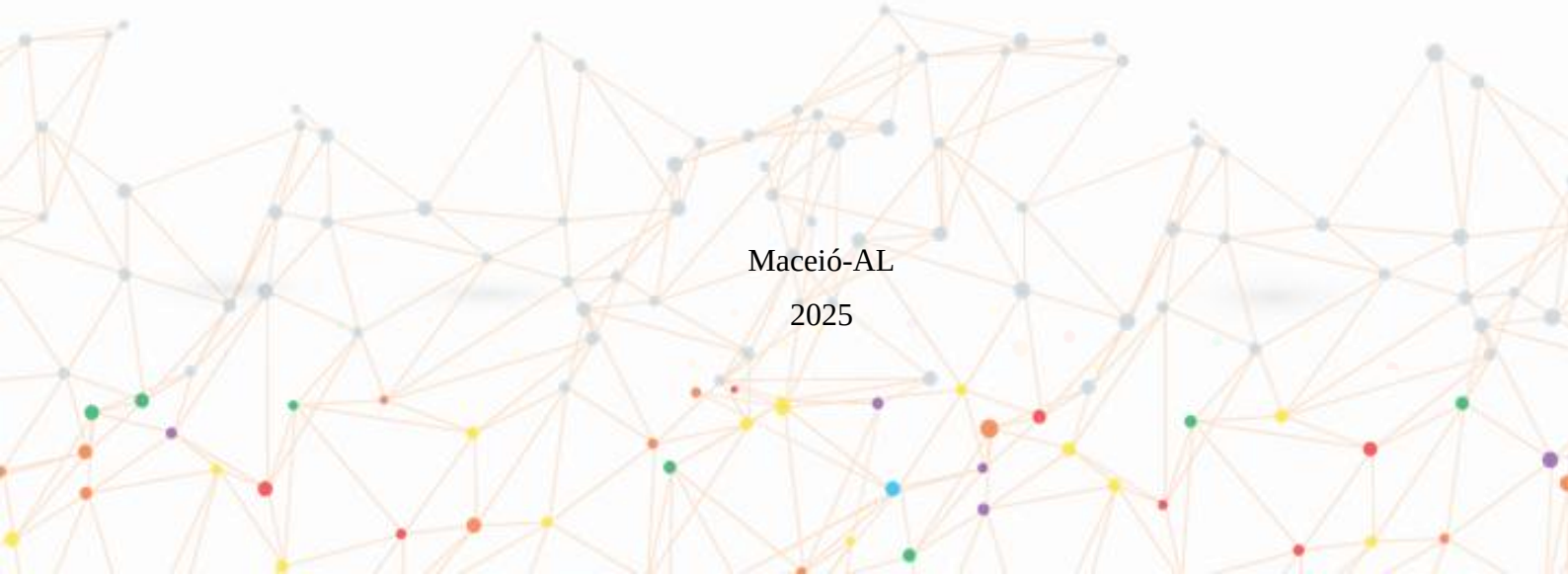


UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO
DOUTORADO CIDADES

TESE DE DOUTORADO

**DESENVOLVIMENTO DE MODELOS PREDITIVOS PARA AVALIAÇÃO DE
PAISAGEM SONORA COM BASE EM LEVANTAMENTO NA ORLA MARÍTIMA
DA CIDADE DE MACEIÓ-AL**

Maceió-AL
2025



JORDANA TEIXEIRA DA SILVA LIMA SANTOS

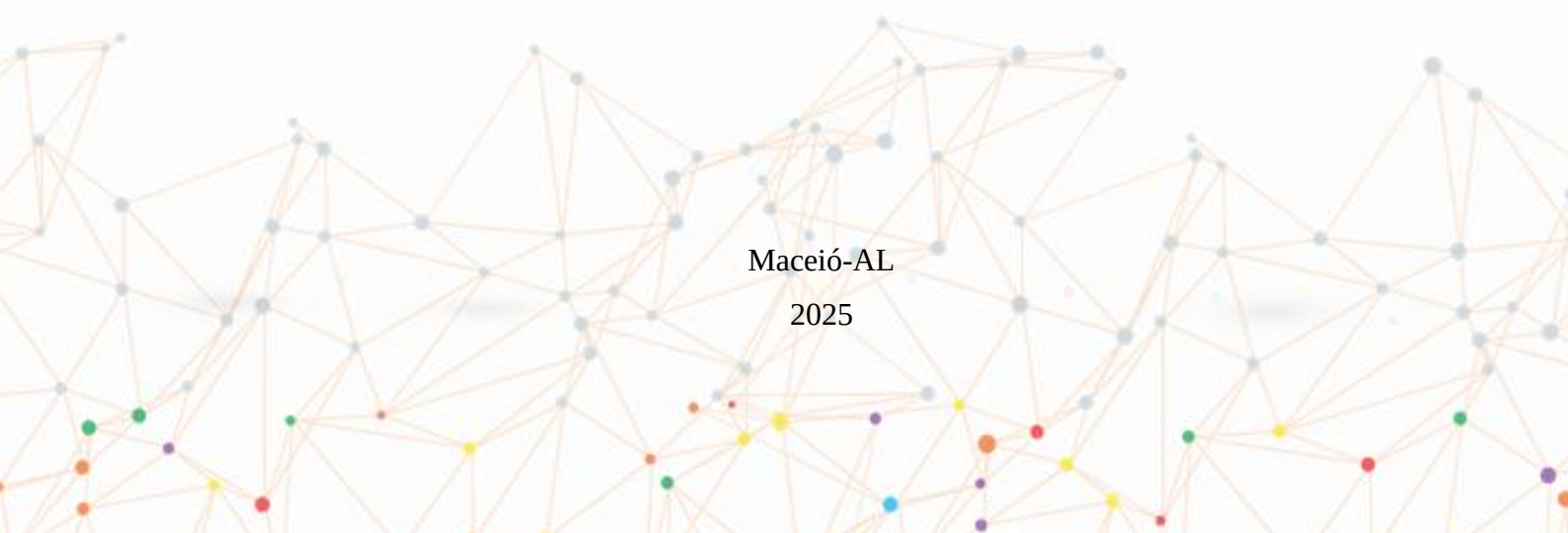
**DESENVOLVIMENTO DE MODELOS PREDITIVOS PARA AVALIAÇÃO DE
PAISAGEM SONORA COM BASE EM LEVANTAMENTO NA ORLA MARÍTIMA
DA CIDADE DE MACEIÓ-AL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas como requisito para a obtenção do título de Doutora em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Lúcia Gondim da Rosa Oiticica

Maceió-AL

2025



Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

S237d Santos, Jordana Teixeira da Silva Lima.

Desenvolvimento de modelos preditivos para avaliação de paisagem sonora com base em levantamento na orla marítima da cidade de Maceió-AL / Jordana Teixeira da Silva Lima Santos. – 2025.

299 f. : il. color.

Orientadora: Maria Lúcia Gondim da Rosa Oiticica.

Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2025.

Bibliografia: f. 244-254.

Apêndices: f. 255-298.

Anexos: f. 299.

1. Paisagem sonora. 2. ISO 12913. 3. Modelos preditivos. 4. Regressão linear. 5. Rede neural (Computação). 6. Orlas marítimas. I. Título.

CDU: 72:004.032.26

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

JORDANA TEIXEIRA DA SILVA LIMA SANTOS

Desenvolvimento de modelos preditivos para avaliação de paisagem sonora com base em levantamento na orla marítima da cidade de Maceió-AL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas como requisito para a obtenção do título de Doutor (a) em Arquitetura e Urbanismo.

APROVADA em 07 / 02 / 2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 MARIA LUCIA GONDIM DA ROSA OITICICA
Data: 24/02/2025 10:53:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dra. Maria Lúcia Gondim da Rosa Oiticica
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – UFAL

Documento assinado digitalmente
 ALEXANDRE MARCIO TOLEDO
Data: 22/03/2025 08:51:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Alexandre Márcio Toledo
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – UFAL

Documento assinado digitalmente
 MORGANA MARIA PITTA DUARTE CAVALCANTE
Data: 21/03/2025 15:34:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Morgana Maria Pitta Duarte Cavalcante
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – UFAL

 Documento assinado digitalmente
ErasmO Felipe Vergara Miranda
Data: 21/03/2025 10:30:20-0300
CPF: ***.003.839-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Erasmo Felipe Vergara Miranda
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - UFSC

 Documento assinado digitalmente
RANNY LOUREIRO XAVIER NASCIM...MICHALSKI
Data: 21/03/2025 12:27:06-0300
CPF: ***.089.607-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profª. Dra. Ranny Loureiro Xavier Nascimento Michalski
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - USP



*Ao meu marido, João Paulo,
e aos meus filhos
José Matheus e João Davi.*

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, agradeço pelo dom da vida, por me fortalecer, abençoar e por me conceder a realização deste sonho.

Agradeço profundamente ao meu marido, **João Paulo**, que foi meu maior apoiador. Seu amor incondicional, dedicação e apoio em todos os aspectos da minha vida foram fundamentais para que essa jornada fosse possível. Sem sua presença constante, incentivo e força, eu não teria chegado até aqui. Ele foi, sem dúvida, o pilar que sustentou cada passo dessa caminhada.

Aos meus queridos filhos, **José Matheus** e **João Davi**, cuja alegria contagiante e energia inesgotável iluminam todos os meus dias. Vocês foram a minha força, a luz que me guiou nos momentos de dificuldade, e a razão pela qual segui em frente com determinação. Cada sorriso e cada abraço de vocês são meu maior tesouro e a motivação constante para continuar a buscar o melhor.

Aos meus pais **Gilma** e **Eraldo** e sogros **Lourdes** e **Francisco**, pelas palavras de incentivo em minha caminhada.

À minha orientadora querida, **Lucinha Oiticica**, minha eterna gratidão. Sua orientação, carinho e comprometimento foram essenciais para o meu crescimento acadêmico e pessoal. Acompanhou-me com dedicação ao longo de quase todo o meu percurso acadêmico, sempre me incentivando e desafiando a buscar a excelência.

Ao grupo de **Estudos do Ambiente Sonoro (GEAS)**, agradeço pelo apoio técnico e pelos momentos enriquecedores durante os experimentos. Aos participantes das caminhadas sonoras que se dispuseram a contribuir para o trabalho. Às **amigas** do Doutorado, em especial à Poliana Oliveira, Cristine Dantas e Janaína Costa, pela partilha em tantos trabalhos.

A minha amiga querida **Núbia Carvalho**, que me auxiliou na elaboração dos mapas no **QGIS**.

Aos **professores** do Doutorado, meu agradecimento sincero pelo aprendizado e pela oportunidade de crescer intelectual e pessoalmente durante esse período. Cada ensinamento foi valioso e essencial para minha evolução. Aos professores membros da banca examinadora, Profa. **Ranny Michalski**, Prof. **Vergara**, Prof. **Alexandre Toledo** e Profa. **Morgana Pitta**.

À psicóloga **Iliana Lessa**, por me acompanhar com sensibilidade e profissionalismo, contribuindo de forma fundamental para meu crescimento pessoal ao longo desta caminhada.

Ao **Instituto Federal de Alagoas (IFAL)**, pela oportunidade de dedicação exclusiva aos estudos e pelo apoio institucional ao longo desta trajetória.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para essa conquista, meu sincero e profundo agradecimento. Cada palavra de apoio, cada gesto de carinho, e cada ensinamento foram essenciais para que eu chegasse até aqui.



RESUMO

O campo de estudo em paisagem sonora vem ganhando força nos últimos anos, em função da necessidade de superar a abordagem do gerenciamento dos ambientes urbanos baseado apenas em políticas de controle do ruído. Por meio de abordagem multidisciplinar, a avaliação do ambiente sonoro urbano leva em consideração os inúmeros aspectos que envolvem variáveis subjetivas, relacionadas à percepção dos usuários, variáveis físicas, próprias do local e contexto. É imprescindível o desenvolvimento de ferramentas de análise capazes de compreender e prever os resultados perceptivos sonoros relacionados a determinada tomada de decisão no âmbito do planejamento urbano, por meio de modelos preditivos. A presente tese tem como objetivo desenvolver metodologia para avaliação de paisagens sonoras com base na elaboração de modelos preditivos e aplicação em espaços públicos urbanos da cidade de Maceió, Alagoas, Brasil, com recorte urbano correspondente à orla marítima dos bairros Ponta Verde e Pajuçara. O trabalho consiste em uma pesquisa aplicada, realizada por meio da coleta de dados em campo, conforme diretrizes da série normativa ISO 12913, aplicação de caminhadas sonoras, questionários e medições. A proposta inclui desenvolvimento de uma nova metodologia, com proposição de questionário misto, baseado nos métodos A e B da ISO/TS 12913-2, acrescido de informações de contexto e visuais. Propõem-se metodologia para caracterização dos ambientes acústicos, que leva em conta a ISO/TS 12913-3, com incremento de análises das interrelações entre os aspectos, seguido do estudo das correlações e avaliação da relevância para seleção de indicadores (informações coletadas) e descritores (medidas de como as pessoas percebem o ambiente acústico) no modelo. A modelagem segue o desenvolvimento de uma estrutura de análise, mediante a construção de modelos preditivos lineares (regressão múltipla linear) e não lineares (redes neurais artificiais - RNA). O desempenho dos modelos baseados em RNA apresentou um rendimento até 35% superior aos modelos lineares, destacando-se o alcance da métrica de qualidade de ajuste (R^2) de 0,98 em um dos modelos. O desenvolvimento da metodologia de análise contribui significativamente para o campo tecnológico na avaliação de paisagens sonoras em espaços urbanos, visando apoiar o processo de tomada de decisões por pesquisadores e gestores. Esta pesquisa amplia o campo de estudo das paisagens sonoras, oferecendo novas perspectivas para a caracterização e modelagem preditiva das paisagens sonoras urbanas.

Palavras-chave: paisagem sonora; ISO 12913, modelo preditivo; regressão múltipla linear; rede neural artificial; orla marítima.



ABSTRACT

In recent years, the field of soundscape studies has gained increasing prominence, driven by the need to transcend traditional approaches to urban environmental management that focus exclusively on noise control policies. Adopting a multidisciplinary perspective, the assessment of urban sound environments integrates both subjective variables, related to user perception and objective physical parameters inherent to the specific context and location. In this regard, the development of analytical tools capable of understanding and predicting perceptual responses to planning decisions through predictive modeling is essential. This doctoral thesis proposes a methodology for the evaluation of urban soundscapes based on the development of predictive models and their application in public spaces in the city of Maceió, Alagoas, Brazil, specifically along the seafront of the Ponta Verde and Pajuçara neighborhoods. The study adopts an applied research design, encompassing field data collection in accordance with the ISO 12913 normative series, including soundwalks, questionnaires, and acoustic measurements. A novel methodological approach is presented, involving the construction of a mixed questionnaire grounded in methods A and B of ISO/TS 12913-2, enriched with contextual and visual information. Furthermore, a procedure for acoustic environment characterization is proposed, aligned with ISO/TS 12913-3, and complemented by in-depth analyses of interrelations among perceptual and contextual factors. This is followed by correlation analyses and the identification of relevant indicators (empirical data) and descriptors (measures of perceptual response) for model development. The modeling framework comprises both linear predictive models (multiple linear regression) and nonlinear models (artificial neural networks – ANN). The ANN-based models demonstrated up to 35% greater predictive performance compared to linear models, with one model achieving a coefficient of determination (R^2) of 0.98. The methodological advancements presented herein offer a significant contribution to the technological field of urban soundscape assessment, providing support for evidence-based decision-making by researchers and urban planners. This research expands the theoretical and practical horizons of soundscape studies by proposing innovative approaches for the characterization and predictive modeling of urban acoustic environments.

Keywords: soundscape; ISO 12913; predictive model; multiple linear regression; artificial neural network; seafront.



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	20
1.2 PANORAMA DA ÁREA DE ESTUDO EM PAISAGEM SONORA	23
1.3 JUSTIFICATIVA	25
1.4 HIPÓTESE	28
1.5 OBJETIVOS.....	28
1.5.1 Objetivo Geral.....	28
1.5.2 Objetivos Específicos.....	28
1.6 ESTRUTURA DA TESE.....	29
 2. CONCEITUAÇÃO E ESTRUTURA PARA AVALIAÇÃO E MODELAGEM DE PAISAGEM SONORA	 31
2.1 REVISÃO DE LITERATURA	31
2.2 O AMBIENTE SONORO URBANO.....	33
2.3 METODOLOGIAS PARA MODELAGEM DA PAISAGEM SONORA.....	36
2.3.1 Estrutura básica para modelagem de paisagem sonora	36
2.4 NORMATIZAÇÃO: SÉRIE ISO 12913	44
2.4.1 Parte 1: ISO 12913 (2014)	44
2.4.2 Parte 2: ISO/TS 12913 (2018).....	45
2.4.3 Parte 3: ISO/TS 12913 (2019).....	46
2.5 COLETA DE DADOS EM ESTUDOS DE PAISAGEM SONORA.....	47
2.5.1 Caminhada sonora	49
2.5.2 Questionário	49
2.5.3 Medições	55
2.5.4 Gravações binaurais	56
2.6 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE ACÚSTICO EM ESTUDOS DE PAISAGEM SONORA.....	56
2.6.1 Identificação da fonte sonora	58
2.6.2 Qualidade afetiva percebida	59
2.7 MODELOS PREDITIVOS DE PAISAGEM SONORA.....	62
2.7.1 Aspectos gerais.....	62

2.7.2	Processo de construção de modelos preditivos lineares.....	68
2.7.3	Processo de construção de modelos preditivos não lineares	71
3.	METODOLOGIA.....	78
3.1	SELEÇÃO DO RECORTE URBANO E CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL.....	79
3.1.1	Seleção do recorte urbano	79
3.1.2	Caracterização espacial do recorte urbano	81
3.1.3	Definição dos pontos/localizações para realização das caminhadas sonoras.....	84
3.2	DEFINIÇÃO DOS DESCRITORES E INDICADORES DE PAISAGEM SONORA	88
3.3	ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO	90
3.4	SUBMISSÃO AO COMITÊ DE ÉTICA.....	94
3.5	PROCESSO DE COLETA DE DADOS	95
3.5.1	Realização de caminhadas sonoras	95
3.5.2	Medições <i>in situ</i>	97
3.5.3	Experimentos realizados	98
3.6	PROCESSO DE CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE ACÚSTICO.....	101
3.7	DESENVOLVIMENTO DE MODELOS PREDITIVOS DE PAISAGEM SONORA	104
3.7.1	Avaliação da relevância dos indicadores e descritores com base na correlação dos dados coletados	104
3.7.2	Processo de modelagem preditiva linear	106
3.7.3	Processo de modelagem preditiva não linear	107
4.	CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE ACÚSTICO.....	111
4.1	CAMINHADA SONORA DO DIA 25 DE JULHO DE 2022 (CS1).....	111
4.2	CAMINHADA SONORA DO DIA 03 DE SETEMBRO DE 2022 (CS2).....	122
4.3	CAMINHADA SONORA DO DIA 26 DE ABRIL DE 2023 (CS3).....	131
4.4	CAMINHADA SONORA DO DIA 20 DE SETEMBRO DE 2023 (CS4).....	140
4.5	CAMINHADA SONORA DO DIA 24 DE FEVEREIRO DE 2024 (CS5).....	151
4.6	CAMINHADA SONORA DO DIA 16 DE MARÇO DE 2024 (CS6).....	164
4.7	SÍNTESE DA CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE ACÚSTICO	176



5. DESENVOLVIMENTO DE MODELOS PREDITIVOS DE PAISAGEM SONORA	199
5.1 Avaliação da relevância dos indicadores e descritores com base na correlação dos dados coletados	200
5.2 Modelagem preditiva	203
5.2.1 Descritor <i>agradabilidade</i> (método A)	204
5.2.2 Descritor <i>agitação</i> (método A)	209
5.2.3 Descritor <i>animação</i> (método A)	213
5.2.4 Descritor <i>tranquilidade</i> (método A)	218
5.2.5 Descritor <i>avaliação do ambiente sonoro</i> (método A)	223
5.2.6 Descritor <i>adequação do ambiente sonoro</i> (método A)	227
5.2.7 Descritor <i>barulhento</i> (método B)	231
5.2.8 Descritor <i>desagradabilidade</i> (método B)	235
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	239
REFERÊNCIAS	244
APÊNDICES	255
APÊNDICE 1:	255
APÊNDICE 2:	259
APÊNDICE 3:	262
APÊNDICE 4:	263
APÊNDICE 5:	265
APÊNDICE 6:	265
APÊNDICE 7:	267
APÊNDICE 8:	268
APÊNDICE 9:	271
APÊNDICE 10:	272
APÊNDICE 11:	276
APÊNDICE 12:	277
APÊNDICE 13:	281
APÊNDICE 14:	282
APÊNDICE 15:	283
APÊNDICE 16:	283

APÊNDICE 17:	284
APÊNDICE 18:	285
APÊNDICE 19:	285
APÊNDICE 20:	286
APÊNDICE 21:	287
APÊNDICE 22:	287
APÊNDICE 23:	288
APÊNDICE 24:	289
APÊNDICE 25:	290
APÊNDICE 26:	291
APÊNDICE 27:	292
APÊNDICE 28:	293
APÊNDICE 29:	294
APÊNDICE 30:	295
APÊNDICE 31:	296
APÊNDICE 32:	297
APÊNDICE 33:	298



LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução histórica das publicações de artigos voltados à temática de paisagem sonora.	24
Figura 2: Estrutura da tese.	29
Figura 3: Expressão de busca utilizada para obtenção dos artigos em revistas e periódicos. .	32
Figura 4: Estrutura conceitual para desenvolvimento de modelos preditivos.	37
Figura 5: Fluxograma da modelagem de paisagem sonora.	37
Figura 6: Esquema representativo das relações entre os métodos de coleta de dados e as ferramentas utilizadas nos estudos de paisagens sonoras.	48
Figura 7: (a) Vista aérea do campus; (b) Localização dos pontos percorridos durante a caminhada sonora.	54
Figura 8: Gráfico representativo do modelo bidimensional dos atributos da paisagem sonora.	60
Figura 9: Estrutura conceitual para rede neural recorrente.	73
Figura 10: Recorte da área de estudo da orla marítima de Nápoles, Itália, com representação do uso do solo.	75
Figura 11: Diagrama metodológico da tese.	78
Figura 12: Mapa de parte da orla marítima urbana da cidade de Maceió, com destaque para os bairros Ponta Verde e Pajuçara.	80
Figura 13: Imagens da orla marítima do bairro Ponta Verde, Maceió, Alagoas, Brasil.	80
Figura 14: Imagens da orla marítima do bairro Pajuçara, Maceió, Alagoas, Brasil.	81
Figura 15: Mapa do recorte urbano selecionado de parte da orla marítima dos bairros Ponta Verde e Pajuçara.	82
Figura 16: Imagem de parte da orla marítima do bairro Ponta Verde, com destaque para os elementos urbanos presentes.	82
Figura 17: Mapa de uso e ocupação do solo de parte dos bairros Ponta Verde e Pajuçara.	83
Figura 18: Mapa com os pontos/localizações selecionados do recorte em estudo, da orla marítima dos bairros Ponta Verde e Pajuçara.	84
Figura 19: Câmera 360° apoiada em tripé.	88
Figura 20: Material de divulgação para o evento da caminhada sonora “piloto”.	99
Figura 21: Imagens a primeira caminhada sonora “piloto”.	99
Figura 22: Tela de cálculo dos coeficientes de Pearson.	105

Figura 23: Tela de cálculo dos coeficientes de Spearman.....	105
Figura 24: Tela de trabalho para construção de modelos preditivos lineares no <i>python</i>	107
Figura 25: Arquiteturas de redes neurais artificiais empregadas nos modelos preditivos não lineares.....	108
Figura 26: Tela de trabalho para construção de modelos preditivos não lineares (RNA) no <i>python</i>	109
Figura 27: Pontos/localizações percorridos na caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).....	112
Figura 28: Imagens da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).	113
Figura 29: Idade e gênero dos participantes da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).....	113
Figura 30: Classificação da fonte sonora x avaliação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).	116
Figura 31: Valores da mediana para cada um dos atributos da qualidade afetiva percebida considerando cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).	117
Figura 32: Avaliação e adequação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).	119
Figura 33: Percepção da qualidade sonora (barulhento, desagradável) x frequência com que gostaria de visitar o local novamente para cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).	120
Figura 34: Aspectos visuais em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).	121
Figura 35: Imagens da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).	122
Figura 36: Pontos/localizações percorridos na caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).....	123
Figura 37: Idade e gênero dos participantes da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).....	124
Figura 38: Classificação da fonte sonora x avaliação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).....	126
Figura 39: Valores da mediana para cada um dos atributos da qualidade afetiva percebida considerando cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).....	127

Figura 40: Avaliação e adequação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).	129
Figura 41: Percepção da qualidade sonora (barulhento, desagradável) x frequência com que gostaria de visitar o local novamente para cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).	129
Figura 42: Aspectos visuais em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).	131
Figura 43: Pontos/localizações percorridos na caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).....	132
Figura 44: Imagem da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).	132
Figura 45: Idade e gênero dos participantes da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).....	133
Figura 46: Classificação da fonte sonora x avaliação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).....	135
Figura 47: Valores da mediana para cada um dos atributos da qualidade afetiva percebida considerando cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).	136
Figura 48: Avaliação e adequação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).....	138
Figura 49: Percepção da qualidade sonora (barulhento, desagradável) x frequência com que gostaria de visitar o local novamente para cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).....	138
Figura 50: Aspectos visuais em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).....	140
Figura 51: Pontos/localizações percorridos na caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).....	141
Figura 52: Imagens da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).	142
Figura 53: Idade e gênero dos participantes da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).....	142
Figura 54: Classificação da fonte sonora x avaliação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).....	145
Figura 55: Valores da mediana para cada um dos atributos da qualidade afetiva percebida considerando cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).....	146

