can affect Guiana dolphin communication. **Marine Pollution Bulletin**, 114, p. 1130-1134.
- BITTENCOURT, L. *et al.* (2018) Mapping cetacean sounds using a passive acoustic monitoring system towed by an autonomous Wave Glider in the Southwestern Atlantic Ocean. **Deep-Sea Research Part I**.
- BITTENCOURT, L. (2019) Caracterização de paisagem acústica costeira sob influência de fontes sonoras antrópicas no estado do Rio de Janeiro, Brasil. Tese de Doutorado - UERJ. Rio de Janeiro.
- BITTENCOURT, L. *et al.* (2020) Anthropogenic noise influences on marine soundscape variability across coastal areas. **Marine Pollution Bulletin** 160.

- BLUMSTEIN, D. T. *et al.* (2011) Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: Applications, technological considerations and prospectus. **Journal of Applied Ecology** v.48, p. 758–767.
- BOHNENSTIEHL, D. R.; LILLIS, A. & EGGLESTON, D. B. (2016) The Curious Acoustic Behavior of Estuarine Snapping Shrimp: Temporal Patterns of Snapping Shrimp Sound in Sub-Tidal Oyster Reef Habitat. **PLoS One**, 11(1): e0143691.
- BORIE-MOJICA, A. *et al.* (2002) Fish chorus and vessel noise in a marine protected coastal reef vary with lunar phase. **Environ Biol Fish**, 105, p. 575–587.
- BOTELHO, A. L. M.; VALLEJO, L. R. (2006) Uso de Áreas de Proteção Ambiental: O Caso do Manguezal da APA de Guapimirim. **GEOgrafia - AnoVIII - n. 16**.
- BUCKSTAFF, K. (2006). Effects of watercraft noise on the acoustic behavior of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida. **Mar. Mammal Sci.** v. 20, p. 709–725.
- BUTLER, J.; STANLEY, J. A.; BUTLER, M. J. (2016) Underwater soundscapes in near-shore tropical habitats and the effects of environmental degradation and habitat restoration. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 479, p. 89–96.
- BREWSTER, L. R. *et al.* (2023) Seasonal Dynamics and Environmental Drives of Goliath Grouper (*Epinephelus itajara*) Sound Production. **Fishes**, 8, 293.
- CAMPBELL, D. *et al.* (2017) A variabilidade diuturna da paisagem acústica submarina da enseada dos anjos, Arraial do Cabo – RJ, Brasil. Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira. XXVII Encontro da SOBRAC.
- CATO, D. H.; NOAD, M. J.; MCCAULEY, R. D. (2005) Passive acoustic as a key to the study of marine animals. In: H. MEDWIN (Ed.). **Sounds in the sea: from ocean acoustics to acoustical oceanography**. New York: Cambridge University Press, p. 411–429.
- CLARK, C. W. *et al.* (2009) Acoustic masking in marine ecosystems: intuitions, analysis, and implication. **Marine Ecology Progress Series**. Vol. 395: 201–222.
- CODARIN, A. *et al.* (2008) One-year characterization of sea ambient not in a coast marine protected area: a management tool for inshore marine protected areas. **Bioacoustics**, v. 17, issue 1–3.
- CODARIN, A. *et al.* (2009) Effects of ambient and boat noise on hearing and communication in three fish species living in a marine protected area (Miramare, Italy). **Marine Pollution Bulletin** 58, p. 1880–1887.
- HILDEBRAND, J. (2009) Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. **Marine Ecology Progress Series**, v. 395, p. 5–20.
- HOLT, M.M., NOREN, D.P., DUNKIN, R.C., WILLIAMS, T.M. (2015). Vocal performance affects metabolic rate in dolphins: implications for animals communicating in noisy environments. **J. Exp. Biol.** 2, p. 1–8.

IWAI, F. S. (2007) O Impacto da atividade de embarcações sobre o repertório acústico de botos-cinza (*Sotalia guianensis*) na região de Cananéia, Estado de São Paulo. **Trabalho de conclusão (Bacharelado – Ciências Biológicas)** – Universidade Estadual Paulista. São Vicente, 41 p.

JENSEN, F. H. *et al.* (2009) Vessel noise effects on delphinid communication. **Marine Ecology Progress Series**, v. 395, p. 161 – 175.

JESÚS, J.; MINELLO, M.; XAVIER, F. C. (2019) Um estudo sobre a paisagem acústica de dois fragmentos de restinga da Região dos Lagos/RJ. **VÉRTICES**, Campos dos Goytacazes/RJ, v.21, n.3, p. 495-513.

KJERFVE, B. *et al.* (1997) Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. **Continental Shelf Research**, v. 17, n. 13, p. 1609-1643.

LOCASCIO, J. *et al.* (2008) Sound production and spawning by black drum (*Pogonias cromis*) in southwest Florida. **The Journal of the Acoustic Society of America**. 60th Gulf and Caribbean Fisheries Institute: 60.