Figura 56: Avaliação e adequação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).	148
Figura 57: Percepção da qualidade sonora (barulhento, desagradável) x frequência com que gostaria de visitar o local novamente para cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).	149
Figura 58: Aspectos visuais em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).	150
Figura 59: Pontos/localizações percorridos na caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).	152
Figura 60: Imagens do dia da quinta caminhada sonora, no dia 24 de fevereiro de 2024. ...	153
Figura 61: Idade e gênero dos participantes da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).....	154
Figura 62: Classificação da fonte sonora x avaliação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).....	158
Figura 63: Valores da mediana para cada um dos atributos da qualidade afetiva percebida considerando cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).....	159
Figura 64: Avaliação e adequação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).....	162
Figura 65: Percepção da qualidade sonora (barulhento, desagradável) x frequência com que gostaria de visitar o local novamente para cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).....	162
Figura 66: Aspectos visuais em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).	164
Figura 67: Pontos/localizações percorridos na caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).....	165
Figura 68: Imagem da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).....	166
Figura 69: Idade e gênero dos participantes da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).....	166
Figura 70: Classificação da fonte sonora x avaliação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).	170
Figura 71: Valores da mediana para cada um dos atributos da qualidade afetiva percebida considerando cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).	171

Figura 72: Avaliação e adequação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).	174
Figura 73: Percepção da qualidade sonora (barulhento, desagradável) x frequência com que gostaria de visitar o local novamente para cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).	174
Figura 74: Aspectos visuais em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).	176
Figura 75: Faixas etárias dos participantes das caminhadas sonoras.	177
Figura 76: Gênero dos participantes das caminhadas sonoras.	178
Figura 77: Síntese da caracterização do ambiente acústico Ponto 1: “Marco dos Corais”.	185
Figura 78: Síntese da caracterização do ambiente acústico Ponto 2: “Praça Gogó da Ema”.	186
Figura 79: Síntese da caracterização do ambiente acústico Ponto 3: “Totem 'Eu Amo Maceió’.	187
Figura 80: Síntese da caracterização do ambiente acústico Ponto 4: “Cadeira Gigante”.	188
Figura 81: Síntese da caracterização do ambiente acústico Ponto 5: “Entre bares Lopana e Kanoa”.	189
Figura 82: Síntese da caracterização do ambiente acústico Ponto 6: “Parquinho Infantil”.	190
Figura 83: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico Ponto 7: “Feirinha do Artesanato da Pajuçara”.	191
Figura 84: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico Ponto 8: “Skate Park Pajuçara”.	192
Figura 85: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico Ponto 9: “Parquinho Ecológico”.	193
Figura 86: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico Ponto 10: “Praça Multieventos”.	194
Figura 87: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico Ponto 11: “Memorial Teotônio Vilela”.	195
Figura 88: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico Ponto 12: “Quadra de Areia da Pajuçara”.	196
Figura 89: Mapa síntese da caracterização do ambiente acústico da área em estudo, orla marítima dos bairros Ponta Verde e Pajuçara, Maceió-AL.	197
Figura 90: Matriz de correlação de Pearson entre os indicadores de paisagem sonora.	200

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Nomenclatura das siglas adotadas para os indicadores.	100
Tabela 2: Dados acústicos e ambientais medidos em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).	121
Tabela 3: Dados acústicos e ambientais medidos em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).	130
Tabela 4: Dados acústicos e ambientais medidos em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).	139
Tabela 5: Dados acústicos e ambientais medidos em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).	150
Tabela 6: Dados acústicos e ambientais medidos em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).	163
Tabela 7: Dados acústicos e ambientais medidos em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).	175
Tabela 8: Nomenclatura das siglas adotadas para os indicadores.	199
Tabela 9: Correlação de Spearman e <i>valor-p</i> entre os descritores de paisagem sonora.	201
Tabela 10: Coeficientes de Spearman para cada indicador, considerando o descritor <i>agradabilidade</i>	204
Tabela 11: Coeficientes de Spearman para cada indicador, considerando o descritor <i>agitação</i>	209
Tabela 12: Coeficientes de Spearman para cada indicador, considerando o descritor <i>animação</i>	213
Tabela 13: Coeficientes de Spearman para cada indicador, considerando o descritor <i>tranquilidade</i>	218
Tabela 14: Coeficientes de Spearman para cada indicador, considerando o descritor <i>avaliação do ambiente sonoro</i>	223
Tabela 15: Coeficientes de Spearman para cada indicador, considerando o descritor <i>adequação do ambiente sonoro</i>	227
Tabela 16: Coeficientes de Spearman para cada indicador, considerando o descritor <i>barulhento</i>	231
Tabela 17: Coeficientes de Spearman para cada indicador, considerando o descritor <i>desagradabilidade</i>	235

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Questionário do método A da ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018).....	51
Quadro 2: Questionário do método B da parte 2 da ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018).	53
Quadro 3: Valores de escala atribuídos a escalas de classificação do método A e medidas estatísticas.....	57
Quadro 4: Valores de escala atribuídos a escalas de classificação do método B e medidas estatísticas.....	58
Quadro 5: Modelos preditivos com informações sobre os descritores utilizados, indicadores e tipo de modelagem (linear e não linear).	66
Quadro 6: Modelos preditivos lineares.	70
Quadro 7: Modelos preditivos não lineares.	72
Quadro 8: Imagens panorâmicas e descrição dos pontos/localizações selecionados do recorte em estudo, da orla marítima dos bairros Ponta Verde e Pajuçara.	85
Quadro 9: Descritores de paisagem sonora selecionados.....	88
Quadro 10: Indicadores selecionados.....	89
Quadro 11: Estrutura do questionário desenvolvido.....	91
Quadro 12: Identificação da fonte sonora em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).....	114
Quadro 13: Qualidade afetiva percebida em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).....	118
Quadro 14: Identificação da fonte sonora em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).	125
Quadro 15: Qualidade afetiva percebida em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).	128
Quadro 16: Identificação da fonte sonora em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).....	134
Quadro 17: Qualidade afetiva percebida em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).....	137
Quadro 18: Identificação da fonte sonora em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).	143
Quadro 19: Qualidade afetiva percebida em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).	147

Quadro 20: Identificação da fonte sonora em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).....	155
Quadro 21: Qualidade afetiva percebida em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).....	159
Quadro 22: Identificação da fonte sonora em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).	167
Quadro 23: Qualidade afetiva percebida em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).	171
Quadro 24: Modelos preditivos lineares para o descritor <i>agradabilidade</i>	205
Quadro 25: Modelos preditivos não lineares para o descritor <i>agradabilidade</i>	208
Quadro 26: Modelos preditivos lineares para o descritor <i>agitação</i>	210
Quadro 27: Modelos preditivos não lineares para o descritor <i>agitação</i>	212
Quadro 28: Modelos preditivos lineares para o descritor <i>animação</i>	214
Quadro 29: Modelos preditivos não lineares para o descritor <i>animação</i>	217
Quadro 30: Modelos preditivos lineares para o descritor <i>tranquilidade</i>	219
Quadro 31: Modelos preditivos não lineares para o descritor <i>tranquilidade</i>	222
Quadro 32: Modelos preditivos lineares para o descritor <i>avaliação do ambiente sonoro</i> ..	224
Quadro 33: Modelos preditivos não lineares para o descritor <i>avaliação do ambiente sonoro</i>	226
Quadro 34: Modelos preditivos lineares para o descritor <i>adequação do ambiente sonoro</i> ..	228
Quadro 35: Modelos preditivos não lineares para o descritor <i>adequação do ambiente sonoro</i>	230
Quadro 36: Modelos preditivos lineares para o descritor <i>barulhento</i>	232
Quadro 37: Modelos preditivos não lineares para o descritor <i>barulhento</i>	234
Quadro 38: Modelos preditivos lineares para o descritor <i>desagradabilidade</i>	236
Quadro 39: Modelos preditivos não lineares para o descritor <i>desagradabilidade</i>	238



1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

No decorrer dos anos, a avaliação do som nas cidades era baseada apenas nos aspectos epidemiológicos do ruído, por meio da abordagem quantitativa do som. Com o propósito de controle do ruído nos centros urbanos, foram implementadas políticas internacionais ambientais, a exemplo do *Green Paper*¹ e da Diretiva Europeia 2002/49/CE² (Kang *et al.*, 2016), na tentativa de reduzir os elevados níveis sonoros provenientes de transporte e indústria, a fim de garantir níveis abaixo dos valores recomendados pela Organização Mundial da Saúde (Aletta; Kang; Axelsson, 2016).

A abordagem quantitativa do ruído nas cidades é comumente direcionada para avaliação dos ambientes acústicos e comparação com valores de referência de níveis sonoros presentes nas normas técnicas e legislações (Rey Gozalo *et al.*, 2015). Cálculos, medições dos níveis sonoros e simulações computacionais podem ser realizados para elaboração de mapas acústicos, que ilustram a configuração do ruído ambiental em uma determinada área, de forma que podem ser utilizados no gerenciamento do ruído nas cidades, identificando áreas onde existe excesso de ruído, para auxiliar no planejamento urbano. Além disso, os métodos tradicionais de monitoramento do ruído baseado no nível de pressão sonora ponderado, fornecem apenas a indicação de valor único dos níveis de energia, desconsiderando o contexto das fontes sonoras, se causam irritação ou conforto acústico (Tan *et al.*, 2022).

A redução dos níveis sonoros não resulta necessariamente no aumento da percepção positiva e qualidade do ambiente acústico (Kang, 2006). Alguns sons têm um impacto positivo, enquanto outros podem ser negativos, independentemente de seus níveis sonoros. Oliveira (2017) constatou a importância dos aspectos subjetivos na avaliação da paisagem sonora, pois apesar dos níveis de pressão sonora medidos estarem acima dos valores propostos pelos normativos brasileiros, a maioria dos moradores de um bairro da cidade de Maceió-AL alegaram não sentir incômodo quanto aos sons provenientes dos templos religiosos. Por fim, percebeu-se que a maior parte dos moradores também era frequentadora dos templos.

¹ Documento de gerenciamento e controle de ruído proposto pela comunidade europeia, assinado em 1996.

² Diretiva proposta pelo Parlamento Europeu para gerenciamento de ruído no ano de 2002: 2002/49/CE.

A partir da década de 1970, a abordagem quantitativa do som começa a ser questionada por um grupo de pesquisadores coordenados por Murray Schafer, professor, escritor e músico canadense. Schafer e seus colegas acreditavam que para avaliação do ambiente sonoro, seria necessário considerar os inúmeros aspectos humanos envolvidos na percepção sonora (Schafer, 2001). Assim, foi denominado o termo “*soundscape*”, que pode ser traduzido como paisagem sonora, sendo caracterizado como um campo multidisciplinar, em áreas como arquitetura, acústica, psicologia e sociologia.

A paisagem sonora se refere à atmosfera auditiva das cidades como parte da experiência holística dos espaços urbanos (Cao; Kang, 2021). Paisagem sonora é uma construção da percepção humana, que é influenciada pelo contexto sociocultural, bem como pelo ambiente acústico no contexto e leva em conta a avaliação de todos os sons percebidos em um ambiente, considerando toda a sua complexidade (ISO, 2014). A pesquisa em paisagem sonora é enraizada na acústica ambiental e na psicologia ambiental, tendo tipicamente como objetos de estudo, os espaços urbanos abertos, como parques e praças (Kang, 2006).

Paisagem sonora é resultado de vários fatores, que podem interagir entre si, tais como: atividades humanas, tecnologias de transporte, cultura, posição geográfica, urbanismo, hábitos humanos e modos de vida. São importantes para o conceito de paisagem sonora: significado do som, composição das diversas fontes sonoras, atitude do ouvinte e as expectativas a respeito do ambiente acústico (Kang *et al.*, 2016). Os estudos em paisagem sonora envolvem não apenas medições físicas, mas também a consideração das ciências humanas e sociais, tendo em vista a diversidade de paisagens sonoras em diferentes países e culturas, buscando compreender como as pessoas vivenciam na prática o ambiente acústico (Yang; Lu, 2022).

A comunidade em paisagem sonora está passando por um crescente período de padronização metodológica, com a finalidade de melhorar a coordenação e comunicação das pesquisas na área. Os procedimentos necessários para avaliação da paisagem sonora vêm sendo discutidos por meio de normativos propostos pela Organização Internacional de Normalização (*International Organization for Standardization* - ISO). Até o presente momento, a conceituação, procedimentos para coleta de dados e diretrizes para análise e tratamento dos dados coletados foram normatizados: parte 1 (ISO, 2014), que trata da definição e conceituação, parte 2 (ISO, 2018), que versa sobre a coleta de dados, e parte 3 (ISO, 2019), que estabelece diretrizes para tratamento e análise de dados coletados. A parte 4 está em desenvolvimento e versará sobre projeto e intervenção na área de paisagem sonora.

A compreensão acerca da paisagem sonora auxilia nas estratégias de planejamento urbano, no processo de tomada de decisões por parte dos arquitetos, engenheiros e gestores da cidade. Conforme apontam Kang *et al.* (2016), a qualidade da paisagem sonora pode ser obtida por meio de soluções baseadas nas expectativas dos usuários, de forma que medidas e estratégias possam ser implementadas para reduzir ou eliminar sons indesejáveis, por exemplo.

O gerenciamento e o planejamento da paisagem sonora devem fazer parte do projeto de qualquer local. Mesmo quando o ruído não é uma questão grave, a experiência sonora deve ser a mais agradável possível. A paisagem sonora resulta de uma estrutura complexa de sons, em seu contexto específico. Sons de origem natural ou antropogênica serão ouvidos (exceto quando mascarados) e interpretados. O grau de apreciação resultará da experiência do usuário, da interação com informação de todos os sentidos, e do confronto com suas expectativas, tendo em vista o uso do lugar. Todos esses aspectos orientarão o planejamento da paisagem sonora (Kang; Schulte-Fortkamp, 2018).

A capacidade de prever a avaliação da paisagem sonora de um ambiente é determinante para possibilitar a implementação prática do conceito de paisagem sonora no planejamento urbano, com a construção de modelos preditivos. A partir do surgimento do novo campo de pesquisa em questão, pesquisadores passaram a estudar as diversas possibilidades de descrever os ambientes acústicos, com a elaboração de modelos que representem a complexidade envolvida na paisagem sonora. Os modelos preditivos são a chave para implementação da abordagem da paisagem sonora no planejamento urbano (Aletta; Kang; Axelsson, 2016).

Geralmente, as avaliações de paisagens sonoras são realizadas em ambientes já existentes, nos quais os usuários são indagados a respeito de suas experiências com o ambiente acústico. Além de avaliar as paisagens sonoras existentes, é importante desenvolver meios que sejam hábeis para prever como um determinado projeto ou mudança impactará na paisagem sonora (Mitchell *et al.*, 2020).

De acordo com Lionello *et al.* (2020), é possível modelar a paisagem sonora para compreender como os ambientes acústicos são percebidos pelas pessoas, de forma que a modelagem da paisagem sonora é uma das principais questões em que os pesquisadores da área estão se debruçando. A modelagem da paisagem sonora envolve a relação existente entre indicadores e descritores, que pode ser baseada em regras lineares e não lineares. Os indicadores são os dados a serem coletados, são as informações de entrada do modelo, a exemplo de dados acústicos objetivos, dados ambientais, dados de percepção sonora, entre outros. Os descritores

são compreendidos como as informações de saída do modelo, que por sua vez, representam os resultados perceptuais do modelo.

A consideração e envolvimento da paisagem sonora no processo de desenho urbano pode auxiliar na aplicação de estratégias visando o desenvolvimento urbano e social sustentável no processo de renovação urbana (Zhao *et al.*, 2021), tendo em vista que a renovação urbana oferece uma oportunidade para melhorar a qualidade de vida e criar cidades sustentáveis.

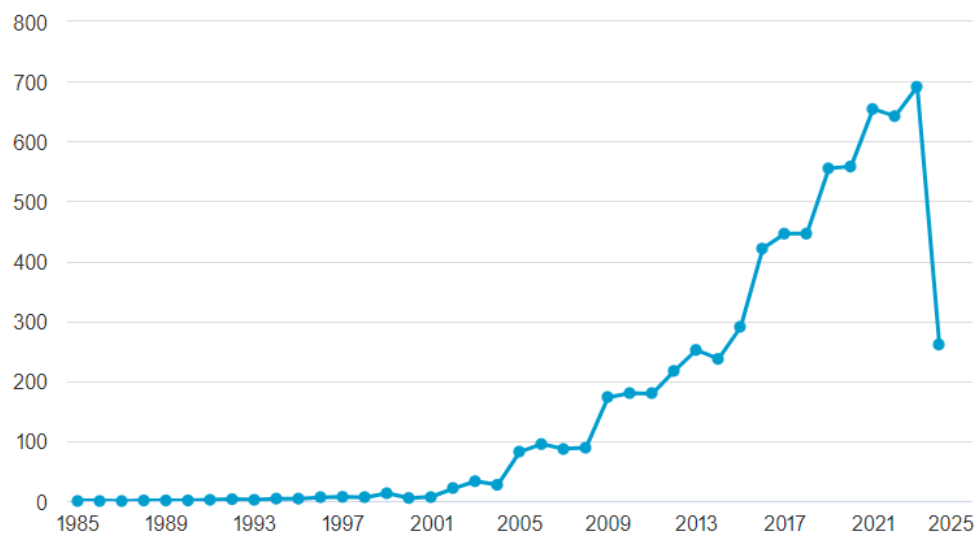
1.2 PANORAMA DA ÁREA DE ESTUDO EM PAISAGEM SONORA

Nas áreas urbanas, o anseio de melhorar os ambientes acústicos conduziu a um interesse crescente na paisagem sonora como uma abordagem para melhorar a qualidade sonora, na medida em que considera o som como um recurso, com enfoque nos efeitos positivos do som e não apenas em reduzir os níveis dos sons indesejáveis (Kang; Schulte-Fortkamp, 2018).

O campo de estudo em paisagem sonora vem ganhando força nos últimos anos, em função da necessidade de superar a abordagem do gerenciamento dos ambientes urbanos baseado apenas em políticas de controle do ruído. A evolução histórica das publicações científicas³ em paisagem sonora revela a tendência de crescimento (Figura 1). Com base em dados extraídos do banco de dados científicos *Scopus*, levando em conta publicações em periódicos, eventos e livros, verifica-se que desde 1985 são realizadas publicações relacionadas ao tema paisagem sonora, mas somente a partir de 2004 se observa o início de um crescimento mais significativo no número de publicações, com destaque para o ano de 2014, ano marco da publicação da primeira parte da ISO 12913-1 – *Acoustics - Soundscape – Part 1: Definition and conceptual framework* (ISO, 2014).

³ A consulta foi realizada na base de dados científica *Scopus*, com a palavra-chave “*soundscape*”.

Figura 1: Evolução histórica das publicações de artigos voltados à temática de paisagem sonora.



Fonte: Adaptado de Scopus (2024).

Vale destacar a publicação de uma edição especial sobre paisagem sonora na *Acta Acustica*, Jornal da *European Acoustics Association*, em 2006. De acordo com Kang *et al.* (2016), a importância da pesquisa em paisagem sonora vem sendo reconhecida por organizações governamentais e órgãos de financiamento na Europa, tendo em vista o potencial de promoção da saúde pública e qualidade de vida, com a realização de projetos de pesquisa, a exemplo da rede *Noisefutures*, em associação com os projetos *Positive Soundscape*, financiados pelo *Engineering and Physical Science Research Council (EPSRC)*, do Reino Unido e projeto *Soundscape Health*, apoiado pela *Swedish Foundation for Strategic Environmental Research*.

Outro exemplo de iniciativa, trata-se do projeto do governo galês: “*Noise and Soundscape Action Plan 2018-2023*”, construído com a finalidade de compreender a paisagem sonora como uma estratégia importante para tratar questões ambientais sonoras (Welsh Government; Ministry of Environment, 2018). De acordo com Aletta *et al.* (2019), os esforços da comunidade científica em paisagem sonora estão alcançando resultados tangíveis no que diz respeito às políticas ambientais voltadas para gestão do ambiente acústico, principalmente no âmbito europeu.

A caracterização do ambiente acústico é tradicionalmente tratada em termos de propriedades acústicas de um espaço. Modelos acústicos urbanos foram inicialmente utilizados para avaliar o impacto do ruído de tráfego, que por sua vez, são modelos mais voltados para o nível de pressão sonora, sendo o *incômodo ao ruído*, um descritor comum nestes estudos,

porém, tais modelos estão apenas se detendo a um aspecto muito restrito de toda a paisagem sonora, desconsiderando, por exemplo, as contribuições potencialmente positivas de algumas fontes sonoras (Lionello *et al.*, 2020).

Yang e Lu (2022) realizaram uma análise sistemática de literatura, que buscou identificar os principais temas de pesquisa e estruturas do conhecimento no campo de paisagem sonora urbana. Os autores identificaram que os pontos críticos de pesquisa estão voltados ao ruído, à percepção e à qualidade, com foco na teoria e metodologia. Em relação aos objetos de pesquisa, a maior parte dos estudos se concentra na paisagem sonora de ambientes externos, tais como parques urbanos, áreas turísticas e históricas. Como temática de conhecimento, os autores destacaram a importância do ambiente acústico para o planejamento urbano, visto que a qualidade da paisagem sonora desempenha um papel importante na melhoria e promoção da saúde. Além disso, os planejadores urbanos e formuladores de políticas devem maximizar o potencial de restauração do espaço verde urbano.

Kang *et al.* (2016) apresentaram um apanhado de dez grandes questões relativas à paisagem sonora do ambiente construído. Neste trabalho, foram apresentados aspectos relativos à definição de paisagem sonora, além de questões sobre como as paisagens sonoras influenciam na saúde e na qualidade de vida, entre outros aspectos. Um caso de aplicação prática da avaliação de paisagem sonora em áreas urbanas citado no referido trabalho consiste em intervenção realizada na cidade de Sheffield, Inglaterra, onde foi implantado um complexo sistema de fontes de água e barreiras acústicas em uma estação ferroviária, com intuito de melhorar a percepção e qualidade do ambiente acústico mediante a técnica de mascaramento do ruído de tráfego.

No geral, o planejamento da paisagem sonora requer a capacidade de antecipar, em certa medida, qual será o resultado perceptivo. Para este fim, modelos preditivos são necessários, sendo um dos desafios para a área.

1.3 JUSTIFICATIVA

A produção técnico-científica no campo de pesquisa em paisagem sonora, conforme discutido anteriormente, é mais difundida em países europeus. Porém, no âmbito do Brasil, a

pesquisa nesta área ainda é incipiente. Em busca realizada na base de dados científicos *Scopus*⁴, foi observado que o Brasil ocupa a 15ª posição no *ranking* de produção de artigos técnicos e científicos, o que representa 2,19% do total de documentos. Tal informação evidencia uma lacuna nessa área de estudo no país, sendo necessário avançar diante da importância do tema para o planejamento urbano.

Ademais, em busca realizada no banco de dissertações e teses da CAPES⁵, não foram encontrados trabalhos voltados para a formulação de modelos preditivos de paisagens sonoras urbanas para a realidade brasileira, sendo identificadas apenas a produção de algumas teses voltadas para avaliação de paisagens sonoras, isto é, não se concentraram no desenvolvimento de modelos preditivos, a exemplo de Hirashima (2014)⁶, Lima (2021)⁷, Oliveira (2023)⁸ Klein (2023)⁹ e Fernandes (2024)¹⁰. Vale frisar que nos trabalhos de Hirashima (2014) e Lima (2021) não foram aplicadas as normativas ISO 12913.

Tendo em vista que o corrente trabalho tem como base a série normativa em paisagem sonora, ISO 12913, alinha-se à recomendação de Aletta *et al.* (2019), que reforçam a necessidade de desenvolvimento de estudos de acordo com as normas de paisagem sonora, a fim de contribuir para evolução e consolidação da área.

O desenvolvimento de modelos preditivos para avaliação de paisagens sonoras visa auxiliar no processo de tomada de decisão no planejamento urbano. Portanto, a presente tese está em consonância com os apontamentos discutidos por um dos maiores pesquisadores da área:

⁴ Foi utilizada a expressão de busca “*soundscape AND urban*”.

⁵ Foi utilizada a palavra-chave “paisagem sonora”.

⁶ Tese de Doutorado que teve como objetivo avaliar a percepção sonora e térmica e conforto sonoro e térmico em espaços urbanos abertos da cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais.

⁷ Tese de Doutorado que teve como objetivo contribuir para o estudo da paisagem sonora de espaços abertos de cidades, com destaque para o caráter sistêmico da análise do lugar, abordando diferentes escalas urbanas na descrição dos caracteres do som em ambientes sonoros de Brasília.

⁸ Tese de Doutorado que teve como temática o estudo da paisagem sonora do bairro Bebedouro, localizado em Maceió, Alagoas, afetado pelo desastre ambiental decorrente da extração de sal-gema, assim, buscou-se investigar os elementos que definem o caráter da paisagem sonora do bairro antes e depois do desastre socioambiental, identificando os aspectos sonoros significativos.

⁹ Dissertação de mestrado que teve como objetivo caracterizar quantitativamente e qualitativamente a paisagem sonora do bairro Bixiga, na região central da cidade de São Paulo.

¹⁰ Tese de Doutorado na qual foi proposta uma metodologia para analisar a influência de corpos d’água na paisagem sonora urbana, por meio de medições do nível de pressão sonora e avaliações de percepção de usuários no entorno do rio urbano na cidade de Piracicaba-SP, considerando variações sazonais da vazão.

É urgente a necessidade de desenvolvimento de ferramentas operacionais, visando implementação na abordagem de paisagens sonoras no planejamento urbano, que sejam capazes de prever se determinada tomada de decisão no projeto de espaços urbanos implicará em uma paisagem sonora de alta qualidade ou não (Kang *et al.*, 2016).

É fundamental considerar o impacto que as contribuições deste trabalho podem ter na sociedade, pois a criação de paisagens sonoras de alta qualidade pode desempenhar um papel significativo na melhoria da qualidade de vida da população. A pesquisa e a prática da paisagem sonora apresentam um grande potencial para promover a saúde pública e enriquecer a qualidade de vida nos ambientes urbanos.

No tocante ao ineditismo da corrente tese, frente aos trabalhos científicos encontrados na literatura, pode-se destacar:

- Elaboração de um questionário para coleta de dados do ambiente sonoro, adaptado para a língua portuguesa, contemplando um método misto, baseado na junção dos protocolos dos métodos A e B da parte 2 da ISO/TS 12913-2 (2018), com incremento de questões voltadas a outros aspectos perceptivos além dos aspectos sonoros, a exemplo de aspectos visuais, sociodemográficos e contextuais;
- Desenvolvimento de metodologia para caracterização do ambiente acústico, reunindo as diretrizes preconizadas pela parte 3 da ISO/TS 12913-3 (2019), sendo aprimorado com o estudo das interrelações entre os aspectos, como métricas objetivas e de percepção;
- Desenvolvimento de metodologia para estudo da relevância entre os indicadores e descritores de paisagem sonora;
- Aplicação da metodologia no recorte urbano da cidade de Maceió, Alagoas, de modo a obter os modelos preditivos, bem como a caracterização do ambiente sonoro urbano e identificação dos principais elementos que interferem na configuração da paisagem sonora, que pode servir como ferramenta para aplicação de políticas públicas.

1.4 HIPÓTESE

A avaliação de paisagem sonora envolve inúmeras correlações complexas, que interligam as variáveis físicas, objetivas, além de variáveis subjetivas, acústicas e visuais, relacionadas à percepção dos usuários. O emprego de técnicas de modelagem que simulem o comportamento do pensar do ser humano, podem trazer resultados importantes para construção de modelos preditivos, que por sua vez, auxiliem nas soluções e estratégias de planejamento urbano, levando em consideração as diretrizes propostas pela ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018) e ISO/TS 12913-3 (ISO, 2019).

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo Geral

Desenvolver metodologia para avaliação de paisagens sonoras por meio da elaboração de modelos preditivos e aplicação em espaços públicos urbanos da cidade de Maceió, Alagoas, Brasil, com recorte da orla marítima dos bairros Ponta Verde e Pajuçara.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Construir uma estrutura teórica-conceitual relativa à metodologia para avaliação de paisagens sonoras, com enfoque na coleta, tratamento de dados e modelagem, necessários para elaboração de modelos preditivos;
- Desenvolver metodologia para caracterização dos ambientes sonoros, com base na junção das diretrizes da ISO/TS 12913-3 (ISO, 2019) e o estudo das interrelações entre os aspectos;
- Elaborar metodologia para correlacionar os dados objetivos e perceptuais para avaliação dos ambientes sonoros;
- Avaliar a relevância dos indicadores e descritores da paisagem sonora;
- Construir uma estrutura de análise, baseada em modelos de regressão múltipla linear, para desenvolvimento de modelos preditivos de paisagens sonoras;

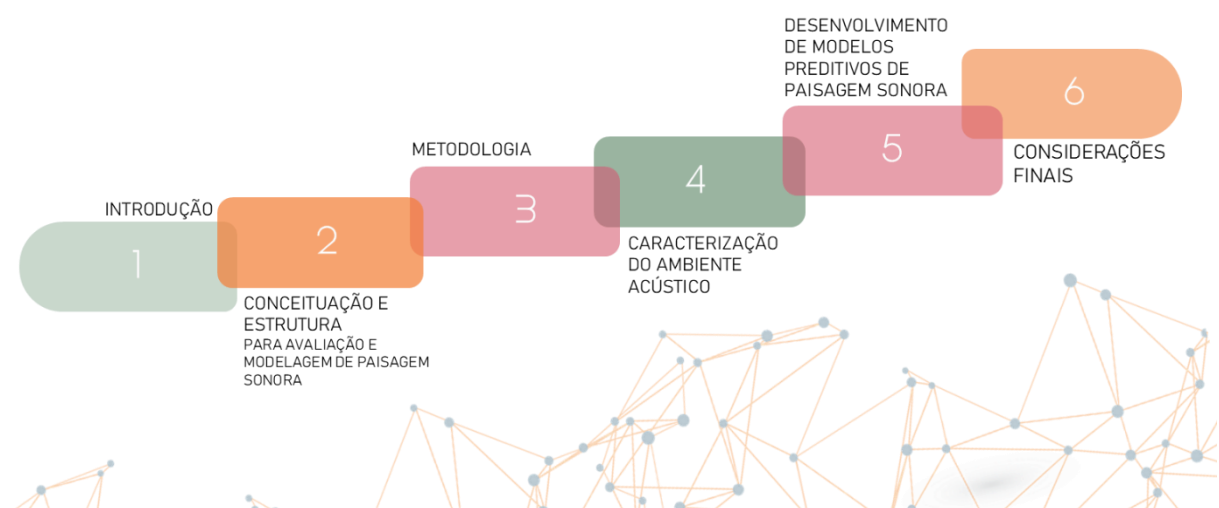
- Desenvolver uma estrutura de análise, baseada em técnicas de inteligência artificial, com ênfase em redes neurais artificiais, para desenvolvimento de modelos preditivos de paisagens sonoras;

- Obter modelos preditivos da paisagem sonora do recorte urbano selecionado, que corresponde à faixa litorânea de parte dos bairros Ponta Verde e Pajuçara, em Maceió, Alagoas, tendo em vista a aplicação da metodologia proposta.

1.6 ESTRUTURA DA TESE

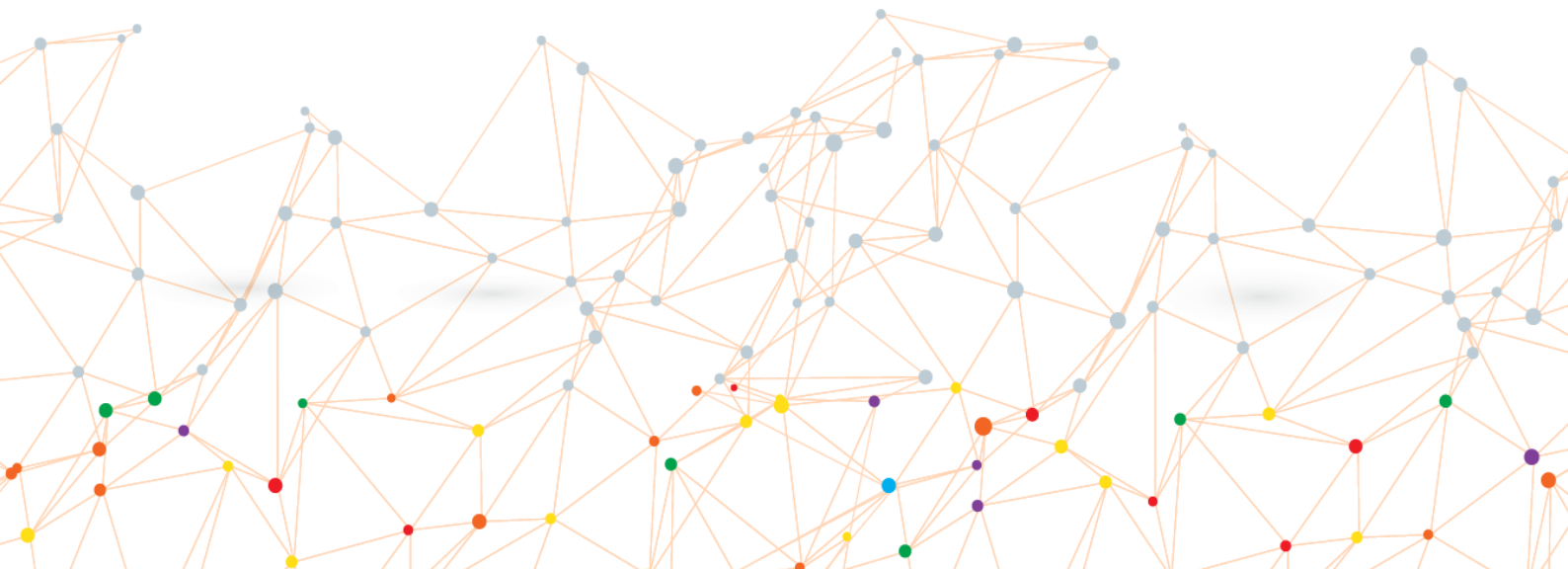
O presente trabalho é composto de seis seções (Figura 2). A segunda seção tem o título: **“Conceituação e estrutura para avaliação e modelagem de paisagem sonora”**, e integra o referencial teórico-conceitual. Na terceira seção, chamada de **“Metodologia”**, são detalhados os passos metodológicos para realização do trabalho. A quarta e quinta seções consistem no desenvolvimento da presente tese, compostas por resultados e discussões, de modo que a seção quatro trata da **“Caracterização do ambiente acústico”**, enquanto a quinta seção apresenta e discute o **“Desenvolvimento de modelos preditivos de paisagem sonora”**.

Figura 2: Estrutura da tese.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

2 CONCEITUAÇÃO E ESTRUTURA PARA AVALIAÇÃO E MODELAGEM DE PAISAGEM SONORA



2. CONCEITUAÇÃO E ESTRUTURA PARA AVALIAÇÃO E MODELAGEM DE PAISAGEM SONORA

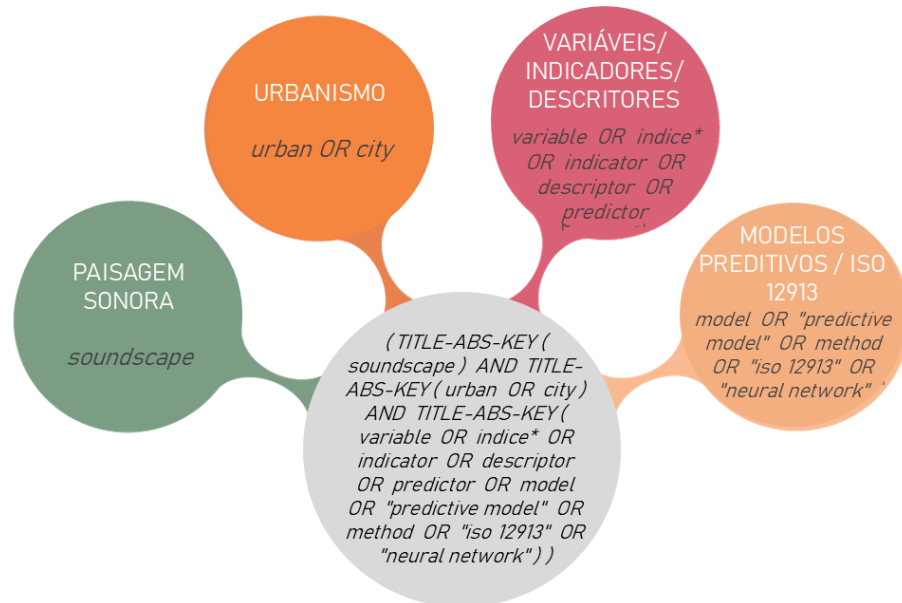
O presente capítulo destina-se à abordagem de conceitos relevantes para compreensão dos fenômenos relacionados à paisagem sonora, a fim de subsidiar a investigação de modelos preditivos. Para tanto, são apresentadas as seguintes temáticas: ambiente sonoro urbano, metodologias para modelagem da paisagem sonora, normatização: série ISO 12913, coleta de dados em estudos de paisagem sonora, caracterização do ambiente acústico e modelos preditivos.

2.1 REVISÃO DE LITERATURA

Realizou-se uma revisão de literatura a fim de obter um panorama do estado da arte nas pesquisas sobre paisagem sonora, tanto no âmbito nacional, quanto internacional, com abordagem de temas como: ambiente sonoro urbano, metodologias para modelagem da paisagem sonora, com destaque para estrutura básica para modelagem da paisagem sonora, indicadores, descritores, normatização: série ISO 12913, coleta de dados, caracterização do ambiente acústico e modelos preditivos lineares e não lineares. Dessa forma, foi possível construir uma base teórica e conceitual para avaliação e modelagem de paisagens sonoras.

A busca de artigos científicos em base de dados foi o ponto de partida para a construção da base teórica relativa à metodologia de avaliação de paisagem sonora. Como banco de dados primário, foram utilizadas as bases *Scopus* e *Web of Science*, considerando a sua alta cobertura. A expressão de busca inserida na referida base de dados foi a seguinte: *(TITLE-ABS-KEY (soundscape) AND TITLE-ABS-KEY (urban OR city) AND TITLE-ABS-KEY (variable OR indice* OR indicator OR descriptor OR predictor OR model OR "predictive model" OR method OR "iso 12913" OR "neural network"))*, de modo que é possível identificar termos relacionados à paisagem sonora, urbanismo, variáveis/indicadores/descriptores, modelos preditivos e ISO 12913 (Figura 3).

Figura 3: Expressão de busca utilizada para obtenção dos artigos em revistas e periódicos.



Fonte: Elaboração própria, 2022.

Com base na expressão de busca utilizada nas bases *Scopus* e *Web of Science*, foram aplicados filtros para refinar a busca, tais como a escolha de artigos em periódicos e artigos de revisão (*paper review*), visto que tais publicações costumam atender a critérios mais rigorosos, revisadas por pares. Além disso, optou-se em definir o recorte temporal, buscando trabalhos a partir do ano 2009, pois corresponde ao ano de publicação do trabalho de Yu e Kang (2009), artigo pioneiro na área de modelagem de paisagem sonora com a aplicação de redes neurais artificiais.

Uma vez realizada a busca, foi executada a triagem e selecionados os artigos a serem lidos. Durante o processo de leitura dos artigos, novos estudos foram gradualmente incorporados ao referencial teórico. Esses artigos não estavam presentes na busca inicial realizada com a expressão de pesquisa utilizada, mas foram incluídos devido à sua relevância para o desenvolvimento do trabalho. Ademais, foram selecionados artigos em congressos da área de acústica, a exemplo do artigo de Antunes *et al.* (2021), que apresenta a tradução para língua portuguesa dos atributos perceptuais de paisagem sonora, apresentados no Congresso Euronoise, além de alguns artigos que apresentam modelos preditivos. Além disso, foram consultados livros, tais como: *Afinação do Mundo*, de Murray Schafer (2001); *Urban Sound Environment*, do pesquisador Jian Kang (2006); e *Soundscape and the Built Environment*, de Jian Kang e Brigitte Schulte-Fortkamp (2018).

2.2 O AMBIENTE SONORO URBANO

O som nos rodeia e nos envolve, seja dentro ou fora de casa, no trabalho e no lazer, no campo ou na cidade. Ouvimos vozes, veículos, pássaros, vento nas árvores, passos, máquinas, gotas de chuva, crianças a brincar, bips dos aparelhos eletrônicos, entre outros. O som está sempre presente e os ouvidos estão sempre ligados, mesmo ao dormir. Partilhamos o mesmo ambiente acústico com todos que ocupam o mesmo espaço. O ambiente acústico é entendido como a composição de todas as fontes sonoras presentes no local, e é moldado pela modificação dos sons à medida em que se propagam (Kang; Schulte-Fortkamp, 2018).

Os sons produzidos nas cidades são geralmente provenientes das diversas atividades humanas, tais como sons de tráfego de veículos, comércio, sirenes, buzinas, conversas, construções e entretenimento, como músicas, entre outros. Ou seja, os sons antropogênicos se constituem como parte da experiência sonora nas cidades e podem refletir as dinâmicas urbanas, porém, é importante gerenciar esses sons, a fim de garantir a qualidade de vida da população (Schafer, 2001).

De acordo com Ratcliffe (2021), sons da natureza, tais como sons de canto de pássaros, podem aumentar as percepções positivas dos ambientes e costumam ser afetivamente avaliados como ambientes agradáveis e restauradores. Além disso, a presença de sons agradáveis no espaço urbano, podem contribuir para o mascaramento de sons indesejáveis. Sons do mar e de rios costumam ser percebidos como sons mais calmantes (Liu *et al.* 2022). Em uma revisão de literatura realizada por Aletta, Oberman e Kang (2018), foram identificadas associações entre paisagens sonoras urbanas positivas e saúde e bem-estar, incluindo recuperação do estresse. Tais paisagens sonoras geralmente incluem sons da natureza.

Korpilo *et al.* (2024), em seu estudo, que tratou da paisagem visual e sonora na promoção e recuperação do estresse em ambientes urbanos com proximidade da natureza, constatou que a restauração fisiológica e psicológica é maior em ambientes com maior naturalidade visual e acústica, como por exemplo, próximos à praia e à floresta.

As dinâmicas urbanas influenciam significativamente a paisagem sonora das cidades. Um exemplo notável disso foi o contexto da pandemia por COVID-19, que proporcionou uma oportunidade sem precedentes para pesquisas na área (Asensio *et al.*, 2020). Consequentemente, com as medidas de bloqueio e distanciamento, a fim de conter o avanço da doença, houve restrições em relação à mobilidade das pessoas nas cidades, o que alterou as atividades humanas em espaços públicos.

No Brasil, investigações sobre a percepção da paisagem sonora durante a pandemia de COVID-19, como as realizadas por Oliveira *et al.* (2021) e Oliveira *et al.* (2022), buscaram registrar e compreender como a paisagem sonora se configurou neste período, especialmente durante o período de quarentena, por meio da aplicação de questionários virtuais, ferramenta possível de coleta de informações no período de maio a junho de 2020. No geral, quando analisadas as respostas acerca da percepção sonora, as avaliações foram mais positivas dentro da edificação do que no entorno, sendo o ambiente externo mais ruidoso, e possivelmente, de mais difícil controle, tais como sons dos vizinhos. Ademais, as respostas indicaram a percepção de novos sons, como sons da natureza e de sirenes de ambulâncias.

Em estudo realizado por Mitchell *et al.* (2021), durante o período de bloqueio em função da pandemia de COVID-19, considerando Londres e Veneza, as paisagens sonoras tornaram-se menos agitadas e os locais que eram antes dominados pelo ruído de tráfego, tornaram-se mais agradáveis. Em 2020, observou-se a diminuição da dominância dos sons humanos e aumento da dominância dos sons naturais.

Estudos recentes apontam a importância de estudos combinados dos aspectos sonoros e da paisagem visual para a qualidade da paisagem sonora, a exemplo do trabalho de Xiang *et al.* (2022), que propõem uma seleção de indicadores ligados à combinação da percepção auditiva e visual em espaços verdes urbanos. Os autores utilizaram dois indicadores de percepção geral existentes: qualidade afetiva percebida da paisagem¹¹ (*QEPP*) e dimensões sensoriais percebidas de paisagem¹² (*DSPP*), com a finalidade de investigar o potencial do uso combinado considerando cinco diferentes tipos de espaços verdes urbanos e sua relação com a satisfação ambiental geral.

No estudo de Xiang *et al.* (2022), foi aplicado um conjunto de técnicas de análise de dados: análise de componentes principais, coeficiente de correlação de Pearson e regressão múltipla linear, com a investigação das diversas relações entre *QEPP* e *DSPP* e a satisfação ambiental geral. Como parte dos resultados, observou-se que o espaço verde semiaberto e o espaço azul têm as dimensões mais abundantes percebidas, tanto na percepção visual, quanto sonora, seguidos pelo espaço verde fechado e espaço verde aberto, enquanto o espaço cinza tinha o mínimo. Além disso, o estudo revelou que os principais componentes dos *QEPP* e *DSPP*

¹¹ Em inglês, *perceived affective qualities of soundscape (PAQs)*.

¹² Em inglês, *perceived sensory dimensions of landscape (PSDs)*.

explicaram 48% da satisfação geral pelo ambiente, sugerindo a validação desses indicadores como modelos de predição auditiva e visual.

Tan *et al.* (2022) investigaram os efeitos da paisagem visual e do tipo de tráfego na percepção da paisagem sonora em conjuntos residenciais de alto padrão de Cingapura, por meio de uma abordagem audiovisual, com medições binaurais e dos níveis de ruído, além da aplicação de questionários de acordo com as recomendações da ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018) e baseados no Protocolo Sueco de Qualidade de Paisagem Sonora (SSQP) (Axelsson *et al.*, 2012). Foram selecionados trinta locais na cidade, que por sua vez foram classificados de acordo com as condições de tráfego (por exemplo, pesado, leve, nenhuma), e características da paisagem (paisagem visual do verde, edificado e corpo d'água). Os locais categorizados por paisagens de espaços verdes eram parques, jardins, campos, florestas e planícies, enquanto os locais de paisagens visuais de corpos d'água consistiam em espaços próximos aos rios, reservatórios e lagos, quanto aos espaços categorizados como edificados, são aqueles altamente urbanizados, como centro da cidade, ruas com edifícios em ambos os lados e mercados.

O questionário adotado por Tan *et al.* (2022) buscou abordar as questões relativas à paisagem sonora e ao ambiente visual. Os participantes foram solicitados a avaliar a sua impressão em relação ao ambiente geral com base na tranquilidade, considerando uma escala semântica¹³ de cinco pontos, que varia de *muito irritante* a *muito calmo*. Outra pergunta foi quanto à impressão do participante sobre o ambiente geral com base na satisfação (expectativa) e prazer (sentimento), também por meio de escala semântica de cinco pontos. No que se refere à percepção de diferentes fontes sonoras por categorias (tráfego, mecânica, humana, biofônica, geofônica), os participantes precisavam identificar a ocorrência através de uma escala¹⁴ de cinco pontos, com variação entre *nada* a *domina completamente*. Quanto ao ambiente visual, foi solicitado aos participantes que fossem identificados os elementos visuais específicos, ou seja, veículos, edifícios, vias de tráfego, vegetação).

Ao correlacionar os fatores visuais com a qualidade da paisagem sonora, Tan *et al.* (2022) observaram que a dominância visual de veículos e vias de tráfego correlacionam-se negativamente com a qualidade geral do som de paisagens sonoras, com a agradabilidade, vibração e calma. Em contrapartida, verificou-se correlação positiva em algumas qualidades

¹³ (1 = muito irritante, 2 = irritante, 3 = moderadamente, 4 = calmo, 5 = muito calmo).

¹⁴ (1 = nada, 2 = um pouco, 3 = moderadamente, 4 = muito, 5 = domina completamente).

efetivas da paisagem sonora, como agradabilidade, com fatores visuais associados à vegetação e corpos d'água.

Especificamente, em se tratando das orlas marítimas, os sons naturais desempenham um papel essencial na identidade acústica das regiões litorâneas, como os sons das ondas e o farfalhar do vento contribuem para o relaxamento e sensação de bem-estar (Pijanowski *et al.*, 2011). Porém, o crescimento urbano e turístico das áreas litorâneas tem alterado significativamente a paisagem sonora natural. Sons produzidos em função da circulação de veículos, embarcações motorizadas, música em áreas recreativas e construção civil são alguns dos principais responsáveis pela poluição sonora na orla marítima (Aletta *et al.*, 2016).

2.3 METODOLOGIAS PARA MODELAGEM DA PAISAGEM SONORA

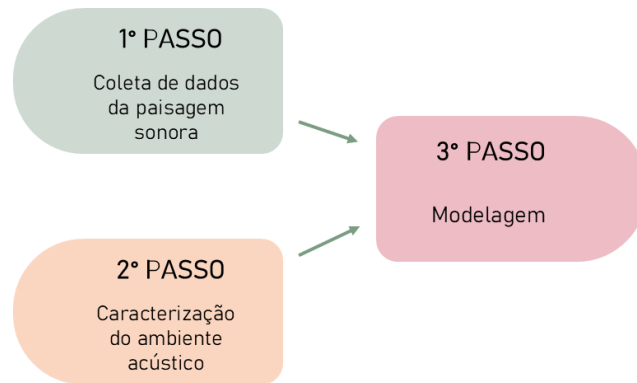
2.3.1 Estrutura básica para modelagem de paisagem sonora

O conceito da paisagem sonora representa uma mudança de paradigma das pesquisas, antes pautadas apenas no controle do ruído, para fornecer uma abordagem holística, e seu estudo propõe a avaliação dos sons percebidos em um ambiente, não apenas em sua dimensão física, mas em toda a sua complexidade. Para tanto, os estudos em paisagem sonora usam uma série de variáveis que relacionam a percepção humana, ambiente acústico e contexto (ISO, 2018). Como afirma Schafer (2001), a paisagem sonora é transformável e dinâmica.

As variáveis podem ser relacionadas aos fatores físicos, psicológicos e fisiológicos, que interagem de maneira complexa na definição de uma paisagem sonora para os ouvintes daquele ambiente. Pequenas interações em algumas das variáveis podem fazer com que ambientes acústicos similares, em relação aos aspectos físicos, por exemplo, sejam percebidos de modo distinto. A complexidade desses fenômenos torna a modelagem da paisagem sonora um desafio (Lionello *et al.*, 2020).

Aletta, Kang e Axelsson (2016) apresentaram uma estrutura conceitual para desenvolvimento de modelos preditivos em avaliações de paisagens sonoras: primeiro passo corresponde à coleta de dados, segundo passo consiste em caracterizar o ambiente acústico; enquanto o terceiro passo, refere-se à modelagem, considerando a relação entre percepção e propriedades físicas do ambiente acústico (Figura 4).

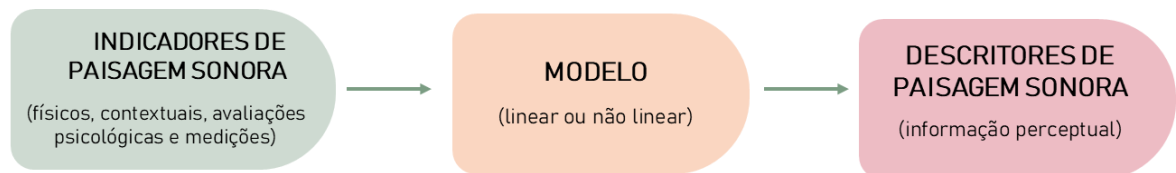
Figura 4: Estrutura conceitual para desenvolvimento de modelos preditivos.



Fonte: Adaptado de Aletta, Kang e Axelsson (2016).

Lionello *et al.* (2020) destacam a etapa resultante do processo de modelagem, como pode ser visualizado no fluxograma (Figura 5), com a obtenção dos descritores de paisagem sonora, que refletem os resultados perceptivos. Assim, o processo de modelagem da paisagem sonora pode ser baseado em três componentes: indicadores, descritores e o conjunto de regras - linear ou não linear para modelagem.