MCQUINN, I. H. *et al.* (2011) A threatened beluga (*Delphinapterus leucas*) population in the traffic lane: Vessel-generated noise characteristics of the Saguenay-St. Lawrence Marine Park, Canada. **The Journal of the Acoustic Society of America**, 130 (6), p: 3661–3673.

MERCHANT, N. D. *et al.* (2015) Measuring acoustic habitats. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 6, p. 257–265.

MONCZAK, A. *et al.* (2019) Sound patterns of snapping shrimp, fish, and dolphins in an estuarine soundscape of the southeastern USA. **Marine Ecology Progress Series**, v. 609, p. 49–68.

LOCASCIO, J. V. & MANN, D. A. (2008) Diel Periodicity of Gish Sound Production in Charlotte Harbor, Florida. **Transactions of the American Fisheries Society**, 137, p. 606-615.

PAITACH, R. L. (2021) Padrões de uso do habitat e comportamento de toninhas: abordagens acústicas para monitoramento e conservação de uma espécie ameaçada. Dissertação/Tese – Programa de Pós-graduação em Ecologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

PAPALE, E. *et al.* (2015) Dolphins Adjust Species- Specific Frequency Parameters to Compensate for Increasing Background Noise. **PLoS ONE** 10(4).

PARSONS, M. J. G., *et al.* (2017) Fish choruses off Port Hedland, Western Australia. **Bioacoustics**, v. 26, n. 2, p. 135-152.

PIERETTI, N. *et al.* (2015) Determining temporal sampling schemes for passive acoustic studies in different tropical ecosystems. **Tropical Conservation Science**, v.8, n. 1, p. 215-234.

PIJANOWSKI, B. C. *et al.* (2011) Soundscape Ecology: The Science of Sound in the Landscape. **BioScience**, v. 61, n. 3, p. 203–216.

RADFORD, C. A. *et al.* (2008) Temporal patterns in ambiente noise of biological origin from a shallow water temperate reef. **Oecologia**, v. 156, n; 4, p. 921–929.

RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. (2005) Unidades de conservação brasileiras. **Megadiversidade**, v.1, n. 1.

SÁNCHEZ-GENDRIZ, I., PADOVESE, L. R. (2016) Underwater soundscape of marine protected areas in the south Brazilian coast. **Marine Pollution Bulletin**. 105 (1), p. 65–72.

SÁNCHEZ-GENDRIZ, I.; PADOVESE, L. R. (2017) Temporal and spectral patterns of fish choruses in two protected areas in southern Atlantic. **Ecological Informatics**, 38, p. 31-38.

SCHEIFELE, P.M., ANDREW, S., COOPER, R.a., DARRE, M., MUSIEK, F.E., MAX, L. (2005). Indication of a Lombard vocal response in the St. Lawrence River beluga. **J. Acoust. Soc. Am.** v. 117, p. 1486–1492.

SLABBEKOORN, H. *et al.* (2010) A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. **Trends Ecol.** v. 25, p. 419–427.

SMOTT, S. *et al.* (2018) Boat noise in na estuarine soundscape – A potential risk on the acoustic communication and reproduction of soniferous fish in the May River, South Carolina. **Marine Pollution Bulletin**, 133, p. 246-260.

SOUSA-LIMA, R. S. *et al.* (2013) A Review and Inventory of Fixed Autonomous Recorders for Passive Acoustic Monitoring of Marine Mammals. **Aquatic Mammals**, v. 39, n. 1, p. 23–53.

TELLECHEA, J. S., BOUVIER, D., NORBIS, W. (2011) Spawning sounds in Whitemouth Croaker (*Sciaenidae*): Seasonal and Daily cycles. **Bioacoustics**, v. 20, p. 159-168.

TUBINO, R.; COUTO, B. R.; NET, C. M. (2013) Atividade de pesca amadora desenvolvida na Área de Proteção Ambiental de Guapimirim, Baía de Guanabara, RJ. **Anais – Uso Público em Unidades de Conservação**, v. 1, n.1.

TYACK, P. L. (2008) Implications for marine mammals large-scale changes in the marine acoustic environment. **Journal of Mammalogy**, v. 89, n. 3, p. 549–558.

VAN PARIJS, S. M.; CORKERON, P. J. (2001) Evidence for Signature Whistle Production by a Pacific Humpback Dolphin, *Sousa chinensis*. **Marine Mammal Science**, v. 17(4), p. 944-949.

WARTZOK, D. & KETTEN, D. R. (1999) Marine Mammal Sensory Systems. **Biology of Marine Mammals**. J. Reynolds and S. Rommel (eds.), Smithsonian Institution Press, pp. 117-175.

WALL, C. *et al.* (2013) Large-scale passive acoustic monitoring of fish sound production on the West Florida Shelf. *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 484: 173-188.