Figura 5: Fluxograma da modelagem de paisagem sonora.



Fonte: Adaptado de Lionello *et al.*, 2020.

Lionello *et al.* (2020), com base na revisão sistemática de artigos científicos, sintetizaram o processo de modelagem da paisagem sonora. O processo inicia-se com a fase de coleta de dados, servindo de base para definição dos indicadores do modelo, que correspondem aos resultados dos dados físicos e de percepção, qualitativos e quantitativos, objetivos e subjetivos. Em seguida, é feita a caracterização do ambiente acústico, por meio das análises dos resultados dos indicadores, podendo ser aplicados métodos estatísticos para tratamento e análise dos dados. Por fim, são elaborados os modelos preditivos, com a obtenção dos descritores de paisagem sonora.

Os descritores são avaliados por meio de processos metodológicos e buscam mensurar como as pessoas percebem o ambiente acústico, tendo como base os indicadores. Os indicadores de paisagem sonora são medidas utilizadas para prever o valor de um descritor de paisagem sonora (Aletta; Kang; Axelsson, 2016), enquanto os índices de paisagem sonora podem ser identificados como escalas de valor único, derivadas de descritores ou indicadores que possibilitam a comparação entre paisagens sonoras (Mitchell *et al.* 2020).

2.3.1.1 Descritores

Descritores de paisagem sonora são medidas de como as pessoas percebem o ambiente acústico, e geralmente, são estabelecidos mais de um descritor de paisagem sonora (ISO, 2014). Diversos descritores foram propostos, com abordagem de aspectos mais restritos, bem como aspectos mais amplos da paisagem sonora. Ao compreender o processo de avaliação e modelagem da paisagem sonora, torna-se necessário inicialmente, selecionar os descritores a serem obtidos, que por sua vez, definirão os indicadores a serem coletados.

Vale frisar que os descritores de paisagem sonora não são categorias, são componentes baseados em dimensões (Sun *et al.*, 2019). Muitos dos descritores desenvolvidos utilizam escalas para avaliar os níveis de percepção. A criação de uma escala envolve o estabelecimento de premissas de relação entre atributos de um objeto e sua representação simbólica. A escala atribui rótulos numéricos aos atributos e é arbitrada, definida pelo pesquisador (Pereira, 2004).

Por se tratar de uma construção em várias camadas, os diferentes componentes da paisagem sonora não surgem fundamentalmente no mesmo nível. Os descritores podem estar relacionados à qualidade sonora, à qualidade afetiva percebida, agradabilidade, bem como podem estar relacionados a fontes sonoras percebidas (seres humanos, natureza, tecnologia), em um nível mais geral, pode-se também obter descritores relativos à adequação de uma paisagem sonora a um determinado lugar, entre outros (Aletta; Kang; Axelsson, 2016).

Aletta, Kang e Axelsson (2016) apresentaram uma revisão bibliográfica de pesquisas relacionadas aos descritores utilizados para avaliação da paisagem sonora, tais como: incômodo

causado pelo ruído (*noise annoyance*)¹⁵, agradabilidade sonora (*pleasantness*)¹⁶, quietude ou tranquilidade (*quietness or tranquillity*)¹⁷, similaridade com a música (*music-likeness*)¹⁸, qualidade afetiva percebida (*perceived affective quality*), restauratividade (*restorativeness*)¹⁹, qualidade da paisagem sonora (*soundscape quality*)²⁰ e adequação (*appropriateness*)²¹. De acordo com os referidos autores, os descritores citados parecem convergir para um modelo bidimensional de paisagem sonora baseado na qualidade afetiva percebida. Os cinco primeiros descritores listados estão relacionados com a qualidade afetiva percebida, o que acaba reduzindo o número de descritores, de oito, para quatro: (1) qualidade afetiva percebida, (2) restauratividade, (3) qualidade geral e (4) adequação.

No Reino Unido, há um descritor de paisagem sonora que foi implementado como política nacional, que tem como objetivo classificar áreas tranquilas, chamado “*Tranquillity Rating*” (TR), que em português pode ser intitulado “Classificação de Tranquilidade”. O TR é baseado em um modelo de regressão múltipla linear, tendo como indicadores os níveis sonoros e porcentagem de recursos naturais (por exemplo, vegetação, corpos d’água, etc.) presentes em uma cena (European Environment Agency, 2014). Outros estudos modelaram a tranquilidade (*tranquillity*), como em Cassina *et al.* (2018), que buscou identificar e quantificar os efeitos dos parâmetros que influenciam a percepção de tranquilidade da paisagem sonora, a fim de mapear áreas tranquilas dentro de áreas urbanas.

O Protocolo Sueco de Qualidade de Paisagem Sonora fornece oito atributos perceptuais da paisagem sonora, que podem ser compreendidos como descritores, que variam em um modelo circumplexo, a citar: agradável (*pleasant*), desagradável (*unpleasant*), agitado

¹⁵ O descritor incômodo causado pelo ruído (*noise annoyance*) é um conceito chave no que se refere ao impacto dos sons indesejáveis na comunidade, o que representa uma limitação, visto que a resposta humana aos sons é adversa (Aletta; Kang; Axelsson, 2016).

¹⁶ A agradabilidade sonora (*pleasantness*) corresponde ao descritor que busca avaliar o valor hedônico do som, se é agradável ou desagradável (Aletta; Kang; Axelsson, 2016).

¹⁷ O descritor quietude ou tranquilidade (*quietness or tranquillity*) busca medir um espaço tranquilo ou um espaço que possa facilitar um estado de tranquilidade (Aletta; Kang; Axelsson, 2016).

¹⁸ O descritor similaridade com a música (*music-likeness*) foi desenvolvido por Botteldooren, De Coensel, e De Muer (2006) com o objetivo de avaliar a paisagem sonora por meio da semelhança com a música, considerando que a estrutura temporal de uma paisagem sonora urbana pode descrita além dos níveis sonoros estatísticos, baseado no espectro de flutuações de sonoridade.

¹⁹ O descritor restauratividade (*restorativeness*) busca mensurar o caráter restaurador das paisagens sonoras.

²⁰ A qualidade da paisagem sonora (*soundscape quality*) consiste em um descritor que aborda a percepção mais geral do ambiente acústico (Aletta; Kang; Axelsson, 2016).

²¹ O descritor adequação (*appropriateness*) busca mensurar quão apropriada a paisagem sonora é ao local (Aletta; Kang; Axelsson, 2016).

(*eventful*), sem acontecimentos (*uneventful*), excitante (*exciting*), monótono (*monotonous*), calmo (*calm*) e caótico (*chaotic*). Os referidos atributos foram formulados com o objetivo de indicar quais as dimensões básicas para medir as paisagens sonoras por meio de um conjunto definido de escalas de atributos, tendo em vista a qualidade afetiva percebida (Axelsson; Nilsson; Berglund, 2010). Tal formulação serviu de base para determinação de dimensões para qualidade afetiva da paisagem sonora presente na ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), também chamado de modelo bidimensional da qualidade afetiva percebida. Alguns estudos utilizaram descritores seguindo o referido Protocolo Sueco, a exemplo do trabalho de Kang *et al.* (2018) e Hong e Jeon (2015).

Algumas pesquisas buscam obter um descritor geral para qualidade da paisagem sonora, com a abordagem da percepção global do ambiente acústico, tais como em Ricciardi *et al.* (2015), tendo como base as regressões lineares com indicadores perceptivos, com aplicação de validação cruzada de modelos de qualidade extraídos dos dados coletados em Paris e em Milão.

Davies, Bruce e Murphy (2014) descobriram que os participantes colocavam mais ênfase nas suas expectativas em relação ao ambiente urbano do que nas suas preferências pessoais, ao projetar paisagens sonoras urbanas. Quanto ao descritor “adequação” a determinado lugar, Axelsson (2015) destaca que é importante não utilizar de maneira isolada, pois uma paisagem sonora pode ser apropriada, mesmo que seja pobre, porque apropriado é diferente de desejado.

Na abordagem mais quantitativa, o ambiente acústico pode ser avaliado em função do descritor ruído ou incômodo ao ruído, ou seja, baseado nos níveis de pressão sonora (*SPL*, *sound pressure level*), expressos em variações de formulações de decibel (dB). O incômodo ao ruído está relacionado ao impacto ambiental do som na comunidade. Ao considerar como um descritor, a principal limitação diz respeito à exposição a sons indesejados. No entanto, na abordagem da paisagem sonora, entende-se que a reação humana diante dos sons é adversa, podendo ser agradável para alguns e desagradável para outros (Aletta; Kang; Axelsson, 2016). Sabe-se que o nível de pressão sonora não descreve inteiramente como o ruído urbano interfere na qualidade sonora urbana (Aletta; Oberman; Kang, 2018; Haselhoff *et al.*, 2022).

Quanto ao impacto da combinação de indicadores na construção de modelos preditivos, a escolha de indicadores baseados apenas em medidas acústicas não fornece informações suficientes para previsão de descritores de paisagens sonoras fundamentados em dimensões perceptuais. Os métodos tradicionais se dedicam principalmente à predição de descritores acústicos e psicoacústicos, enquanto novos modelos estão sendo estruturados para considerar

componentes perceptuais e contextuais, nos descritores e indicadores, fazendo com que os estudos do ambiente acústico tomem uma abordagem baseada na paisagem sonora, com representação mais subjetiva da percepção do ambiente acústico da cidade. O grau de informação subjetiva e perceptiva codificada nos indicadores contribui para um melhor desempenho no desenvolvimento dos modelos preditivos, em comparação com estudos que consideram apenas indicadores acústicos e psicoacústicos (Lionello *et al.*, 2020).

2.3.1.2 Indicadores

Os indicadores de paisagem sonora são medidas utilizadas para prever o valor de um descritor, ou uma parte dele e se constituem como os dados de entrada no processo de modelagem (ISO, 2018).

A pesquisa em paisagem sonora pode incluir inúmeros indicadores, o que revela a complexidade das avaliações. A escolha dos indicadores a serem coletados depende do objetivo da modelagem, bem como dos descritores e da disponibilidade de recursos e equipamentos para a coleta de informações. Para prever como as pessoas percebem um ambiente acústico, é importante identificar as propriedades acústicas e não acústicas envolvidas na paisagem sonora (Mitchell *et al.*, 2020).

Os indicadores podem ser acústicos e não acústicos, objetivos e subjetivos. De acordo com a ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), os indicadores subjetivos podem ser classificados como quantitativos ou qualitativos. Os indicadores objetivos nem sempre se correlacionam significativamente com as percepções subjetivas. Alguns indicadores não acústicos estão associados a condições, tais como o contexto urbano, de maneira que os parâmetros morfológicos urbanos podem ser indicadores úteis para averiguar a dimensão de agradabilidade da paisagem sonora, por exemplo (Hong; Jeon, 2017); aos visuais, que podem influenciar na percepção sonora (Jeon; Jo, 2020; Tan *et al.*, 2022); e outros relacionados às métricas espaciais da paisagem (Puyana Romero *et al.*, 2016); dados demográficos (Yu; Kang, 2009); medições ambientais e físicas (Hong; Jeon, 2015).

As investigações de paisagens sonoras pretendem ser “holísticas, abrangendo todas as sensações auditivas, variáveis de contexto, bem como estímulos visuais e expectativas pessoais” (ISO, 2018), aspectos que reforçam a necessidade de trabalhar com inúmeros indicadores.

O indicador acústico objetivo mais utilizado nas pesquisas corresponde ao nível de pressão sonora, ponderado em A, C ou em percentis. Os estudos que utilizam apenas indicadores acústicos não são capazes de atender à demanda da modelagem da paisagem sonora (Lionello *et al.*, 2020), pois se detém principalmente, aos aspectos mais quantitativos.

Os indicadores psicoacústicos estão relacionados às sensações auditivas e às características físicas do som. É possível mensurá-los por meio de medições acústicas binaurais²², buscando compreender como os seres humanos percebem o ambiente acústico. São exemplos de indicadores psicoacústicos: sensação de volume sonoro (*loudness*), agudeza (*sharpness*), sensação de flutuação rápida (*roughness*) e sensação de flutuação lenta (*fluctuation strength*).

No processo de modelagem da paisagem sonora, busca-se compreender as inúmeras correlações existentes entre os indicadores, avaliando o impacto e relevância dos mesmos para previsão dos descritores, tendo em vista a obtenção dos modelos preditivos.

2.3.1.3 Índices

Índices de paisagem sonora são entidades numéricas, e podem ser definidos como valor único em escala de outros indicadores ou descritores, que permitem a comparação entre paisagens sonoras distintas (Kang *et al.*, 2019).

O desenvolvimento de índices de paisagem sonora demanda que sejam levadas em consideração as experiências dos usuários, suas percepções e entendimentos acerca do ambiente acústico que os circundam. Com a finalidade de comparar e modelar, torna-se importante que estes índices sejam entidades numéricas e que a coleta de dados seja realizada de maneira consistente em todos os espaços estudados (Mitchell *et al.*, 2020).

O Conselho Europeu de Pesquisa (*European Research Council - ERC*) financiou um projeto chamado “*Soundscape Indices*” (SSID) para desenvolvimento de índices de paisagens sonora, entre 2018 e 2024²³. Espera-se que os índices de paisagem sonora possam refletir

²² São utilizados sistemas de medição binaural, que pode ser composta por uma cabeça artificial, equipada com microfones, o que permite a gravação sonora *in loco*, para posteriormente, realizar processamento em *software* específico, permitindo a obtenção de resultados de parâmetros acústicos e psicoacústicos. Sistemas de gravação binaural calibrados são recomendados para gravar os ambientes acústicos (ISO, 2018; ISO 2019).

²³ O projeto foi finalizado em 2024, conforme consta no endereço eletrônico <https://cordis.europa.eu/project/id/740696/reporting>

adequadamente os níveis de conforto e preferências humanas para implementação da abordagem pautada na paisagem sonora (European Research Council, 2018).

A estrutura do projeto “*Soundscape Indices*” foi apresentada por Kang *et al.* (2019), com a descrição dos passos do projeto: caracterização de paisagens sonoras, com a captura de ambientes acústicos e construção de um amplo banco de dados; identificação dos principais fatores e sua influência na qualidade da paisagem sonora com base no banco de dados, bem como a realização de avaliações psicológicas laboratoriais, análise de fatores acústicos e psicoacústicos; além de investigação acerca dos fatores neurais e psicofisiológicos envolvidos na experiência da paisagem sonora; desenvolvimento, teste, validação dos índices de paisagem sonora, além de demonstrar a aplicabilidade dos índices na prática, a fim de desenvolver estruturas para predição, projeto e padronização de paisagens sonoras.

Índices podem ser utilizados na classificação da paisagem sonora de espaços abertos urbanos. Um exemplo disso é o índice proposto por Yang, Cao e Meng (2022), que investigaram a influência dos sons humanos na paisagem sonora. O índice proposto é chamado de *índice de paisagem sonora vermelha (RSI)*, que é definido pela extensão percebida de sons humanos e a extensão percebida de outros sons. Para construção do índice, foram coletados dados em parques urbanos e ruas da cidade de Harbin, na China, referentes aos níveis de pressão sonora, densidade da multidão, além da aplicação de questionários perceptivos.

Como resultados, observou-se uma correlação positiva significativa entre a densidade da multidão e o RSI, além disso, com o aumento do nível de pressão sonora, observou o aumento do RSI_n (razão entre sons humanos e sons naturais) e diminuiu com o aumento do RSI_t (razão entre sons humanos e ruídos de tráfego). Em linhas gerais, o estudo apontou que RSI pode ser controlado pela densidade da multidão para obter maior qualidade da paisagem sonora em espaços abertos urbanos. Além disso, verificou-se que a agradabilidade é maior nos locais de percepção de predominância de sons naturais, enquanto a sensação de agradabilidade decai em ambientes de percepção de predominância de sons humanos.

Kogan *et al.* (2018) propuseram o índice *Green Soundscape Index (GSI)*, desenvolvido com o propósito de avaliar as extensões percebidas entre os sons naturais e o ruído de tráfego. Os dados coletados foram divididos em três faixas de acordo com o resultado do valor *GSI*: 1) Predominância perceptual do ruído de tráfego; 2) Percepção equilibrada; 3) Predominância perceptual dos sons naturais. A principal contribuição do trabalho foi permitir a avaliação e classificação das paisagens sonoras urbanas, buscando contribuir para a categorização de fontes sonoras.

2.4 NORMATIZAÇÃO: SÉRIE ISO 12913

As normas internacionais são tipicamente elaboradas a fim de disponibilizar aos pesquisadores e profissionais ferramentas operacionais que possam “medir” a realidade e possibilitar comparações entre as medidas tomadas em diversos contextos, em diferentes momentos, por diferentes pesquisadores (Aletta *et al.*, 2019).

Em 2009, a *International Organization for Standardization (ISO)* criou um grupo de trabalho dedicado à paisagem sonora, chamado de grupo WG54 ISO/TC 43/SC 1, com o intuito de padronizar as definições dos conceitos, bem como métodos para a coleta de dados sobre as respostas individuais do ambiente acústico, análise dos dados e interpretações (Axelsson, 2012).

2.4.1 Parte 1: ISO 12913 (2014)

Lançada em 2014, a primeira norma sobre paisagem sonora, a norma ISO 12913-1 (ISO, 2014), fornece uma definição e estrutura conceitual para a paisagem sonora, apresentando aspectos relevantes para o planejamento, projeto e gerenciamento. Na presente norma, paisagem sonora é definida como “o ambiente acústico percebido, experimentado e/ou entendido por uma pessoa ou pessoas, no contexto”. O ambiente acústico diz respeito ao fenômeno físico, ou seja, ao som recebido proveniente de todas as fontes sonoras, que por sua vez são modificadas pelo ambiente (ISO, 2014).

A definição de paisagem sonora é baseada em uma observação subjetiva das propriedades acústicas de um lugar (Aletta; Kang; Axelsson, 2016), e está atrelada a uma construção perceptiva (Aletta *et al.*, 2019). De acordo com Mitchell *et al.* (2020), a norma ISO 12913-1 (ISO, 2014), apresenta o conceito de paisagem sonora atrelado à ideia de um ambiente acústico que engloba todo o som que é experimentado pelo receptor, considerando os efeitos de modificação acústica do ambiente, bem como leva em consideração o impacto de elementos não acústicos, a exemplo do contexto do ouvinte e cenário visual, e como esses elementos interagem com o ambiente acústico para exercer influência na percepção do ouvinte.

A referida norma entende que “*contexto*” corresponde ao local físico onde o ambiente acústico existe e inclui as inter-relações entre as pessoas e atividades no lugar, no espaço e no tempo. O *contexto* pode influenciar a paisagem sonora através de (a) sensação do público, (b) a interpretação da sensação do público e (c) as respostas ao ambiente acústico. Exemplos de

fatores que podem exercer influência na sensação do público, para além do ambiente acústico, podem ser as condições meteorológicas e as deficiências auditivas. Em relação aos fatores que podem interferir na interpretação da sensação do público, como exemplos, tem-se a atitude do ouvinte em relação à fonte sonora, experiência e expectativas (a questão cultural pode influenciar), bem como aspectos de impressão visual. Como exemplos de fatores que influenciam nas respostas ao ambiente acústico, é possível apontar a hora do dia, iluminação, temperatura do ar, estado emocional, capacidade de lidar com a exposição aos sons e atividades (ISO, 2014).

2.4.2 Parte 2: ISO/TS 12913 (2018)

Nem sempre houve um consenso claro sobre a coleta de dados, pois diversos métodos podem ser utilizados. A forma de proceder a definição da ação “*medir a paisagem sonora*” tratou-se de um tópico largamente debatido nos últimos anos (Aletta *et al.*, 2019). Alguns trabalhos preliminares, a exemplo do estudo desenvolvido por Aletta, Kang e Axelsson (2016), buscaram discutir diferentes metodologias para coleta de dados visando a aplicação em paisagens sonoras.

O Grupo WG54 ISO/TC 43/SC 1 prosseguiu nos estudos, e em 2018, foi lançada a segunda parte, em forma de nota técnica, a ISO/TS 12913-2 – *Acoustics - Soundscape – Part 2: Data collection and reporting requirements*. Nesta nota técnica, são apresentados os procedimentos para coleta de dados, requisitos para aplicação na avaliação da paisagem sonora e requisitos mínimos de relatórios em estudos de paisagens sonoras (ISO, 2018).

A ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018) traz em seu Anexo C, três métodos para coleta de dados relativos à percepção sonora, métodos A, B e C. O método A e B são métodos mais estruturados, baseados em dois questionários alternativos, que podem ser utilizados durante uma caminhada sonora. O método A permite que todas as respostas sejam expressas como dados numéricos, ou seja, os dados podem ser tratados quantitativamente, enquanto o método B combina a coleta de dados quantitativa e qualitativa, isto é, dados numéricos e de caracteres escritos, apresentando questões objetivas baseadas em escalas e questão aberta.

O método C propõe um protocolo geral para a realização de entrevistas narrativas, que geralmente ocorrem fora do local e visam coletar dados mais qualitativos para compreensão do contexto (ISO, 2018). Particularmente, o método C deve ser usado como uma ferramenta

exploratória, sendo bastante direcionado para residentes que estão familiarizados com as paisagens sonoras das áreas em estudo, de maneira que por ser tratar de uma entrevista, tenta coletar informações que estão na memória dos respondentes, ou seja, “relembrada na memória” (Aletta *et al.*, 2019).

As perguntas do método A buscam identificar a fonte sonora, a qualidade afetiva percebida e a qualidade geral (avaliação do ambiente sonoro e adequação do ambiente sonoro), enquanto o método B busca identificar e reconhecer as fontes sonoras e avaliar o ambiente sonoro.

2.4.3 Parte 3: ISO/TS 12913 (2019)

Visto a diversidade de dados coletados na avaliação de paisagens sonoras, podem ser empregados diferentes métodos de análise, a depender das necessidades do projeto de pesquisa (ISO, 2019). Segundo Aletta *et al.* (2019), as diretrizes para tratamento e análise de dados de paisagens sonoras são tópicos de extrema importância para o campo de pesquisa correspondente, visto a emergente necessidade de avaliar e interpretar os dados coletados.

Lançada em 2019, também em formato de nota técnica, a ISO/TS 12913-3 (ISO, 2019) apresenta diretrizes para análise de dados coletados relativos às paisagens sonoras, que por sua vez tenham sido coletados conforme a parte 2 da ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018). Em relação aos dados quantitativos obtidos por meio dos questionários, estes devem ser analisados em função do relativo nível de medição (nominal, ordinal, intervalo e proporção). A análise de correlação deve ser escolhida conforme o nível de medição dos dados do questionário. Testes estatísticos inferenciais devem ser realizados, quanto ao nível de significância das diferenças em avaliação entre locais e/ou correlações.

O Anexo A da parte 3 da ISO/TS 12913-3 (ISO, 2019) trata da análise dos dados coletados por meio do questionário do método A, enquanto o Anexo B se refere à análise dos dados coletados por meio do questionário do método B.

A parte 4 da ISO/TS 12913²⁴ está em desenvolvimento e terá como objetivo fornecer diretrizes para avaliação dos dados de paisagem sonora, coletados e analisados por meio da parte 2 da ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018) e parte 3 da ISO/TS 12913-3 (ISO, 2019), além de

²⁴ Informações retiradas do endereço eletrônico: <https://www.iso.org/standard/81507.html>

trazer parâmetros para determinação da necessidade de intervenções que possam melhorar, preservar e como implementar um projeto de paisagem sonora.

2.5 COLETA DE DADOS EM ESTUDOS DE PAISAGEM SONORA

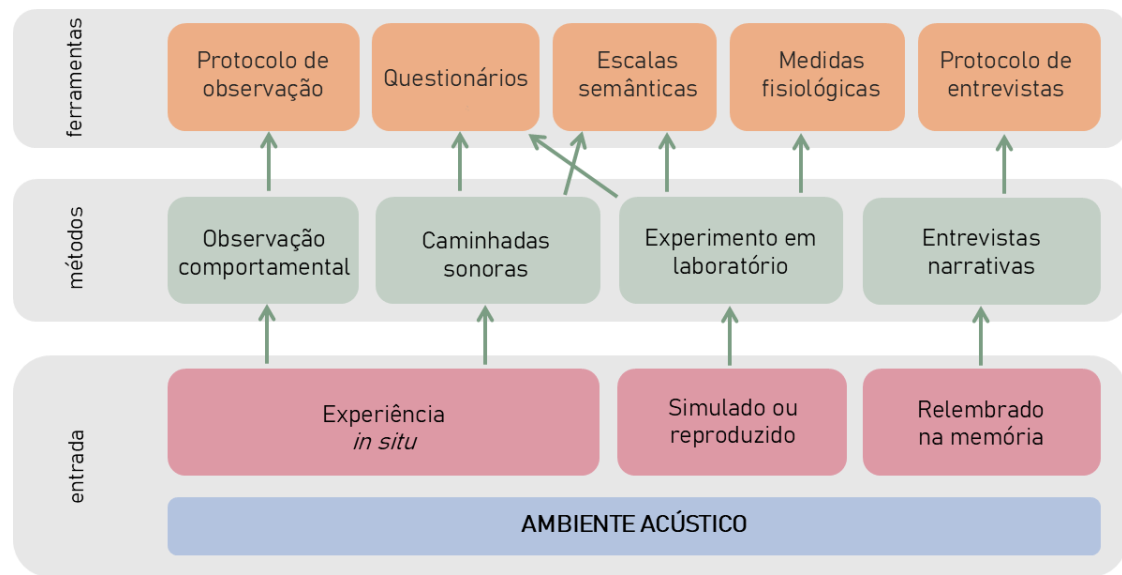
Após a seleção dos indicadores a serem coletados, o passo seguinte do processo de modelagem da paisagem sonora corresponde à definição das ferramentas e técnicas para obtenção dos dados. De acordo com a estrutura de Aletta, Kang e Axelsson (2016), são diversas as ferramentas e técnicas para obtenção dos dados: caminhada sonora, com a possível aplicação de questionários, entrevistas narrativas, experimentos de laboratório e observação comportamental.

Através da publicação da ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), foram estabelecidas diretrizes para a coleta de dados, conforme mencionado anteriormente. No entanto, muitos estudos não se detêm apenas aos protocolos de coleta estabelecidos pela referida norma, pois incorporam outras ferramentas e técnicas.

Nos estudos em paisagem sonora, a depender do objetivo, os dados podem ser obtidos *in situ*, bem como podem ser simulados ou reproduzidos, ou lembrados na memória (Figura 6). Ao planejar ou conceber um estudo de paisagem sonora, o investigador deve estar consciente das vantagens e limitações de cada uma das abordagens (Aletta; Kang; Axelsson, 2016).

Ao observar a Figura 6, é possível sintetizar, que em estudos *in situ*, o investigador costuma utilizar a caminhada sonora, com obtenção de dados por meio de questionário, que pode incluir escalas semânticas e entrevista. O investigador pode utilizar observações de comportamento das pessoas presentes no local. Em estudos nos quais o ambiente sonoro é simulado ou reproduzido, o método mais utilizado consiste em experimento em laboratório, com a aplicação de escalas semânticas para obtenção dos dados, sendo possível também recolher dados fisiológicos dos participantes. Em casos de estudos nos quais o ambiente acústico é lembrado na memória, é comum que o investigador conduza uma entrevista com a aplicação de um protocolo de entrevista (Aletta; Kang; Axelsson, 2016).

Figura 6: Esquema representativo das relações entre os métodos de coleta de dados e as ferramentas utilizadas nos estudos de paisagens sonoras.



Fonte: Adaptado de Aletta, Kang e Axelsson (2016).

Os ambientes experimentados *in situ* consistem a representação mais realística do mundo externo, enquanto os estudos em laboratório, embora possam permitir a investigação de causa e efeito, os resultados alcançados devem ser validados *in situ*, preferencialmente (Aletta; Kang; Axelsson, 2016).

Mitchell *et al.* (2020), apresentam um protocolo para coleta de dados em avaliações de paisagens sonoras, questionários com informações acústicas e contextuais, tendo como base a ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018). O referido protocolo foi elaborado dentro da estrutura e objetivos colocados pelo projeto de pesquisa “*Soundscape Indices*” (SSID), financiado pelo Conselho Europeu de Pesquisa (*European Research Council - ERC*) (European Research Council, 2018). Divide-se em duas fases: (1) fase de gravação para coleta de registros audiovisuais para posterior análise e uso em experimentos em laboratório, e fase (2), que consiste na aplicação de questionários para avaliações de paisagens sonoras *in situ*.

Para construção do protocolo proposto por Mitchell *et al.* (2020) em se tratando de avaliação da paisagem sonora *in situ*, são aplicados questionários utilizando uma versão modificada dos métodos A e B da ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018). Durante as sessões de pesquisa, os dados relativos aos níveis de pressão sonora são capturados com auxílio de um sonômetro posicionado em local fixo, preferencialmente de classe 1 ou 2. De modo concomitante, são realizadas gravações binaurais ao lado de cada participante respondente. Os dados coletados

em cada sessão são associados e organizados por meio de um sistema de indexação, de maneira que as características do ambiente acústico sejam correlacionadas com as respostas individuais de cada respondente ou com a avaliação geral da paisagem sonora.

Jo e Jeon (2021b) alertam para a necessidade de verificação de compatibilidade entre os métodos, a fim de que os resultados das pesquisas possam ser comparados ou integrados de forma holística para uso na prática do planejamento urbano.

2.5.1 Caminhada sonora

A caminhada sonora (*soundwalk*), consiste em um método importante e largamente utilizado nos estudos de paisagens sonoras, recomendado pela ISO/TS 12913-2 (ISO, 2014). Os usuários do ambiente são conduzidos à caminhada *in situ*, a fim de vivenciar o ambiente acústico local, com o objetivo de avaliar a paisagem sonora de uma determinada área. É um método utilizado para obter resultados quanto às sensações e respostas humanas em relação ao ambiente acústico (Woolworth; Brooks; Schulte-Fortkamp, 2023).

Normalmente, a caminhada sonora é conduzida por um moderador, que direciona o grupo de participantes a percorrer um caminho dentro de uma área pré-definida (ISO, 2018), em seguida, os participantes são direcionados a parar em determinados locais e responder a um questionário ou entrevista, a fim de registrar as impressões a respeito da experiência sonora.

Nas últimas décadas, o foco da caminhada sonora passou de ser baseado no ponto de vista dos pesquisadores, para se basear nas respostas dos participantes do experimento. A ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018) sugere que na caminhada sonora as respostas dos participantes quanto ao ambiente acústico possam ser registradas por meio do questionário, conforme modelo estruturado do método A e B.

2.5.2 Questionário

A aplicação dos questionários aos usuários dos ambientes acústicos deve buscar capturar o estado geral de espírito, a apreciação, as preferências e os comportamentos, de modo que o pesquisador não interfira na experiência dos participantes. Este tipo de avaliação deve respeitar a maneira como as pessoas vivenciam os ambientes, com o intuito de que a avaliação final seja

holística, buscando compreender as sensações auditivas, bem como todas as outras variáveis de contexto, tais como estímulos visuais e expectativas pessoais (ISO, 2018).

Em se tratando dos estudos em paisagens sonoras, os questionários podem apresentar perguntas voltadas para a avaliação perceptiva dos indivíduos, essencialmente no âmbito sonoro, bem como outros aspectos, tais como as questões visuais, sociais, demográficas, sensações térmicas, estado emocional, entre outros.

A vantagem de utilizar escalas em comparação com perguntas abertas, frequentemente utilizadas em entrevistas, é que as escalas geram pontuações numéricas, que podem ser objeto de análise estatística (Aletta; Kang; Axelsson, 2016).

A ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018) apresenta protocolos para a coleta de dados tendo como base a aplicação de questionários, no entanto, são apresentados na língua inglesa. Antes da publicação da referida norma, havia uma maior dificuldade em comparar os resultados das avaliações de paisagens sonoras em diferentes países, visto que os questionários não eram padronizados (Jeon *et al.* 2018).

Dentre os escassos trabalhos que aplicaram questionários baseados na ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), que tenham sido traduzidos para a língua portuguesa e aplicados no contexto brasileiro, vale destacar o trabalho de Klein (2023) e Fernandes (2024). Klein (2023) investigou a paisagem sonora do bairro Bixiga, no centro da cidade de São Paulo, com o auxílio de medições *in situ* e aplicação de questionários baseados nos métodos A e B da ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018).

No trabalho de Fernandes (2024), foi realizada a aplicação de questionários perceptivos, baseados no método A da ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), com o objetivo de propor uma metodologia para análise da influência de corpos d'água na paisagem sonora urbana no entorno do rio da cidade de Piracicaba, São Paulo.

Mitchell *et al.* (2020) salientam a necessidade de tradução confiável, principalmente dos adjetivos perceptuais, também chamados de atributos e dimensões perceptivas da paisagem sonora. Conforme mencionado anteriormente, os adjetivos perceptuais podem ser compreendidos como descritores de paisagem sonora. Conforme apontado no trabalho de Antunes *et al.* (2023), no Brasil, há a iniciativa por parte de pesquisadores, em realizar a tradução da série normativa ISO 12913, para que seja publicada a versão da norma brasileira.

O questionário do método A (ISO, 2018) está estruturado em quatro partes. A primeira parte é composta por uma pergunta relativa à identificação da fonte sonora, para que seja possível caracterizar as fontes sonoras ouvidas na área em uma escala de cinco itens por grau de dominância (Quadro 1, item A1). A identificação das fontes sonoras segue a classificação de taxonomia²⁵ fornecida pela referida norma, apresentada na presente tese no Anexo 1. A listagem de fontes sonoras apresentadas na pergunta segue basicamente a seguinte divisão: sons tecnológicos (provenientes de ruído de tráfego: carro, ônibus, trem, avião, além de sons de construção, indústria, sirenes, etc.), sons naturais (canto de pássaros, sons de água, vento na vegetação, etc.) e sons humanos (vozes, passos e crianças a brincar, etc.).

Quadro 1: Questionário do método A da ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018).

Category	Question	Items	Scale/Response type
A1 Sound sources	To what extend do you hear the following four types of sounds?	1 Traffic noise (e.g., cars, buses, trains, airplanes) 2 Other noise (e.g., sirens, construction, industry, loading of goods) 3 Sounds from human beings (e.g., conversation, laughter, children at play, footsteps) 4 Natural sounds (e.g., singing Birds, flowing water, wind in vegetation)	Not at all (1), A little (2), Moderately (3), A lot (4), Dominates completely (5)
A2 Perceived affective quality	For each of the 8 scales below, to what extent do you agree or disagree that the present surrounding environment is...	1 Pleasant 2 Chaotic 3 Vibrant 4 Uneventful 5 Calm 6 Annoying 7 Eventful 8 Monotonous	Strongly agree (5) Agree (4) Neither agree nor disagree (3) Disagree (2) Strongly disagree (1)
A3 Assessment of the surrounding sound environment	Overall, how would you describe the current surrounding sound environment?		Very good (5) Good (4) Neither good nor bad (3) Bad (2) Very bad (1)
A4 Appropriateness	Overall, to what extent is the current surrounding sound environment appropriate to the place?		Not at all (1) Slightly (2) Moderately (3) Very (4) Perfectly (5)

Fonte: Adaptado de ISO, 2018.

A parte 2 do método A (Quadro 1, item A2), apresenta uma pergunta relacionada à qualidade afetiva percebida para classificação da paisagem sonora por atributos afetivos como prazeroso (*pleasant*), caótico (*chaotic*), animado (*vibrant*), sem acontecimentos (*uneventful*),

²⁵ Esta padronização tem o intuito de ajudar na comparação entre os relatórios de pesquisa e estudos, usando uma terminologia comum. São apresentadas as fontes sonoras e os tipos de som inicialmente divididos de acordo com o ambiente acústico, que pode ser interno ou externo. O ambiente acústico externo pode ser classificado de acordo com o tipo de lugar: urbano, rural, silvestre e subaquático. Uma vez caracterizado o tipo de lugar, a taxonomia classifica os tipos de som que podem estar presentes nesses locais.

calmo (*calm*), irritante (*annoying*), movimentado (*eventful*) e monótono (*monotonous*), para que o participante aponte dentro de uma escala de cinco pontos, que varia entre concordo totalmente até discordo totalmente.

Na parte 3 do questionário do método A (Quadro 1, item A3), aborda-se a questão da avaliação do ambiente acústico circundante conforme classificação em uma escala de cinco pontos: muito bom, bom, nem bom/nem ruim, ruim e muito ruim.

A última pergunta do método A (Quadro 1, item A4) trata da adequação do ambiente sonoro circundante, para classificação em escala de cinco pontos que varia entre: nem um pouco, ligeiramente, moderadamente, muito e completamente. Aletta *et al.* (2019) preferiram se referir à categoria de avaliação do ambiente acústico circundante e adequação do ambiente sonoro ao local como “qualidade geral”.

O questionário do método B da ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018) foi desenvolvido no projeto TUD COST Action TD0804²⁶, sendo composto por três partes. A parte 1 (Quadro 2, Item B1) possui quatro perguntas, que por sua vez, são direcionadas à avaliação do ambiente acústico local, de maneira que os participantes devem assinalar suas impressões, considerando uma escala de cinco pontos, com variação entre “nem um pouco” a “completamente”. No presente trabalho, o público leigo deveria assinalar quão barulhento som é no local, apesar de “barulhento” possuir uma conotação negativa. A segunda pergunta trata do quão desagradável o ambiente é; enquanto a terceira pergunta está relacionada a quão apropriado o som é ao local e a última pergunta da sequência interroga qual a frequência com que o participante gostaria de visitar o local novamente.

A pergunta a seguir, do método B (ISO, 2018) (Quadro 2, item B2), é uma pergunta aberta, trata do reconhecimento e classificação das fontes sonoras. Para tanto, os participantes são solicitados a listar todas as fontes sonoras que tenham notado no local durante o período de escuta, que pode ser predefinido (exemplo: 2 ou 3 minutos), iniciando a listagem pela fonte sonora mais perceptível, podendo ser listadas até oito fontes sonoras. A parte 3 (Quadro 2, item B3) do método B (ISO, 2018) consiste em uma pergunta aberta, na qual os participantes são solicitados a escrever sobre os seus pensamentos e sentimentos enquanto estão no local. A

²⁶ TUD COST Action TD0804 foi um projeto que durou de 2009 a 2013, na Europa, com o objetivo de fornecer a base científica e orientação prática na paisagem sonora, com o fornecimento de um banco de dados integrado de estudos em campo e em laboratório, avaliação e indicadores de paisagens sonoras, publicações acadêmicas e desenvolvimento de ferramentas para apoio na tomada de decisões no gerenciamento de paisagens sonoras (Kang *et al.*, 2013).

pergunta pode ser traduzida como: “*O que passa pela sua mente? Escreva suas impressões e sentimentos depois de ouvir o ambiente*”. Vale ressaltar que os participantes deverão permanecer em silêncio durante o período de escuta.

Quadro 2: Questionário do método B da parte 2 da ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018).

Category	Question	Scale/Response type
B1 Assessment of the sound environment	How loud is it here?	Not at all (1)
	How unpleasant is it here?	Slightly (2)
	How appropriate is the sound to the surrounding?	Moderately (3)
		Very (4)
		Extremely (5)
B2 Sound sources	How often would you like to visit this place again?	Never (1)
		Rarely (2)
		Sometimes (3)
		Often (4)
		Very often (5)
B3 Comments	Please list sound sources you noticed in descending order starting with the most noticeable sound sources.	Open answer
		Any number of listed sound sources is possible, but limited to 8.
B3 Comments	Write down your thoughts and feeling after listening to the environment.	Open answer

Fonte: Adaptado de ISO, 2018.

Aletta *et al.* (2019) realizaram um estudo comparativo de compatibilidade entre os métodos A e B. O objetivo consistiu em verificar a compatibilidade dos resultados provenientes da aplicação dos dois métodos numa mesma sessão de coleta de dados. Assim, foi organizada uma caminhada sonora em um *campus* universitário em Roma, com dois grupos (grupo A e grupo B) de participantes aplicando os dois métodos separadamente, vivenciando os mesmos ambientes acústicos, com a participação voluntária de 38 estudantes, de 21 a 34 anos. Os questionários aplicados foram traduzidos para a língua italiana. Os dois grupos de participantes percorreram os oito pontos do local (Figura 7). Em cada local, os participantes precisaram ouvir o ambiente acústico por dois minutos.

Figura 7: (a) Vista aérea do campus; (b) Localização dos pontos percorridos durante a caminhada sonora.



Fonte: Adaptado de Aletta *et al.* (2019).

O estudo de Aletta *et al.* (2019) permitiu a comparação entre os dois métodos, A e B, visto que os dois grupos seriam expostos às mesmas condições, aos mesmos ambientes acústicos, de maneira que o efeito do questionário pudesse ser explorado, preservando um número de participantes satisfatório para cada método. As gravações binaurais, para obtenção dos parâmetros psicoacústicos, foram realizadas durante a caminhada sonora e de maneira simultânea à aplicação dos questionários, com tempo de medição de dois minutos para cada um dos oito pontos da caminhada sonora. Quanto aos resultados alcançados, dos sete entre os oito locais avaliados, os dois métodos de coleta possibilitaram a categorização das paisagens sonoras negativas e positivas da mesma maneira, resultando em categorizações de paisagens sonoras similares, com fortes associações estatísticas ($p = 0,023$). No entanto, visto que a

correspondência não foi perfeita, novos estudos voltados para as comparações de métodos devem ser realizados, aspecto apontado por Aletta *et al.* (2019).

De modo similar aos apontamentos propostos no trabalho de Mitchell *et al.* (2020), houve a indicação da utilização dos dois métodos, A e B, de maneira complementar, com a divisão dos participantes em grupos, para posteriormente, realizar a triangulação dos dados provenientes de diferentes métodos, ou aplicar uma versão integrada dos dois métodos, criando assim um questionário misto.

Jo e Jeon (2021a) avaliaram a compatibilização dos métodos A (questionário), B (questionário e resposta aberta) e C (entrevista narrativa) em relação à avaliação de paisagens sonoras urbanas. Os questionários foram revisados para adequação aos locais urbanos do estudo, visto que a ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018) permite a modificação das perguntas de acordo com as funções do local. Os autores apontaram que a combinação dos métodos de coleta de coleta é ideal, visto que cada método tem suas vantagens.

2.5.3 Medições

Em estudos de paisagens sonoras *in situ*, é comum a aplicação simultânea de questionários perceptivos e de coleta de dados objetivos e mensuráveis relativos aos aspectos acústicos e ambientais, tais como níveis de pressão sonora, temperatura, umidade relativa do ar, iluminância, entre outros (Mitchell *et al.*, 2020).

As medições objetivas acústicas nas avaliações de paisagens sonoras buscam caracterizar o ambiente acústico por meio de métricas acústicas estabelecidas, tais como o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A, representado pela sigla L_{Aeq} , nível de pressão sonora ponderado em C, representado pela sigla L_C , além de níveis estatísticos excedidos durante uma determinada porcentagem do tempo, como L_{A5} , L_{A10} , L_{A50} , L_{A90} , L_{A95} (Aletta; Kang; Axelsson, 2016). A ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018) recomenda que sejam coletados tais conjuntos de indicadores acústicos.

Também é comum caracterizar o ambiente acústico através dos dados acústicos ponderados na resposta *Fast*, a exemplo do L_{AFmax} , (nível máximo de pressão sonora ponderada em A e em F) e L_{AFmin} (nível mínimo de pressão sonora ponderada em A e em F).

2.5.4 Gravações binaurais

As gravações binaurais são técnicas de captura de som que utilizam dois microfones posicionados de maneira a imitar a percepção auditiva humana, ou seja, captando os sons conforme seriam escutados pelos ouvidos humanos.

No campo de estudo em paisagens sonoras urbanas, as gravações binaurais são importantes meios para coleta de dados, visto que buscam aproximar a forma como os seres humanos percebem o ambiente acústico. É desejável realizar gravações de ambientes acústicos com tecnologia binaural que possibilite reproduzir o ambiente acústico de forma a determinar grandezas acústicas que representem a sensação auditiva humana (Kang *et al.*, 2016). Além disso, a normativa ISO/TS (ISO, 2018) recomenda e estabelece diretrizes relativas às gravações binaurais na avaliação de paisagens sonoras.

2.6 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE ACÚSTICO EM ESTUDOS DE PAISAGEM SONORA

Na avaliação de paisagens sonoras, ao lidar com uma grande quantidade e diversidade de dados coletados (qualitativos, quantitativos, objetivos, subjetivos), que relacionam percepção humana, ambiente acústico e contexto, torna-se necessária a utilização de métodos e técnicas de tratamento dos dados, visando a caracterização do ambiente acústico. Vale ressaltar que o presente tópico tem foco nos procedimentos estabelecidos pela ISO/TS 12913-3 (ISO, 2019) para análise de dados coletados *in situ*, a fim de caracterizar os ambientes acústicos em estudos de paisagens sonoras.

A ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), para caracterização do ambiente sonoro, aponta a necessidade de indicar qual o ambiente acústico ao qual a pesquisa se refere (real, gravado ou virtual), as fontes sonoras existentes, condições climáticas e de vento, a época do ano e a hora do dia, os pontos e resultados das medições acústicas. Além disso, solicita que seja realizada a descrição do tipo de local e registro de informações a respeito da seleção dos participantes, se são residentes ou não do local, se são leigos ou especialistas (por exemplo, se são acústicos ou planejadores), distribuição por idade e gênero, além de outras informações relevantes, tal como a capacidade auditiva. Quanto aos ambientes gravados ou virtuais, é necessário explicar como foi gravado ou criado e como foi reproduzido.

De acordo com a ISO/TS 12913-3 (ISO, 2019), os métodos de análise a serem aplicados na pesquisa devem ser integrados para uma compreensão holística da paisagem sonora, e podem ser utilizadas estatísticas para descrever e resumir os dados perceptivos coletados, como medidas de tendência central e medidas de dispersão.

Quanto à análise de dados quantitativos, a ISO/TS 12913-3 (ISO, 2019) recomenda a aplicação de estatística inferencial usando testes paramétricos e não paramétricos, a depender dos dados coletados. A estatística inferencial tem como objetivo fazer afirmações tendo como base um conjunto de valores representativos (amostra) sobre um universo de informações (conjunto completo de dados/população de dados). Os dados quantitativos coletados por meio dos questionários devem ser analisados conforme o respectivo nível de medição (que pode ser: nominal, ordinal, intervalar e razão). A respeito da análise de dados qualitativos, a referida norma destaca a existência de uma variedade de abordagens que usam o princípio da avaliação de dispersão de dados.

Vale ressaltar que a norma em questão aponta o uso da triangulação, que consiste na utilização de diferentes técnicas de pesquisa, que busca a validação dos dados por meio da verificação cruzada. Em se tratando das pesquisas em paisagem sonora, a triangulação permeia a verificação cruzada pautada em três componentes: pessoas, contexto e ambiente acústico, com aplicação e combinação de vários métodos de pesquisa no estudo de um mesmo fenômeno.

Tendo em vista que as respostas advindas do questionário do método A (proveniente da ISO/TS 12913-2) são categorizadas em uma escala de medição ordinal de cinco pontos, para análise dos dados, a ISO/TS 12913-3 (ISO, 2019) orienta que os valores medianos devem ser considerados como a medida de tendência central e a amplitude, como a medida de dispersão, conforme demonstrado no Quadro 3.

Quadro 3: Valores de escala atribuídos a escalas de classificação do método A e medidas estatísticas.

ISO/TS 12913-2	ESCALA DE VALORES	MEDIDA DE TENDÊNCIA CENTRAL	MEDIDA DE DISPERSÃO
1 (identificação da fonte sonora)	1, 2, 3, 4, 5	mediana	amplitude
2 (qualidade afetiva percebida)	5, 4, 3, 2, 1	mediana	amplitude
3 (avaliação do ambiente sonoro circundante)	5, 4, 3, 2, 1	mediana	amplitude
4 (avaliação da adequação)	1, 2, 3, 4, 5	mediana	amplitude

Fonte: ISO/TS 12913-3 (ISO, 2019).

Em relação ao tratamento das perguntas advindas do questionário do método B, a nota técnica ISO/TS 12913-3 (ISO, 2019) indica que as informações relativas à avaliação do ambiente sonoro, ou seja, perguntas voltadas para quão barulhento, desagradável, adequado o ambiente sonoro é ao local e se gostaria de visitar o local novamente, tenham atribuição de valores na escala de 1 a 5, tendo como medida de tendência central a média aritmética e desvio padrão como medida de dispersão. Em relação aos dados relativos ao reconhecimento das fontes sonoras, por se tratar de uma questão aberta, são ranqueados os oito termos de maior recorrência entre os participantes respondentes, atribuindo-se valores na escala de 1 a 8 (Quadro 4), tendo a mediana como medida de tendência central e a amplitude como medida de dispersão.

Quadro 4: Valores de escala atribuídos a escalas de classificação do método B e medidas estatísticas.

ISO/TS 12913-2	ESCALA DE VALORES	MEDIDA DE TENDÊNCIA CENTRAL	MEDIDA DE DISPERSÃO
1 (avaliação do ambiente sonoro)	1, 2, 3, 4, 5	média aritmética	desvio padrão
2 (identificação das fontes sonoras)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	mediana	amplitude

Fonte: ISO/TS 12913-3 (ISO, 2019).

2.6.1 Identificação da fonte sonora

A ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), ao aplicar o método A, busca identificar as fontes sonoras presentes na área e o grau de predominância, considerando a primeira pergunta do questionário. Nesta nota técnica, vale lembrar que os sons são basicamente divididos em: sons de tecnologia, sons naturais e sons humanos. Os sons tecnológicos incluem os sons de transporte motorizado, como sons de automóveis, ônibus, trens e aviões, por exemplo. Sons provenientes de atividades industriais também são classificados como sons tecnológicos, como sons de construção, fábricas e máquinas. Como sons naturais, pode-se citar os sons de pássaros, vento e água corrente. Os sons humanos podem ser vozes, passos e crianças a brincar (ISO, 2018).

No que se refere às fontes sonoras, o método B presente na ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018) sugere que os participantes sejam conduzidos a reconhecer as fontes sonoras de maneira mais livre, com a possibilidade de listar até oito fontes sonoras.

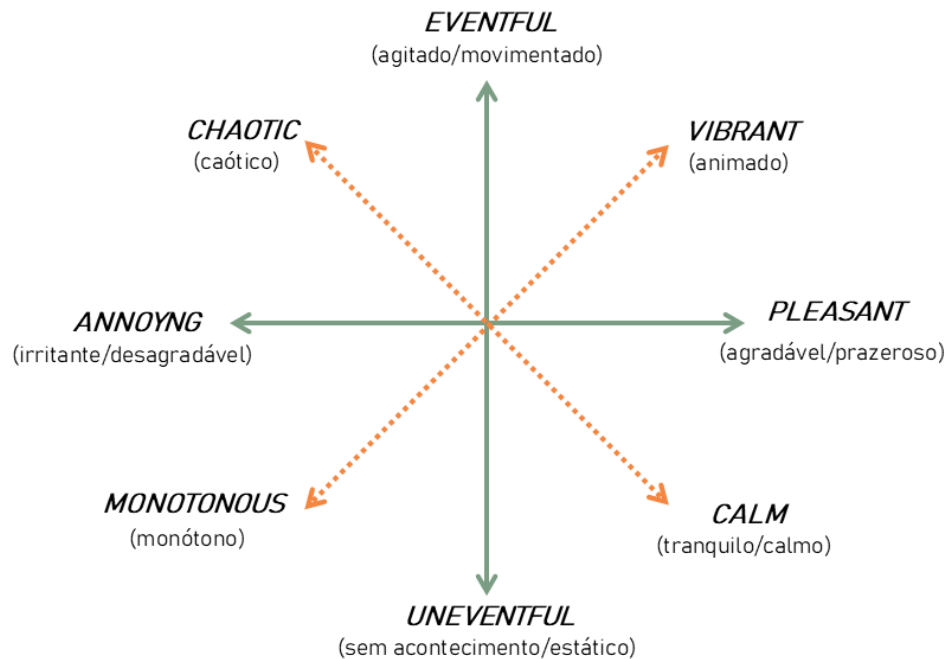
De maneira alternativa, Tan *et al.* (2022) utiliza a classificação dos sons como: humanos, tráfego, mecânico, biofônico e geofônico. Nesta classificação, sons de conversação, sons de crianças, música e passos de pessoas são identificados como sons humanos. Sons de tráfego são provenientes de carros e trens, por exemplo. Sons mecânicos são provocados por aviões, navios, máquinas, etc. Sons biofônicos e geofônicos são de origem natural, sendo os sons biofônicos aqueles gerados por qualquer ser vivo, como animais, pássaros, entre outros, enquanto os sons geofônicos são sons naturais, mas não biológicos, como som do mar, de água, vento, etc.

2.6.2 Qualidade afetiva percebida

As pessoas têm reações emocionais ao ambiente construído, sendo o som, um dos principais fatores que contribuem para a experiência nos lugares (Cain; Jennings; Poxon, 2013). Os psicólogos ambientais têm apontado que quando as pessoas são solicitadas a descrever como percebem os ambientes, elas respondem de forma afetiva (ISO, 2019). Com a finalidade de mensurar esta percepção, foi desenvolvida a avaliação de paisagens sonoras baseada na Qualidade Afetiva Percebida (*Perceived Affective Qualities - PAQs*), que por sua vez, é baseada na teoria de componentes principais, desenvolvida por Axelsson, Nilsson e Berglund (2010), considerando um vasto estudo de paisagem sonora.

A estratégia utilizada para investigar a qualidade afetiva percebida consiste na construção de gráfico (Figura 8) representativo em duas dimensões, também chamados de componentes ou atributos perceptuais, que correlaciona a agradabilidade (*pleasantness*) e a agitação (*eventfulness*). De acordo com Aletta; Kang; Axelsson (2016) a maior parte dos descritores em avaliações de paisagens sonoras estão convergindo para o modelo bidimensional de qualidade afetiva percebida, a exemplo de agradabilidade-agitação (*pleasantness–eventfulness*) ou calma-vibração (*calmness–vibrancy*).

Figura 8: Gráfico representativo do modelo bidimensional dos atributos da paisagem sonora.



Fonte: Adaptado de ISO/TS 12913-3 (ISO, 2019), de acordo com a tradução sugerida por Antunes *et al.* (2023).

Tendo em vista tal estratégia, a ISO/TS 12913-3 (ISO, 2019) orienta a construção do gráfico bidimensional baseado nas respostas da qualidade afetiva da paisagem sonora, coletadas por meio da aplicação do questionário do método A. As respostas afetivas da dimensão principal, eixo horizontal do gráfico, estão relacionadas aos valores de agradabilidade (*pleasantness*), ou seja, quão agradável ou desagradável o ambiente foi percebido. A segunda dimensão, corresponde ao eixo vertical do gráfico, está associada ao nível de agitação (*uneventfulness*), que se relaciona ao grau de atividade humana presente.

Os valores para construção do gráfico são calculados por meio da Equação 1 para a coordenada horizontal, que se refere à dimensão de agradabilidade (*pleasantness*) e da Equação 2, a ser aplicada para a coordenada vertical, relativa à dimensão agitação (*uneventfulness*). Nessa interpretação, o oposto (valores negativos) de agradável (*pleasant*) refere-se ao termo desagradável (*annoying*), enquanto o oposto de agitado (*eventful*) consiste no termo sem acontecimentos (*uneventful*).

$$P = (p - a) + \cos 45^\circ (ca - ch) + \cos 45^\circ (v - m) \quad \text{Equação 1}$$

$$E = (e - u) + \cos 45^\circ (ch - ca) + \cos 45^\circ (v - m) \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

a é irritante/desagradável (*annoying*)

ca é tranquilo/calmo (*calm*)

ch é caótico (*chaotic*)

e é agitado/movimentado (*eventful*)

m é monótono (*monotonous*)

p é agradável/prazeroso (*pleasant*)

u é sem acontecimentos/estático (*uneventful*)

v é animado (*vibrant*)

Considerando que os eixos de agradável (*pleasant*) e agitado (*eventful*) são perpendiculares, outras classificações aos julgamentos humanos podem ser identificadas para os eixos adicionais girados a 45° em relação às duas dimensões principais, que resultam em duas dimensões alternativas, como caótico (*chaotic*) versus calmo (*calm*), monótono (*monotonous*) versus animado (*vibrant*). De acordo com este entendimento, paisagens sonoras animadas podem ser agradáveis e agitadas, enquanto por exemplo, paisagens sonoras caóticas podem ser agitadas e desagradáveis. Paisagens sonoras monótonas podem ser desagradáveis e sem acontecimentos, e por fim, paisagens sonoras calmas podem ser sem acontecimentos e agradáveis.

Vale destacar que as traduções e validações dos termos que designam as dimensões perceptuais da paisagem sonora para a língua portuguesa foram abordadas em trabalhos desenvolvidos por pesquisadores brasileiros e portugueses, nos trabalhos de Antunes *et al.* (2021) e Antunes *et al.* (2023). Os referidos trabalhos são resultantes da participação no projeto “*Soundscape Attribute Translation Project (SATP)*”, que tem como objetivo incentivar e difundir avaliações de paisagens sonoras por meio da tradução e validação em diferentes idiomas (Aletta *et al.*, 2020), com foco em dezoito idiomas: árabe, chinês, croata, holandês, inglês, francês, alemão, grego, indonésio, italiano, japonês, coreano, malaio, português, espanhol, sueco, turco e vietnamita (Aletta *et al.*, 2024).

Os resultados do trabalho de Antunes *et al.* (2023), no qual foram observadas algumas diferenças na maneira como os indivíduos de ambas as culturas (portuguesa e brasileira)

descrevem os sons, em comparação com o modelo na língua inglesa em sua forma original. Quanto ao atributo *vibrant*, alguns brasileiros declararam estar confusos com a tradução para vibrante, pois pode estar ligada a algo que vibra, e pode não captar o significado positivo da palavra, sendo mais indicado o uso da tradução animado, visto que ambos os países avaliaram esta palavra como algo mais agradável. Além disso, a tradução do termo *monotonous* para monótono/entediante poderia conduzir a entendimentos diferentes, visto que algo monótono não é necessariamente entediante. De acordo com Antunes *et al.* (2023), a tradução dos termos *annoying* e *chaotic* para a língua portuguesa pode indicar a necessidade de estudos mais detalhados. No que se refere ao atributo *uneventful* e *eventful*, também foram observadas possíveis incoerências, que podem indicar a necessidade de revisão do termo original na língua inglesa. Os atributos *pleasant* e *calm* não são problemas quanto à tradução.

As traduções sugeridas por Antunes *et al.* (2023) são as seguintes: agradável/prazeroso (*pleasant*), caótico (*chaotic*), animado (*vibrant*), sem acontecimentos/estático (*uneventful*), tranquilo/calmo (*calm*), irritante/desagradável (*annoying*), agitado/movimentado (*eventful*) e monótono (*monotonous*).

2.7 MODELOS PREDITIVOS DE PAISAGEM SONORA

2.7.1 Aspectos gerais

A modelagem da paisagem sonora, por meio de modelos preditivos, visa estabelecer a relação entre os indicadores e os descritores, o que possibilita avaliar a qualidade da paisagem sonora. Modelos preditivos podem funcionar como ferramentas importantes para o planejamento urbano, uma vez que é possível identificar os principais elementos que contribuem para a experiência sonora nas cidades, visto seu consequente impacto na qualidade de vida das pessoas.

O modelo preditivo pode ser utilizado para prever como as pessoas percebem o ambiente acústico, sem necessariamente realizar a laboriosa tarefa de perguntar às pessoas sobre as suas percepções. Além disso, o modelo preditivo pode revelar as causas subjacentes às propriedades da paisagem sonora e pode ser utilizado para efeitos de concepção, ou seja, pode indicar como alcançar um resultado desejado (Aletta; Kang; Axelsson, 2016).

O descritor de paisagem sonora deve fornecer uma medida de pelo menos um dos aspectos relacionados à maneira como as pessoas percebem, experimentam ou compreendem o

ambiente acústico. Para fins de modelagem, esta medida deve ser numérica. Durante o processo de modelagem, torna-se necessário selecionar os descritores a serem obtidos, considerando a sua finalidade e relevância. Depois da seleção dos descritores de paisagem sonora, são definidos os indicadores (Aletta; Kang; Axelsson, 2016).

Além de prever aspectos gerais da paisagem sonora, os modelos preditivos também podem ser baseados em respostas individuais, ou seja, em informações que caracterizem participantes individuais ou um conjunto deles. No entanto, a maioria dos estudos implementa modelos baseados exclusivamente em estatísticas gerais das respostas em todos os locais, conforme apontado por Lionello *et al.* (2020).

Em se tratando dos estudos que se baseiam na aplicação da ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), por meio dos métodos A e B, com utilização dos questionários, cada uma das perguntas apresenta uma finalidade, isto é, são direcionadas para a coleta de informações específicas, que após a análise e tratamento de acordo com a ISO/TS 12913-3 (ISO, 2019), podem ser obtidos os descritores de paisagem sonora.

Tipicamente, pesquisadores costumam utilizar a regressão múltipla linear para desenvolver modelos preditivos da paisagem sonora (Lionello *et al.*, 2020). Outras técnicas empregadas no âmbito dos métodos lineares podem incluir a utilização das equações estruturais, a exemplo do trabalho de Zhao *et al.* (2021), bem como estimativas de densidade de kernel, como pode ser conferido em Lavandier *et al.* (2016).

Lionello *et al.* (2020) apresentaram uma revisão sistemática de modelos preditivos para a experiência de paisagens sonoras, com destaque à comparação de modelos baseados em métodos lineares e métodos não lineares. Tendo como ponto de partida o apanhado sistematizado por Lionello *et al.* (2020), foram realizadas pesquisas suplementares na presente tese, a fim de atualizar o referido arcabouço dos modelos preditivos em paisagem sonora, conforme pode ser observado no Quadro 5, com destaque para os descritores, indicadores e seus respectivos tipos de modelagem (MNL = Modelo não linear, ML = Modelo linear).

Dentre os descritores aplicados nas pesquisas em questão, Quadro 5, tem-se: conforto acústico, tranquilidade (*tranquillity*), calma (*calm*), qualidade sonora (*sound quality*), preferência da paisagem sonora (*soundscape preference*), além de descritores derivados do modelo bidimensional de componentes do Protocolo Sueco de Qualidade de Paisagem Sonora,

tais como: agradável (*pleasant*), agitado (*eventful*), irritante (*annoying*), caótico (*chaotic*) animado (*vibrant*).

Os indicadores utilizados nos estudos (Quadro 5) contemplam parâmetros acústicos, psicoacústicos, informações ambientais e de contexto, informação visual, entre outros. Em relação aos indicadores acústicos, destacam-se as métricas:

- Nível de pressão sonora contínuo equivalente (L_{eq});
- Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A (L_{Aeq});
- Índice de ruído diurno (L_{day});
- Níveis estatísticos excedidos durante uma determinada porcentagem do tempo, como L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} ;
- *Mel-Frequency Cepstral Coefficients*, que é uma representação do espectro de potência de curto prazo de um som (MFCC);
- Frequência abaixo da qual 99% da energia acústica está contida (*Sroll*);
- *Time Frequency Second Derivative*, segunda derivada de frequência de tempo (TSFD).

Os indicadores psicoacústicos considerados nos estudos foram os seguintes:

- *Sharpness* (agudeza) (S);
- *Roughness* (sensação de flutuação rápida) (R);
- *Loudness* (sensação de volume sonoro) (N);
- *Fluctuation strength* (sensação de flutuação lenta) (FLS).

Tendo em vista as possíveis interações da paisagem sonora com as características ambientais e de contexto, alguns estudos aferiram:

- Temperatura (T);
- Velocidade do vento (W);
- Iluminância (Lux);
- Umidade (U).

Algumas publicações consideraram indicadores voltados para a questão visual:

- Percentual de recursos naturais (NF);

- Porcentual de recursos naturais e contextuais (NFC);
- Área dividida pela altura dos edifícios circundantes (S/H);
- Avaliação visual global do ambiente (LAND);
- Porcentual de visualização do mar (SM_Sea);
- Porcentual de visualização de fonte (SM_Fountain);
- Porcentual de visualização de área com construções singulares (com valor histórico) (SM_Singular);
- Porcentual de visualização de área jardim (SM_Garden);
- Porcentual de visualização de área de tráfego (SM_Traffic);
- Fator de moderação visual que prejudica a paisagem sonora (M_f), a exemplo da presença de lixo.

Outros parâmetros também são considerados em alguns modelos, a exemplo de dados sociodemográficos e dados qualitativos do ambiente sonoro:

- Idade (Ida);
- Nível de escolaridade (Edu);
- Se é residente ou não residente (Res);
- Duração da estadia, em se tratando de turistas/visitantes (DUR);
- Indicação de entrevista em grupo ou individual (Gru);
- Presença de voz humana (indicador de fonte sonora) (V);
- Presença de fonte sonora de tráfego (TR);
- Presença de som de pássaros (indicador de fonte sonora) (B);
- Tempo de presença das fontes sonoras (TPFS);
- Fontes de sons naturais (NS);
- Presença de música (MUSIC);
- Presença de pessoas (PEOPLE);
- Avaliação da sonoridade global (OL);
- Outras fontes sonoras (OT).

Quadro 5: Modelos preditivos com informações sobre os descritores utilizados, indicadores e tipo de modelagem (linear e não linear).

AUTOR	DESCRITOR	INDICADORES					TIPO DE MODELO
		Acústicos	Psicoacústicos	Ambientais e contexto	Informação visual	Outros	
Yu e Kang (2009)	Conforto Acústico	L_{eq}	-	T W U Lux	NF	Ida, Edu, Res, Gru, entre outros	MNL
Pheasant <i>et al.</i> (2010)	Tranquilidade	L_{Aeq}	-	-	NFC		ML
Watts <i>et al.</i> (2013)		L_{day}			M_f NFC		ML
Brambilla <i>et al.</i> (2013)	Calma	L_{eq}	S R	-	S/H	-	ML
Ricciardi <i>et al.</i> (2015)	Qualidade sonora	-	-	-	LAND OL	V TR	ML
Ricciardi <i>et al.</i> (2015)		-	-	-	OL	V TR B	ML
Ricciardi <i>et al.</i> (2015)		L_{50} $L_{10} - L_{90}$	-	-	-	-	ML
Lavandier <i>et al.</i> (2016)	Agradabilidade	-	-	-	OL	V B	ML
Fan <i>et al.</i> (2016)		MFCC ₅ MFCC ₁₈ MFCC ₃₂ MFCC ₂₃	N S	-	-	-	ML
Fan <i>et al.</i> (2016)	Agitação	Sroll MFCC ₂ MFCC ₂₆ MFCC ₂₈	N S	-	-	-	ML
Fan <i>et al.</i> (2016)	Agradabilidade Agitação	98 parâmetros de espectros sonoros	-	-	-	-	MNL
Çakır Aydın e Yılmaz, (2016)	Qualidade sonora	-	N S R	-	-	-	ML
Lundén <i>et al.</i> (2016)	Agradabilidade Agitação	MFCC	-	-	-		MNL

AUTOR	DESCRIPTOR	INDICADORES					TIPO DE MODELO
		Acústicos	Psicoacústicos	Ambientais e contexto	Informação visual	Outros	
Puyana Romero <i>et al.</i> (2016)	Qualidade sonora	L_{Aeq} L_{A50}	R N ₅	-	SM_Sea SM_Fountain SM_Singular SM_Garden SM_Traffic	-	ML
Puyana Romero <i>et al.</i> (2016)		L_{Aeq} L_{A5} L_{A10} L_{A50}	R N ₅	-	SM_Sea SM_Fountain SM_Singular SM_Garden SM_Traffic		MNL
Maristany <i>et al.</i> (2016)		$L_C - L_{Aeq}$, $L_{A10} -$ L_{A90}	N S	-	-	-	MNL
Aumond <i>et al.</i> (2017)	Agradabilidade	-	-	-	-	V TR B	ML
Aumond <i>et al.</i> (2017)		L_{A50} TFSD ₅₀₀ TFSD ₅	-	-	OL	-	ML
Fan <i>et al.</i> (2018)	Agradabilidade Agitação	38 parâmetros de espectros sonoros	-	-	-	-	MNL
Kang <i>et al.</i> (2018)	Agradabilidade	-	-	-	-	TR NS	ML
Kang <i>et al.</i> (2018)	Desagradável	-	-	-	-	TR NS	ML
Kang <i>et al.</i> (2018)	Caótico	-	-	-	-	TR NS OT	ML
Kang <i>et al.</i> (2018)	Calma	-	-	-	-	TR NS OT	ML
Aletta e Kang (2018)	Animado	-	FLS R N	PEOPLE MUSIC	-	-	ML
Xinchen <i>et al.</i> (2019)	Preferência por paisagem sonora	L_{Aeq} L_{eq}	N S	-	-	-	MNL
Yue <i>et al.</i> (2023)	Agradabilidade	L_{Aeq}	-	-	SM_Sea SM_Garden SM_Traffic	V TR B	MNL

Fonte: Adaptado de Lionello *et al.* (2020).

Os métodos de coleta de dados, bem como a quantidade de pontos de dados utilizados no ajuste ao modelo, podem definir a complexidade e a força do modelo, de modo que modelos com desempenho elevado tendem a ter maior conjunto de dados, tornando-os mais estáveis e complexos. Em contrapartida, a redução de pontos de dados pode implicar em um modelo mais simples para implementação, mas também pode ser um modelo mais suscetível ao excesso de ajuste (Lionello *et al.*, 2020). As sessões seguintes apresentam uma síntese do processo de construção de modelos preditivos lineares e não lineares.

2.7.2 Processo de construção de modelos preditivos lineares

Os modelos lineares visam obter as correlações entre os descritores e indicadores por meio de equações lineares. A maioria dos modelos preditivos em paisagem sonora emprega a correlação de mais de uma variável, sendo conhecidos como modelos de regressão linear múltipla. Os principais indicadores de qualidade do ajuste da equação são os coeficientes de determinação do ajuste (R^2) e testes de significância da regressão, tais como *Prob (F-statistic)*.

O R^2 consiste em uma métrica empregada na avaliação da qualidade do ajuste, é frequentemente usado para julgar a adequação de um modelo, e varia de 0 a 1. Valores próximos a 1 podem indicar uma melhor qualidade no ajuste, conforme apontado por Montgomery (2003) e Mohr *et al.* (2022). Particularmente, uma métrica adicional para os modelos lineares, corresponde ao **R^2 ajustado**, que oferece uma medida mais precisa da qualidade do ajuste ao levar em consideração não apenas a quantidade de variáveis independentes, mas também a complexidade do modelo. Enquanto o R^2 tradicional pode aumentar com a simples inclusão de mais variáveis, mesmo que estas não sejam relevantes para a previsão, o **R^2 ajustado** penaliza a adição de variáveis que não contribuem significativamente para o modelo. Dessa forma, essa métrica proporciona uma visão mais realista da capacidade preditiva do modelo, permitindo a comparação entre modelos com diferentes números de variáveis e ajudando a evitar o sobreajuste.

O teste de significância da regressão *Prob (F-statistic)* é um teste para determinar se existe uma relação linear entre a variável de resposta y e um subconjunto das variáveis regressoras x , adotando-se geralmente, como margem de significância valores inferiores a 0,05, o que equivale a 5% (Montgomery, 2003).

Para realização do processo de modelagem preditiva, torna-se necessário selecionar o conjunto de indicadores do modelo, que pode ser arbitrado pelos pesquisadores e planejadores, de acordo com o objetivo da modelagem preditiva da paisagem sonora, bem como pela disponibilidade de recursos para coleta de dados. A maior parte dos modelos preditivos dispostos no Quadro 6 são compostos por números reduzidos de indicadores, se comparado aos modelos mais complexos, a exemplo dos modelos lineares desenvolvidos nos estudos de Fan *et al.* (2016) e Puyana Romero *et al.* (2016).

Quanto ao descritor tranquilidade, os modelos preditivos de Pheasant *et al.* (2010) e Watts *et al.* (2013) aplicaram um indicador objetivo de nível sonoro e indicadores relacionados às informações visuais, sendo possível apontar que o modelo elaborado por Watts *et al.* (2013) apresentou desempenho superior ao encontrado no modelo de Pheasant *et al.* (2010), ao considerar os valores de R^2 . Embora tais modelos tenham sido desenvolvidos para locais distintos, observa-se que o acréscimo de mais uma informação visual (Fator de moderação visual que prejudica a paisagem sonora: M_f) implicou em uma melhoria do parâmetro de qualidade R^2 .

Brambilla *et al.* (2013) desenvolveram um modelo preditivo linear para o descritor caótico-calma, considerando um indicador acústico objetivo (L_{Aeq}), dois indicadores psicoacústicos (R e S) e um indicador visual (S/H).

Para o descritor qualidade sonora, Ricciardi *et al.* (2015) desenvolveram três modelos preditivos. Os resultados indicaram que a incorporação de informações visuais e de identificação de fonte sonora tornaram o modelo mais preciso, se comparado ao modelo preditivo que emprega apenas métricas acústicas objetivas.

A seleção dos indicadores pode ser baseada no estudo da relevância da relação entre descritor e indicador, geralmente realizada por meio do coeficiente de Spearman, que consiste em uma medida não paramétrica da correlação de postos (dependência estatística do *ranking* entre duas variáveis) (Morettin, 2013).

O Quadro 6 apresenta um apanhado geral dos modelos preditivos de paisagem sonora lineares que foram primeiramente listados na seção anterior, correlacionando os descritores e indicadores contidos em cada equação dos modelos, bem como o valor de R^2 .

Quadro 6: Modelos preditivos lineares.

AUTOR	DESCRIPTOR	MODELO OBTIDO	R ²
Pheasant <i>et al.</i> (2010)	Tranquilidade	Tranquilidade = $9,68 - 0,146(L_{Aeq}) + 0,041(NFC)$	0,82
Watts <i>et al.</i> (2013)		Tranquilidade = $10,55 - 0,146(L_{day}) + 0,41(NFC) + (Mf)$	0,89
Brambilla <i>et al.</i> (2013)	Caótico-Calma	"Caótico-Calma" = $10,537 - 0,129(L_{Aeq}) - 3,435(R) + 2,105(S) + 0,03(S/H)$	0,98
Ricciardi <i>et al.</i> (2015)	Qualidade sonora	Qualidade sonora = $4,48 - 0,27(OL) + 0,12(V) + 0,52(LAND) - 0,12(TR)$	0,52
Ricciardi <i>et al.</i> (2015)		Qualidade sonora = $8,11 + 0,38(OL) + 0,20(V) + 0,15(B) - 0,15(TR)$	0,34
Ricciardi <i>et al.</i> (2015)		Qualidade sonora = $19,08 - 0,19(L_{50}) + 0,06(L_{10} - L_{90})$	0,21
Lavandier <i>et al.</i> (2016)	Agradabilidade	Agradabilidade = $8,81 + 0,74(OL) + 0,33(V) + 0,18(B)$	0,88
Fan <i>et al.</i> (2016)		Agradabilidade = $0,231 - 0,433(N) - 0,937(S) + 0,808(MFCC5) + 0,626(MFCC18) - 2,046(MFCC32) + 0,732(MFCC23)$	0,57
Fan <i>et al.</i> (2016)	Agitação	Agitação = $-1,441 - 0,317(N) + 0,556(N_{std}) + 4,064 \cdot 10^{-5}(Sroll) + 4,296(MFCC26_{std}) + 0,64(MFCC5_{std}) - 0,038(MFCC2) - 0,604(MFCC28)$	0,82
Çakır Aydın e Yılmaz, (2016)	Qualidade sonora	Qualidade sonora = $7,2935 - 0,05851(N) - 0,3723(R) - 0,7792(S)$	0,77
Puyana Romero <i>et al.</i> (2016)		Qualidade sonora = $0,166(L_{Aeq}) - 0,033(R) - 0,207(L_{A50}) - 0,086(N_s) + 0,027(SM_Sea) + 0,037(SM_Fountain) + 0,045(SM_Singular) - 0,027(SM_Garden) + 0,048(SM_Traffic)$	0,36
Aumond <i>et al.</i> (2017)	Agradabilidade	Agradabilidade = $9,70 - 0,47(OL) - 0,21(T) + 0,12(V) + 0,09(B)$	0,9
Aumond <i>et al.</i> (2017)		Agradabilidade = $16,48 + 0,25(L_{50}) - 15,82(TSFD_{500}) + 16,82(TFSD_5)$	0,85
Kang <i>et al.</i> (2018)		PL = $0,577(TR) + 0,252(NS)$	0,55
Kang <i>et al.</i> (2018)	Desagradável	Desagradável = $0,64(TR) - 0,144(NS)$	0,52
Kang <i>et al.</i> (2018)	Caótico	Caótico = $0,437(TR) + 0,223(OT) - 0,152(NS)$	0,58
Kang <i>et al.</i> (2018)	Calma	Calma = $0,582(TR) + 0,24(NS) - 0,11(OT)$	0,37
Aletta e Kang (2018)	Animado	Animado = $0,682(R) + 0,436(PEOPLE) + 0,383(FLS) - 0,579(N) + 0,272(MUSIC)$	0,76

Fonte: Adaptado de Lionello *et al.* (2020).

Tratando-se de ajuste de modelos lineares, é recomendável verificar a interação e emprego simultâneo dos indicadores, por meio da avaliação dos coeficientes de Pearson, que por sua vez, buscam medir o grau de correlação linear entre duas variáveis contínuas. Valores iguais a -1 ou 1 indicam correlação linear perfeita e nesse caso, recomenda-se não fazer o uso de tais variáveis de forma simultânea, o que geralmente é denominado de colinearidade, conforme discutido por Montgomery (2003).

2.7.3 Processo de construção de modelos preditivos não lineares

A aplicação de métodos não lineares, geralmente, possibilita maior precisão se comparados aos métodos de regressão linear, principalmente em modelos nos quais há uma estrutura mais complexa de indicadores. No entanto, vale frisar que o emprego de modelos não lineares pode representar maior desafio para implementação. Os modelos não lineares são excelentes estratégias para adequação das informações complexas codificadas dentro e entre os indicadores, a exemplo da aplicação de métodos de aprendizagem de máquina, como redes neurais artificiais (RNA), lógica *fuzzy* (LZ), Método *Support Vector Regression* (SVR) (Lionello *et al.*, 2020) e aprendizado de máquina *Gaussian mixture model* (GMM), como encontrado em Yue *et al.* (2023).

O Quadro 7 apresenta os modelos preditivos de paisagem sonora não lineares que foram listados na seção 2.7.1 Aspectos gerais, correlacionando os descritores e indicadores contidos em cada modelo, bem como o R^2 dos modelos obtidos.

Como exemplo de estudos com aplicação das redes neurais artificiais em modelos preditivos de paisagem sonora, tem-se os trabalhos desenvolvidos por Yu e Kang (2009), Puyana Romero *et al.* (2016) e Xinchun *et al.* (2019). A arquitetura da rede neural pode influenciar nos resultados dos modelos. Yu e Kang (2009) e Xinchun *et al.* (2019) empregaram duas camadas ocultas na camada intermediária, enquanto Puyana Romero *et al.* (2016) empregaram apenas uma camada oculta, cujo número de neurônios corresponde ao mesmo número de indicadores de entrada.

Quadro 7: Modelos preditivos não lineares.

AUTOR	DESCRIPTOR	MODELO UTILIZADO	R ²
Yu e Kang (2009)	Tranquilidade	RNA; 16 parâmetros de entrada; 2 camadas ocultas com 6 nós conectadas	0,31
Fan <i>et al.</i> (2016)	Agradabilidade	SVR: algoritmo de otimização mínima sequencial e kernels polinomiais	0,54
Puyana Romero <i>et al.</i> (2016)	Qualidade sonora	RNA; 15 parâmetros de entrada; 1 camada oculta com 15 nós conectadas	0,62
Lundén <i>et al.</i> (2016)	Agradabilidade	SVR: algoritmo de otimização mínima sequencial e kernels polinomiais	0,74
Marystani <i>et al.</i> (2016)	Qualidade sonora	Lógica Fuzzy (LF), 11 regras em 4 condições de entrada	0,88
Fan <i>et al.</i> (2018)	Agradabilidade Agitação	SVR: Kernel de função de base radial e método de pesquisa de grade para encontrar os parâmetros	0,62
Xinchen <i>et al.</i> (2019)	Preferência por paisagem sonora	RNA; 4 parâmetros de entrada; 2 camadas ocultas, <i>Radial Basis Function Neural Network</i>	0,91
Yue <i>et al.</i> (2023)	Agradabilidade	Aprendizado de máquina <i>Gaussian mixture model (GMM)</i>	0,67

Fonte: Adaptado de Lionello *et al.* (2020).

2.7.3.1 Redes Neurais Artificiais e aplicações em modelos preditivos de paisagens sonoras urbanas

Redes neurais artificiais (RNA) correspondem a um método computacional baseado em inteligência artificial, fundamentado no mecanismo de aprendizado biológico do cérebro humano, que possui aplicabilidade no estudo de variáveis não lineares. A técnica foi desenvolvida por McCulloch e Pitts, na década de 1940 (Rosenblatt, 1962).

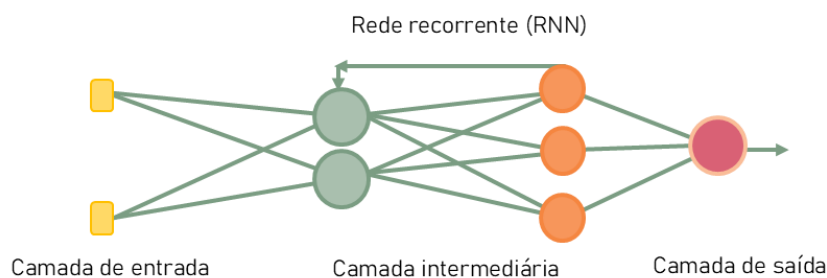
Aprendizagem no contexto de redes neurais significa a atualização da arquitetura da rede e dos pesos das conexões, de modo que a rede possa executar uma tarefa de forma eficiente. A habilidade das redes de aprender com os exemplos automaticamente é o que as torna atraentes para os usuários, sendo possível fazer previsões para questões similares, tendo como base, os dados treinados.

As RNAs não seguem um conjunto de regras pré-estabelecidas pelos programadores, mas buscam aprender as regras implícitas que coordenam o relacionamento entre os dados de entrada e de saída (Jain *et al.*, 1996). No modelo baseado em redes neurais artificiais, a determinação do desempenho depende das relações entre as variáveis de entrada e saída.

Dentre os tipos de redes neurais, pode-se destacar as redes densas e as redes do tipo recorrentes. Nas redes neurais densas, a informação segue um fluxo único (*feedforward*) e as camadas adjacentes da rede estão completamente conectadas entre si. Nesse caso, cada neurônio de uma camada está conectado a todos os neurônios da camada adjacente (Lecun *et al.*, 2015). A conexão entre os neurônios é realizada por meio de uma função de ativação, que pode assumir comportamento parabólico, linear, senoidal, entre outros.

As redes neurais recorrentes (RNNs) são caracterizadas pela retropropagação (*backpropagation*) no fluxo de informação (Figura 9). Esse *feedback* afeta profundamente o desempenho e a taxa de aprendizado da rede. A abordagem dinâmica das RNNs pode resultar em um comportamento não linear. O uso de RNNs é aconselhado para aplicações envolvendo dados de entrada sequenciais, como é o caso de reconhecimento de fala e linguagem (LECUN *et al.*, 2015).

Figura 9: Estrutura conceitual para rede neural recorrente.



Fonte: Adaptado de LeCun *et al.* (2015).

Tendo em vista que a rede neural artificial trabalha com multicamadas, é considerada adequada para construção de modelos preditivos de paisagens sonoras, conforme apontado por Yu e Kang (2009). Ainda há poucos trabalhos focados na utilização de redes neurais artificiais no estudo de paisagens sonoras, a exemplo dos trabalhos de Yu e Kang (2009), Puyana Romero *et al.* (2016) e Xinchun *et al.* (2019).

O desempenho das redes neurais artificiais tem sido qualificado como mais preciso que dos outros métodos (Yu; Kang, 2009; Lionello *et al.* 2020). Segundo Puyana Romero *et al.* (2016), as redes neurais artificiais têm sido utilizadas apenas para obter uma boa aproximação entre os valores calculados da percepção da paisagem sonora e os valores medidos, e a contribuição de cada indicador na adequação do modelo não tem sido avaliada. Tendo em vista esta lacuna, o presente trabalho buscou contribuir para investigação de cada indicador na adequação do modelo.

Yu e Kang (2009) desenvolveram um modelo preditivo para avaliação da qualidade da paisagem sonora baseado na aplicação de redes neurais artificiais, considerando dados coletados em 19 centros urbanos da Europa e da China. Foram coletados diversos parâmetros, tais como: físicos, comportamentais, sociais, demográficos e psicológicos. Neste estudo, dois tipos de modelo foram construídos, um para avaliação subjetiva do nível sonoro e outro para avaliação do conforto acústico. A hipótese do estudo é que um modelo RNA bem treinado derivado de locais existentes pode ser utilizado para prever a avaliação subjetiva da paisagem sonora em novos espaços abertos urbanos com ambientes físicos e sociais semelhantes. Para construção dos modelos, foi utilizada uma série de resultados de pesquisas aplicadas em cidades da Europa.

Os fatores considerados na coleta de dados do estudo desenvolvido por Yu e Kang (2009), foram aqueles relacionados aos atributos: explícitos e implícitos, que funcionaram como variáveis de entrada do modelo. Os atributos explícitos são relacionados aos elementos físicos e ambientais (tais como estação do ano e horário, temperatura do ar, velocidade do vento, umidade relativa, iluminância, sombreamento, níveis de pressão sonora), e aos elementos comportamentais (se está usando fones de ouvido, lendo ou escrevendo, assistindo algo, *status* do movimento, frequência de visita ao local, motivo para ir ao local). Os atributos implícitos são voltados para os elementos sociais e demográficos (como idade, gênero, ocupação, nível de escolaridade e se é residente ou não do local), e elementos psicofisiológicos (tais como: se gosta do local, avaliação da vista, sensação de calor, sensação de vento, sensação de umidade, sensação de brilho, se confortável ou não, e a sensação do nível sonoro). Neste trabalho, foi empregado o *software* QNET, que é um sistema de modelagem neural multicamadas do tipo *backpropagation*.

De acordo com Yu e Kang (2009), muitas variáveis de entrada podem ser utilizadas na RNA, desde que tenham amostras suficientes para treinamento, tendo em vista a capacidade de aprendizagem para modelagem de relações não lineares. Resultados puderam ser visualizados por meio de mapas de qualidade de paisagem sonora, com base em subgrupos de descritores da paisagem sonora. No entanto, uma vez que os tamanhos das amostras variam consideravelmente entre diferentes locais de estudo de caso, é importante limitar as variáveis de entrada para que o tamanho da rede possa ser mantido razoável para uma boa previsão. As análises estatísticas dos resultados da pesquisa de campo de Yu e Kang (2009) foram feitas usando o *software* SPSS,³⁶ considerando correlações de Pearson/Spearman. Na análise, tanto a avaliação do nível sonoro e a avaliação do conforto acústico são consideradas como saída e os fatores relacionados a cada um deles são examinados.

Puyana Romero *et al.* (2016) desenvolveram uma rede neural artificial no estudo de paisagem sonora tendo como área de estudo a orla marítima de Nápoles, na Itália, com o objetivo de avaliar a influência de parâmetros acústicos e visuais objetivos na percepção do ambiente sônico da referida orla, com a finalidade de definir os elementos que o identificam. A faixa litorânea estudada compreende cerca de 3 km por 25 m, sendo espaços de recreação, com ampla gama de restaurantes, bares, eventos, além de edificações históricas (Figura 10). Foram realizadas duas campanhas ao longo da orla, sendo a primeira em janeiro e fevereiro de 2014 e a segunda em julho e agosto de 2014, em finais de semana e dias úteis, das 10:30h às 17h. Ao todo, foram coletadas 254 entrevistas face a face ao longo dos 10 locais selecionados. As gravações binaurais foram realizadas simultaneamente às entrevistas. Para cada entrevista, foram capturadas fotos panorâmicas e coordenadas geográficas GPS²⁷ para precisar a localização. Os entrevistados foram solicitados a avaliar a paisagem sonora, por meio da seguinte pergunta: "*Neste momento, como você classificaria a qualidade da paisagem sonora deste lugar?*", considerando a escala ordinal de sete intervalos, de muito ruim (1) a excelente (7).

Figura 10: Recorte da área de estudo da orla marítima de Nápoles, Itália, com representação do uso do solo.



Fonte: Adaptado de Puyana Romero *et al.* (2016).

Neste estudo de Puyana Romero *et al.* (2016), as variáveis consideradas foram subjetivas (qualidade da paisagem sonora) e objetivas (acústicas e visuais). Os dados acústicos objetivos

²⁷ *Global Positioning System* (em inglês) ou Sistema de Posicionamento Global (em português).

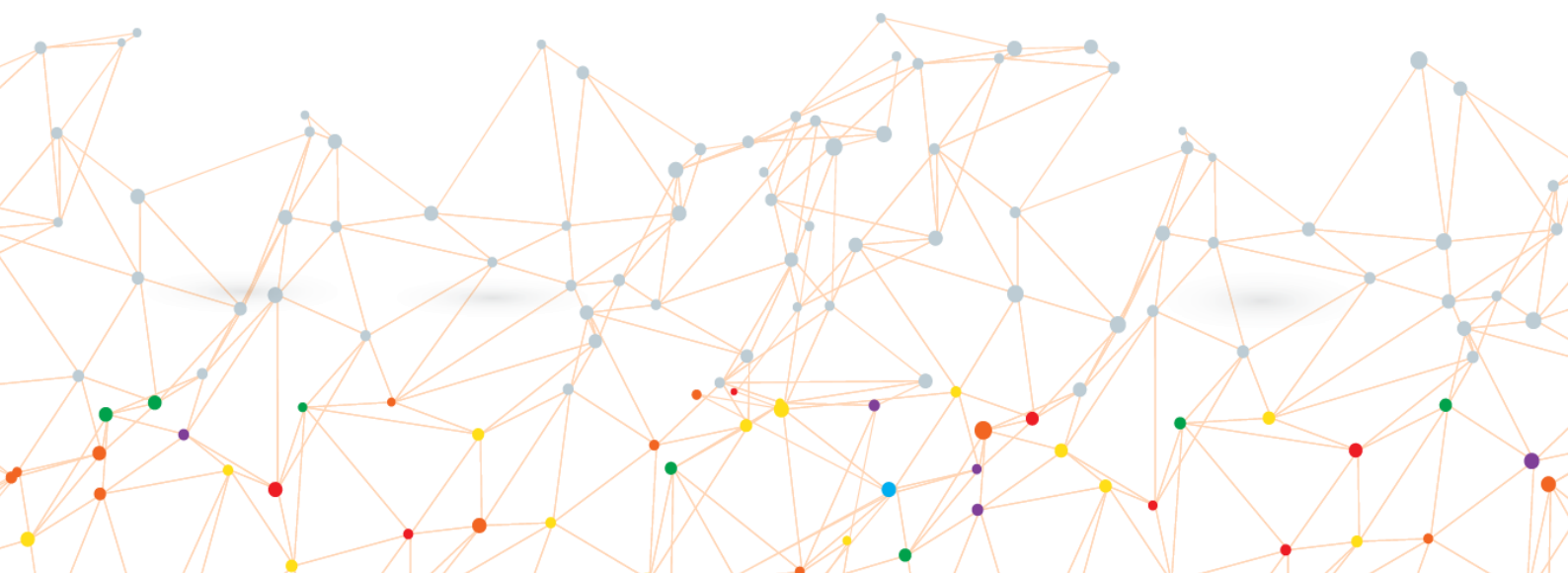
foram analisados por meio do *software* Artemis, com a finalidade de determinar os parâmetros acústicos objetivos, tais como L_{eq} , L_{Aeq} , e os percentis L_{A5} , L_{A10} , L_{A50} , L_{A90} , L_{A95} , além dos parâmetros psicoacústicos, como sensação de volume sonoro (*loudness*), agudeza (*sharpness*), sensação de flutuação rápida (*roughness*) e sensação de flutuação lenta (*fluctuation strength*).

Após o processamento dos dados objetivos e subjetivos, Puyana Romero *et al.* (2016) realizaram uma análise estatística, a fim de verificar a influência dos parâmetros acústicos e visuais na percepção sonora do ambiente. Em função do grande número de variáveis coletadas, as variáveis mais estreitamente correlacionadas com as avaliações de paisagem sonora foram selecionadas, definindo assim, um conjunto apropriado de dados de entrada importante para modelagem do sistema. Em seguida, foi projetada uma rede neural mediante as variáveis selecionadas. Os autores compararam o desempenho da modelagem na avaliação da paisagem sonora entre redes neurais artificiais e regressão múltipla linear, constatando que os resultados obtidos com utilização das redes neurais artificiais foram mais precisos.

O estudo desenvolvido por Xinchun *et al.* (2019) explorou a utilização da rede neural artificial para prever os dados objetivos e subjetivos da paisagem sonora em parques urbanos no Japão. Os resultados do modelo desenvolvido indicaram uma taxa de acerto de 91,23%. Foram empregados indicadores como dados de entrada do modelo, sendo parâmetros psicoacústicos sensação de volume sonoro (*loudness*), agudeza (*sharpness*) e nível de pressão sonora.

Vale frisar que nenhum dos trabalhos mencionados segue os métodos para coleta de dados recomendados pela ISO/TS 12913-2 – *Acoustics - Soundscape – Part 2: Data collection and reporting requirements*, publicada no ano 2018.

3 METODOLOGIA

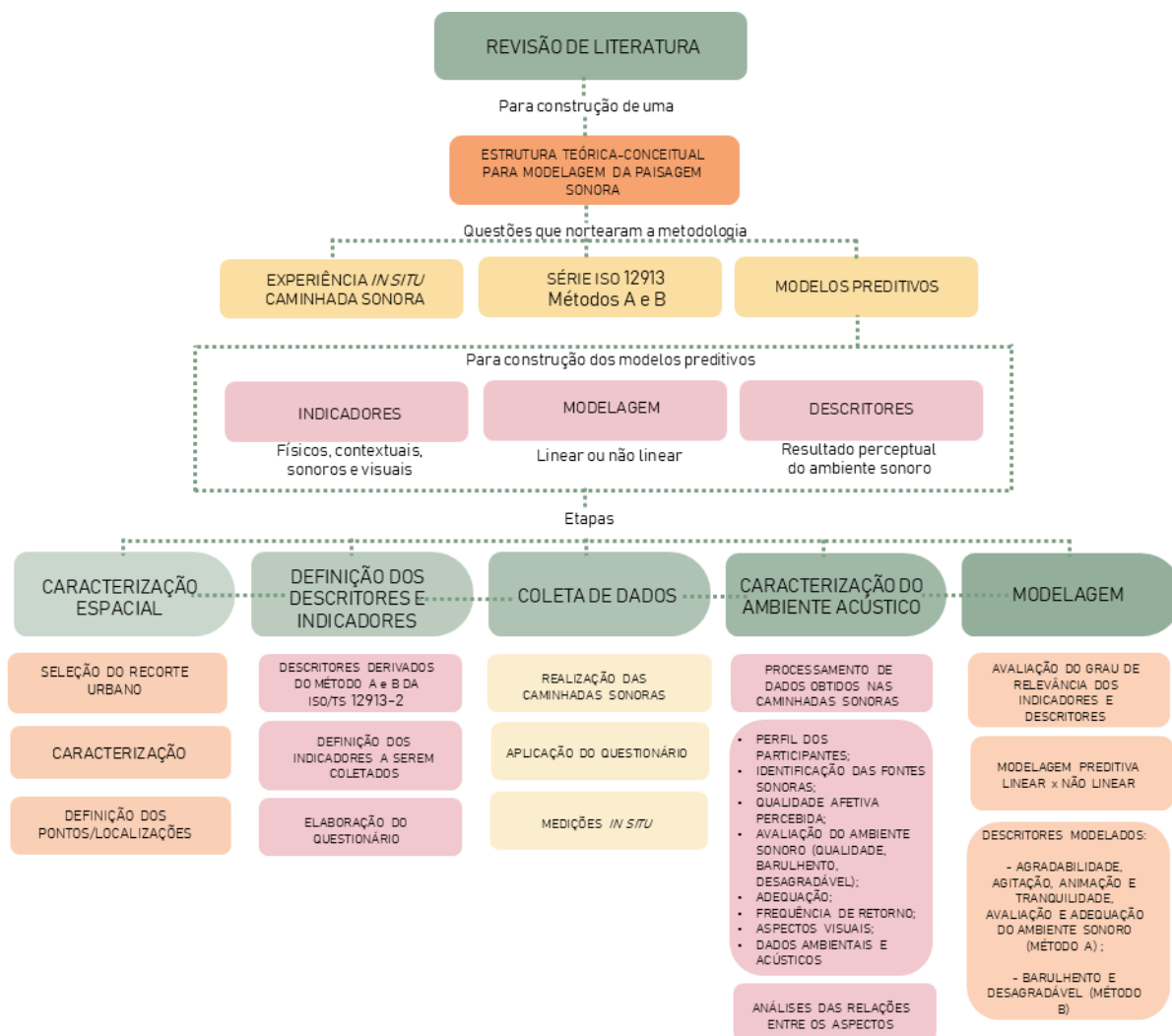


3. METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em uma pesquisa aplicada, para desenvolvimento de metodologia para avaliação de paisagens sonoras, com base em modelos preditivos, considerando dados de percepção humana, ambiente acústico e contexto. Para elaboração dos modelos preditivos, como referências iniciais, foram seguidas as estruturas básicas conceituais de Aletta, Kang e Axelsson (2016) e Lionello *et al.* (2020), envolvendo as etapas de coleta de dados, caracterização do ambiente acústico e modelagem da paisagem sonora.

Os procedimentos metodológicos adotados no presente trabalho são representados no diagrama apresentado na Figura 11. As etapas da proposta metodológica serão discutidas nas seções seguintes.

Figura 11: Diagrama metodológico da tese.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

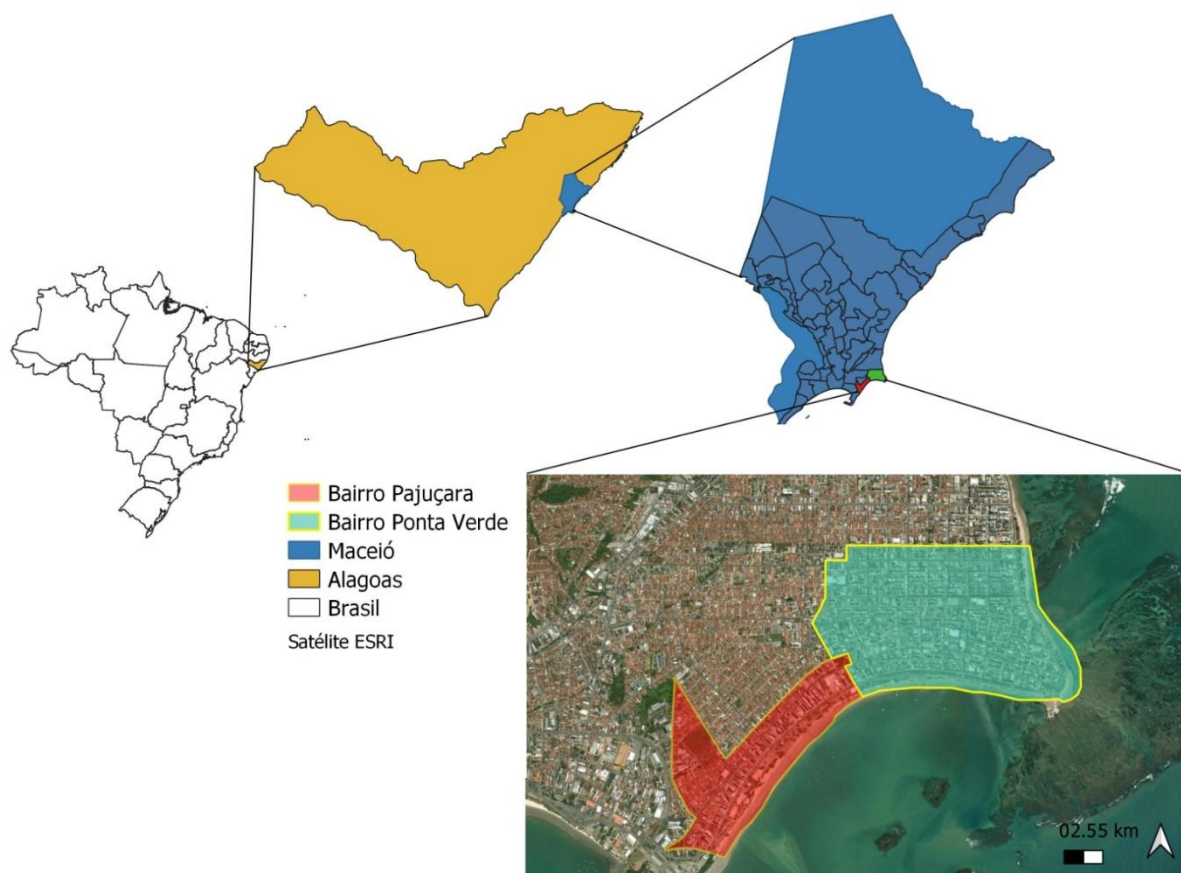
3.1 SELEÇÃO DO RECORTE URBANO E CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL

3.1.1 Seleção do recorte urbano

Para definição do recorte urbano, foram delineados e seguidos alguns critérios. O primeiro deles, que deveria ser um ambiente urbano múltiplo, com diferentes usos (residencial, trabalho, lazer e recreação), conforme apontado no trabalho de Hong e Jeon (2017), ou seja, com diferentes características da paisagem, em várias condições de uso dos espaços, sendo possível lidar com uma diversidade de paisagens sonoras em um mesmo espaço urbano. Assim como enfatiza o trabalho de Puyana Romero *et al.* (2016), a avaliação da orla marítima pode fornecer subsídios importantes para projeto e implementação de áreas restauradoras nas cidades, o que favorece a qualidade de vida da população. Portanto, a escolha de um recorte urbano que tenha proximidade com o mar, além de ser uma área com potencial restaurador, se encaixa nessas questões.

Nesse contexto, chegou-se à definição do trecho urbano compreendido pela orla marítima da cidade de Maceió, capital do Estado de Alagoas, localizada na região Nordeste do Brasil, em parte da orla dos bairros Ponta Verde e Pajuçara (Figura 12, Figura 13 e Figura 14).

Figura 12: Mapa de parte da orla marítima urbana da cidade de Maceió, com destaque para os bairros Ponta Verde e Pajuçara.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Figura 13: Imagens da orla marítima do bairro Ponta Verde, Maceió, Alagoas, Brasil.



Fonte: Prefeitura de Maceió, 2021.

Figura 14: Imagens da orla marítima do bairro Pajuçara, Maceió, Alagoas, Brasil.



Fonte: Prefeitura de Maceió, 2021.

A cidade de Maceió possui 957.916 habitantes, de acordo com as informações divulgadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo 2022 (IBGE, 2022). Quanto à população residente nos bairros em estudo, as informações disponíveis pelo IBGE se referem ao Censo realizado em 2010, com o bairro Ponta Verde apresentando 24.402 habitantes, distribuída em 1.38 km² e Pajuçara com 3.711 habitantes, ocupando 6,57 km² (IBGE, 2010). Vale ressaltar que o bairro Ponta Verde corresponde a um dos bairros mais adensados da cidade.

3.1.2 Caracterização espacial do recorte urbano

O recorte urbano selecionado corresponde à orla marítima, composta pelas edificações à beira mar, vias de tráfego, canteiros, passeio e faixa de areia (praia). O referido recorte possui comprimento por volta de 2,8 km, com largura média de 100 m (Figura 15 e Figura 16).

Figura 15: Mapa do recorte urbano selecionado de parte da orla marítima dos bairros Ponta Verde e Pajuçara.



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Figura 16: Imagem de parte da orla marítima do bairro Ponta Verde, com destaque para os elementos urbanos presentes.



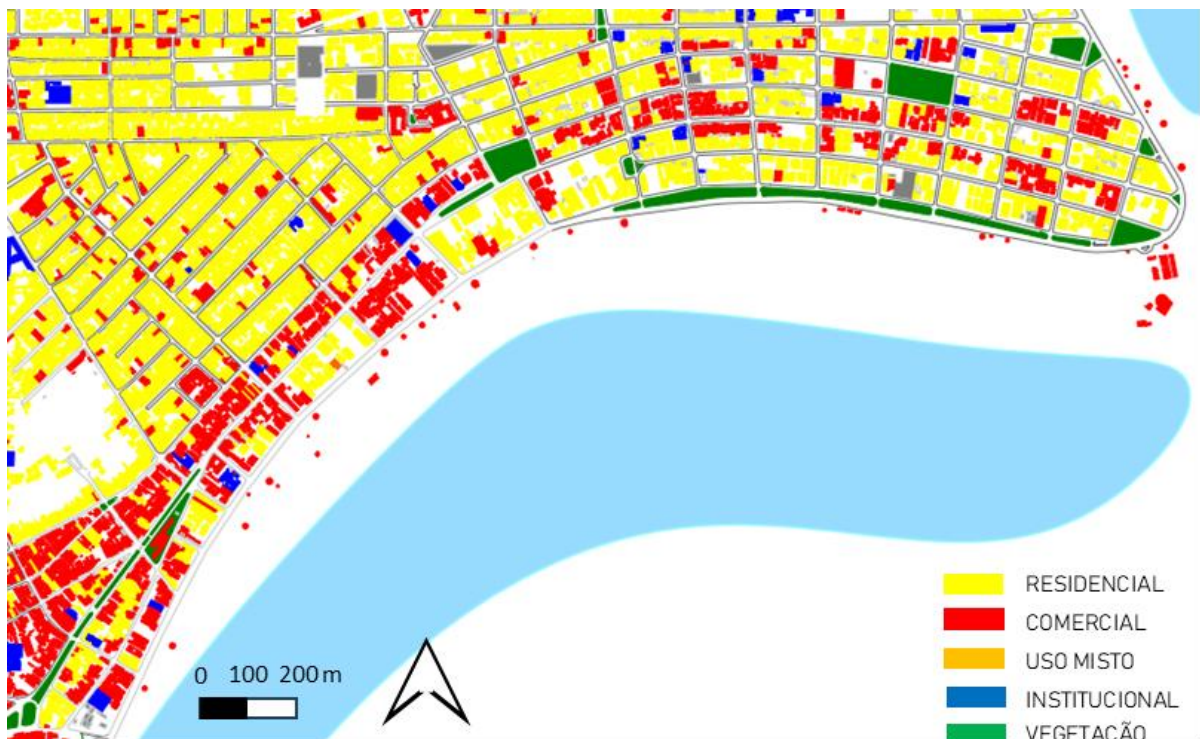
Fonte: Elaboração própria, 2024.

Os bairros Pajuçara e Ponta Verde apresentam com forte potencial turístico, que foi intensificado a partir da década de 1980, quando diversos hotéis se instalaram na orla marítima. Ademais, tais bairros são predominantemente residenciais, embora possuam em seus principais corredores de circulação, empreendimentos comerciais e de serviços (Cavalcante, 2014).

As edificações presentes na referida orla marítima são, em sua maioria, verticalizadas. A área abriga uma variedade de estabelecimentos comerciais, restaurantes, bares, barracas comerciais, espaço de compras, como o Pavilhão e a Feirinha de Artesanato da Pajuçara, existência de espaços destinados às práticas esportivas, recreativas e hotéis (Figura 17).

Vale observar que as edificações verticais apresentam uma restrição de altura, estabelecido por meio da Lei Municipal N. 5.593, de 08 de fevereiro de 2007, que institui o Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió. A área em estudo encontra-se situada na zona residencial do tipo 4 (ZR-4), que é uma das áreas da cidade destinadas principalmente ao uso residencial. Como diretriz, a altura máxima das edificações deve ser limitada pela restrição de verticalização no Cone do Farol da Marinha, com o objetivo de assegurar a preservação da visibilidade do farol. Assim, o número máximo de pavimentos permitido é de 15.

Figura 17: Mapa de uso e ocupação do solo de parte dos bairros Ponta Verde e Pajuçara.



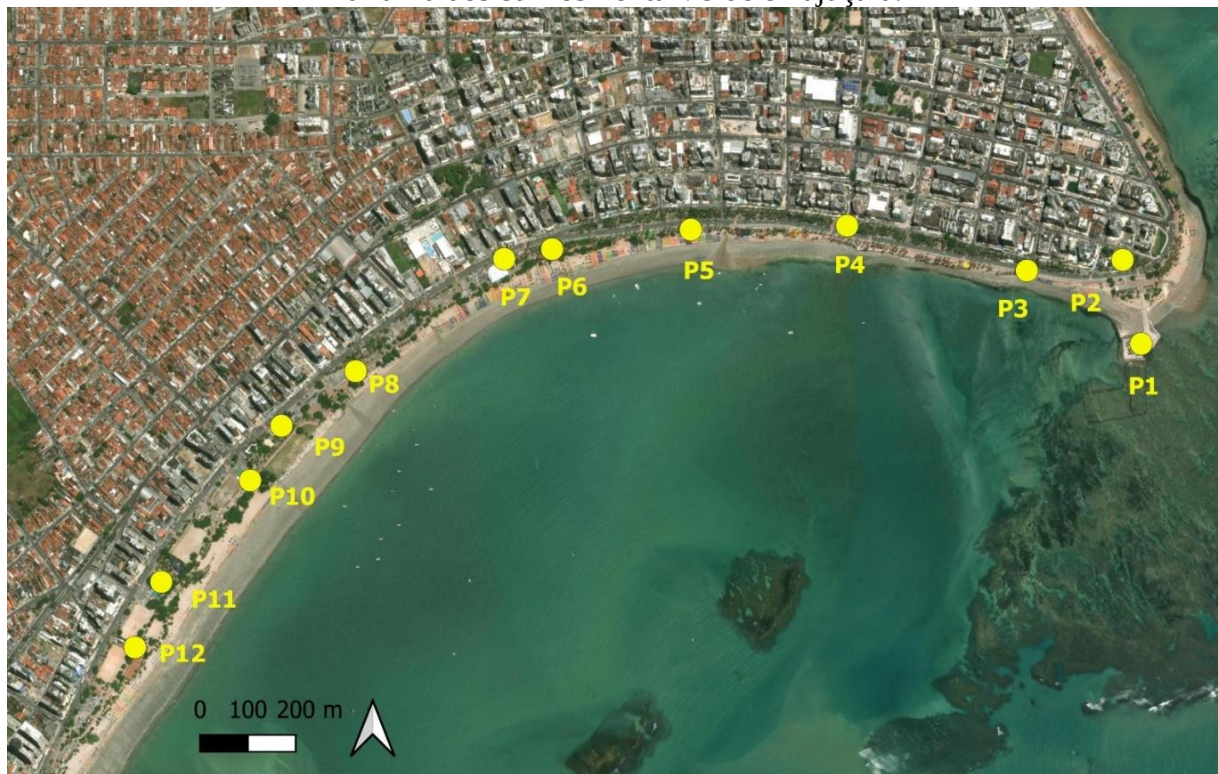
Fonte: Grupo de Estudos do Ambiente Sonoro, 2023.

Além dos diversos usos presentes na área em estudo, as referidas orlas marítimas apresentam mudanças na paisagem ao longo da semana. Um exemplo disso, vale citar que aos domingos, mais precisamente ao longo da Av. Silvio Viana, costuma ser fechada para o acesso de veículos, se tornando um espaço para atividades recreativas da população.

3.1.3 Definição dos pontos/localizações para realização das caminhadas sonoras

Para coleta dos dados de paisagem sonora, foram definidos pontos/localizações, tendo em vista a presença de elementos marcantes e funções relevantes para a área, espaços de recreação, de lazer, elementos vegetados, monumentos, entre outros. No total, foram selecionados 12 pontos/localizações (Figura 18 e no Quadro 8).

Figura 18: Mapa com os pontos/localizações selecionados do recorte em estudo, da orla marítima dos bairros Ponta Verde e Pajuçara.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Quadro 8: Imagens panorâmicas e descrição dos pontos/localizações selecionados do recorte em estudo, da orla marítima dos bairros Ponta Verde e Pajuçara.

P1 – Marco dos Corais	 Intervenção urbana, inaugurada em junho de 2022, construída no local do antigo Alagoinhas. Semelhante a uma praça dentro do mar, destinada à contemplação do mar e busca incentivar a conscientização ambiental sobre a importância dos corais da costa litorânea.
P2 – Praça Gogó da Ema	 Praça construída em homenagem ao símbolo histórico Gogó da Ema, que foi um coqueiro que apresentava um formato de caule torto.
P3 – Totem "Eu amo Maceió"	 Letreiro de concreto colorido, que constantemente tem a função de servir de pano de fundo para fotografias turísticas, situado à beira-mar da Ponta Verde.
P4 – Cadeira Gigante	 Trata-se de um monumento, uma réplica de uma cadeira de praia gigante.
P5 – Entre bares Lopana e Kanoa	 Situado entre os dois dos principais bares à beira-mar da cidade, onde é possível observar práticas esportivas na faixa de areia, como o voleibol de praia e presença de pessoas sentadas em cadeiras na faixa de areia.

P6 – Parquinho Infantil	 Localizado próximo à antiga barraca de revistas 7 Coqueiros, possui brinquedos em madeira e é destinado à recreação infantil.
P7 – Feirinha do Artesanato da Pajuçara	 Apresenta um espaço coberto, com lojas de artesanato, além da parte externa, na frente, com bancos para sentar, além da presença de alguns vendedores ambulantes, e na lateral, bancos para sentar em torno de coqueiros.
P8 – Skate Park Pajuçara	 Espaço destinado à prática de skate, localizado próximo à Balança do Peixe da Pajuçara.
P9 – Parquinho Ecológico	 Espaço infantil de recreação, composto por brinquedos em madeira de reflorestamento.
P10 – Praça Multieventos	 Espaço amplo, com a função de abrigar eventos e feiras temáticas. A partir do primeiro semestre de 2024 foi iniciada uma obra da Prefeitura Municipal no local, onde será construída uma roda gigante.

P11 – Memorial Teotônio Vilela	 Equipamento cultural construído para homenagear Teotônio Vilela, um político alagoano. Na parte externa, apresenta uma escultura do político, disposta em um elemento arquitetônico.
P12 – Quadra de Areia da Pajuçara	 Espaço destinado às práticas esportivas.

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Os mapas das caminhadas sonoras, com a representação dos pontos percorridos foram produzidos com base em imagens de satélite disponibilizadas pela *ESRI SATELLITE*, no aplicativo livre QGIS, versão 3.10 (QGIS Development Team, 2010).

Nesta etapa de caracterização do recorte urbano selecionado, foram realizadas visitas com o intuito de observar o local, os sons, a presença das pessoas, os usos, as atividades, entre outros aspectos. A observação foi importante para definição dos pontos representativos para realização das coletas de dados. Vale destacar que Mitchell *et al.* (2020) reforçam a importância de selecionar os pontos de medição de maneira apropriada, com a preocupação de assegurar que os fatores contextuais representativos do local sejam considerados. Nessas visitas, foram realizados registros fotográficos e audiovisuais com auxílio de câmera modelo GoPro Max 360²⁸, que possui recursos de captura de vídeo 360° e áudio espacial, apoiada em tripé, com altura de 1,6 m, que corresponde à altura média dos olhos humanos (Figura 19).

²⁸ Equipamento adquirido pela pesquisadora com recursos próprios.

Figura 19: Câmera 360° apoiada em tripé.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

3.2 DEFINIÇÃO DOS DESCRITORES E INDICADORES DE PAISAGEM SONORA

Conforme discutido no capítulo anterior, o processo de avaliação e modelagem de paisagem sonora inicia-se com a seleção dos descritores. Na presente tese, a definição dos descritores foi determinada em função da aplicação do questionário proposto, baseado principalmente nos métodos A e B, sugeridos pela ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018).

A definição dos descritores impacta na escolha dos indicadores a serem coletados, além disso, corresponde à etapa que antecede a coleta de dados nos estudos de paisagens sonoras. Os descritores selecionados se encontram no Quadro 9, a seguir. As análises das respostas dos participantes a algumas perguntas do questionário auxiliaram na construção dos descritores de paisagem sonora, ou seja, as perguntas originadas dos métodos A e B estão relacionadas aos seus respectivos descritores.

Quadro 9: Descritores de paisagem sonora selecionados.

DESCRITORES	MÉTODO DA ISO/TS 12913-2	INFORMAÇÕES
Agradabilidade	A	PERGUNTA A2
Agitação		PERGUNTA A2
Animação		PERGUNTA A2
Tranquilidade		PERGUNTA A2
Avaliação do ambiente sonoro		PERGUNTA A3
Adequação		PERGUNTA A4
Barulhento	B	PERGUNTA B1
Desagradabilidade		PERGUNTA B1

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Os descritores *agradabilidade*, *agitação*, *animação* e *tranquilidade*, foram extraídos do modelo de qualidade afetiva percebida, presente no método A. O descritor *avaliação do ambiente sonoro* deriva da pergunta relativa à descrição do ambiente sonoro pelos participantes, baseado em uma escala de cinco pontos que varia entre *muito bom* a *muito ruim*. O descritor *adequação* é resultante da pergunta na qual os participantes são indagados quanto ao grau de adequação do ambiente sonoro ao presente local, considerando uma escala de cinco pontos, que varia entre *nem um pouco* a *completamente*. Os descritores associados ao método B são: *barulhento* e *desagradabilidade*.

Em relação à seleção dos indicadores, foram considerados indicadores acústicos, sociodemográficos, informações de localização, condições ambientais e aspectos visuais (Quadro 10). A maior parte dos indicadores selecionados são perceptuais, e dizem respeito às informações coletados por meio do questionário.

Quadro 10: Indicadores selecionados.

INDICADORES	TÉCNICA
Informações perceptuais acerca do ambiente sonoro	Questionário
Informações perceptuais acerca dos aspectos visuais	
Informações de localização, coordenada geográfica GPS	
Informações sociodemográficas	
Níveis sonoros: L_{Aeq} , L_{A10} , L_{A50} , L_{A90} , L_{AFmax} , L_{AFmin} , L_C	Medição <i>in situ</i>
Condições ambientais e climáticas: temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento	

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Embora alguns trabalhos em paisagens sonoras considerem os parâmetros psicoacústicos, nesta tese, não foi possível coletar tais indicadores, visto que para obtenção desses dados é necessária a utilização de equipamentos específicos para captura e gravação binaurais, recursos aos quais não foi possível o acesso.

3.3 ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Para realização desta etapa, foram considerados os questionários contidos na ISO/TS 12913-2, para aplicação em caminhadas sonoras. O objetivo do questionário consiste em investigar como as pessoas percebem o ambiente acústico (ISO, 2018).

Vale ressaltar que os questionários disponíveis na ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018) não possuem tradução oficial para a língua portuguesa, portanto, nesta tese, a tradução foi realizada com base na experiência de pesquisa relacionada à paisagem sonora, além de trabalhos de pesquisadores nacionais, que serão destacados a seguir. Houve preocupação quanto à linguagem utilizada no questionário, a fim de tornar mais compreensível ao público.

O questionário aplicado na coleta de dados tem estrutura básica conforme a ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), com junção das perguntas dos métodos A e B, que no total apresenta 16 perguntas (Quadro 11). A elaboração de um questionário misto (método A + método B) consiste em uma das recomendações apontadas nos estudos de Aletta *et al.* (2019) e Jo e Jeon (2021a), que indicam a utilização de métodos combinados, de maneira complementar.

Quadro 11: Estrutura do questionário desenvolvido.

CATEGORIA	PERGUNTA	ITENS	ESCALA/TIPO DE RESPOSTA
Sócio-demográfica	SD1 Qual a sua idade?	Questão aberta	
	SD2 Qual o seu gênero?		- Feminino - Masculino - outro
	SD3 Qual a sua ocupação?		- Empregado - Desempregado - Aposentado - Estudante - outro
	SD4 Qual o seu maior nível escolar?		- Sem instrução formal - Primário/fundamental completo - Primário/fundamental incompleto - Secundário/ensino médio completo - Secundário/ensino médio incompleto - Superior completo - Superior incompleto - Pós-graduação
	SD5 Você possui algum tipo de deficiência auditiva?		- Sim - Não
	SD6 Você se considera:		- Moro em Maceió - Sou turista - Outro: _____
	SD7 Se mora em Maceió, qual bairro?		- Ponta Verde - Pajuçara - Jatúca - Outro: _____
	SD8 Há quanto tempo você está neste local?		0 - 15min 15 - 30min 30 - 45min 45 - 60min - Mais de 60min
	SD9 Motivo pelo qual está neste local:		- Lazer - Atividade física - Trabalho - Outro: _____
Identificação das fontes sonoras	A1 Atualmente, até que ponto você ouve neste local os tipos de som a seguir? Por favor, assinale uma alternativa de resposta por fonte sonora	- Ruído de trânsito - Sons de buzina - Vendedores ambulantes - Carros de som - Máquinas - Pessoas conversando - Pessoas praticando esportes - Crianças a brincar - Música - Canto de pássaros - Cães latindo - Som de água/mar - Som do vento - Som do vento na vegetação	- Não ouço - Ouço pouco - Ouço moderadamente - Ouço muito - Completamente dominante
Qualidade afetiva percebida	A2 Quanto você concorda ou discorda que o ambiente sonoro circundante é: Por favor, assinale uma alternativa de resposta por item.	- agradável/prazeroso - caótico - animado - sem acontecimentos/estático - tranquilo/calmo - irritante/desagradável - agitado/movimentado - monótono	- Concordo totalmente - Concordo - Não concordo, nem discordo - Discordo - Discordo totalmente
Avaliação do ambiente sonoro	A3 Em geral, como você descreve o atual ambiente sonoro?		- Muito bom - Bom - Nem bom, nem ruim - Ruim - Muito ruim
Adequação do ambiente sonoro	A4 Em geral, até que ponto o atual ambiente sonoro é adequado ao presente local?		- Nem um pouco - Ligeiramente - Moderadamente - Muito - Completamente
Avaliação do ambiente sonoro	B1 Você considera que o ambiente sonoro é:	- Barulhento - Desagradável	- Nem um pouco - Ligeiramente - Moderadamente - Muito - Completamente
	B2 Com que frequência você gostaria de visitar este local novamente?		- Nunca - Raramente - Às vezes - Frequentemente - Muito frequentemente
Aspectos visuais	V1 Atualmente, até que ponto você vê os seguintes elementos visuais? Por favor, assinale uma alternativa de resposta por item.	- Veículo - Edificação - Monumento - Estrada - Vegetação - Pessoas - Céu - Mar	- Nem um pouco - Ligeiramente - Moderadamente - Muito - Completamente

Fonte: Elaboração própria, 2022.

As perguntas sociodemográficas, representadas como categoria SD no Quadro 11, têm a finalidade de caracterizar a amostra dos participantes envolvidos no estudo, atendendo à recomendação contida na ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), com obtenção de informações relacionadas à idade, gênero, ocupação, nível escolar, se é residente no local ou não, se apresentam algum tipo de deficiência auditiva, entre outros aspectos. Como maneira de possibilitar a divulgação dos resultados da pesquisa aos participantes, foi necessário acrescentar um campo para preenchimento do *e-mail*, porém, é importante lembrar que os participantes podem se abster de responder alguma pergunta contida no questionário.

As perguntas provenientes do método A (ISO, 2018) estão identificadas como A1, A2, A3 e A4 no Quadro 11. A pergunta A1 visa a identificação das fontes sonoras presentes no local no momento da aplicação do questionário e o grau de predominância das fontes, com a pergunta: “*Atualmente, até que ponto você ouve neste local os tipos de sons a seguir?*”, que foi traduzida da versão em inglês: “*To what extend do you presently hear the following four types of sounds?*”. Durante a elaboração do questionário, nesta pergunta, optou-se em apresentar a listagem das fontes sonoras de modo distinto à estrutura original apresentada na ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), que divide as fontes sonoras apenas em quatro tipos e dentro de cada um dos tipos, são citados exemplos de fontes sonoras: sons de trânsito (*Traffic noise (eg., cars, buses, trains, air planes)*), outros sons (*Other noise (Eg., Sirens, construction, industry, loading of goods)*), sons humanos (*Sounds from human beings (Eg., conversation, laughter, children at play, footsteps)*) e sons naturais (*Natural sounds (Eg., singing birds, flowing water, Wind in vegetation)*). Com o intuito de favorecer a identificação da fonte sonora de maneira mais direta pelo público respondente, adotou-se para a presente proposta, a listagem mais segmentada, o que consequentemente auxilia na obtenção de respostas mais diretas e específicas. De acordo com a observação de cada tipo de fonte sonora listada, o participante deve assinalar uma alternativa para cada tipo de fonte sonora, considerando uma escala de cinco pontos²⁹.

No método B da ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), há uma pergunta que visa o reconhecimento e listagem das fontes sonoras presentes no local pelos participantes. Trata-se de uma pergunta aberta presente na parte 2 do método B. Nesta tese, optou-se por suprimir tal pergunta, visto que possui finalidade semelhante à pergunta A1 (Quadro 11), mencionada anteriormente.

²⁹ Não ouço (*not at all*), ouço pouco (*a little*), ouço moderadamente (*moderately*), ouço muito (*a lot*) e completamente dominante (*dominates completely*).

A pergunta A2 (Quadro 11), “*Quanto você concorda ou discorda que o ambiente sonoro circundante é*”, está relacionada à qualidade afetiva percebida, e foi traduzida com base na versão na língua inglesa: “*What extend do you agree or disagree that the present surrounding sound environment is...*”. Cada participante assinala, considerando uma escala de cinco pontos³⁰, o quão concorda ou discorda em relação às dimensões perceptuais da paisagem sonora: agradável/prazeroso (*pleasant*), caótico (*chaotic*), animado (*vibrant*), sem acontecimentos/estático (*uneventful*), tranquilo/calmo (*calm*), irritante/desagradável (*annoying*), agitado/movimentado (*eventful*), monótono (*monotonous*). As traduções dos termos relacionados às dimensões perceptuais, para a língua portuguesa foram baseadas nos trabalhos de Antunes *et al.* (2021) e Antunes *et al.* (2023).

A pergunta A3 (Quadro 11), “*Em geral, como você descreve o atual ambiente sonoro?*”, sendo a versão em inglês: “*Overall, how would you describe the presente surrounding sound environment?*”, tem o intuito de avaliar o ambiente sonoro circundante, de maneira que o participante responde diante de uma escala de cinco pontos³¹. A pergunta A4 “*Em geral, até que ponto o atual ambiente sonoro é adequado ao presente local?*”, em inglês: “*Overall, to what extend is the present surrounding sound environment appropriate to the presente place?*”, busca entender até que ponto o atual ambiente sonoro é adequado ao presente local, considerando uma escala de cinco pontos³² que varia entre *nem um pouco a completamente*.

As perguntas originadas do método B (ISO, 2018) estão identificadas com as siglas B1 e B2, ambas referentes à avaliação do ambiente sonoro (Quadro 11). A pergunta B1 é resultante da junção da primeira e segunda pergunta do método B da ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), visto que eram duas perguntas que apresentavam a estrutura original semelhante, com variação apenas dos termos principais. A primeira indagação está relacionada a quão barulhento (em inglês, “*How loud is it here?*”). Vale frisar que o termo “*loud*”, utilizado na normativa em questão, poderia se referir à quão alto o som é ao local, no entanto, preferiu-se utilizar o termo barulhento, a fim de facilitar o entendimento pelos participantes da pesquisa, tendo em vista que um som alto ou baixo pode remeter às frequências sonoras, ou seja, se os sons são graves ou agudos. A segunda indagação da pergunta B1 se refere a quão desagradável (em inglês,

³⁰ Concordo totalmente (*strongly agree*), concordo (*agree*), não concordo, nem discordo (*neither agree, nor disagree*), discordo (*disagree*) e discordo totalmente (*strongly disagree*).

³¹ Muito bom (*very good*), bom (*good*), nem bom, nem ruim (*neither good, nor bad*), ruim (*bad*) e muito ruim (*very bad*).

³² Nem um pouco (*not at all*), ligeiramente (*slightly*), moderadamente (*moderately*), muito (*very*) e completamente (*perfectly*).

“*How unpleasant is it here?*”). A junção em questão resultou na indagação B1: “*Você considera que esse ambiente sonoro é:*”, e em seguida, são listados os dois termos: “*Barulhento*” e “*Desagradável*”, para que o respondente marque a sua impressão dentro da escala de cinco pontos³³ que varia entre *nem um pouco* a *completamente*.

A pergunta B2 (Quadro 11), que em inglês é: “*How often would you like to visit this place again?*”, foi traduzida para: “*Com que frequência você gostaria de visitar este local novamente?*”. Nesta pergunta (B2), o participante marca a sua impressão do local dentro da escala de cinco pontos³⁴ que varia entre *nunca* a *muito frequentemente*.

Observou-se que as perguntas do método A e B da ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018) relacionadas à adequação do ambiente sonoro ao local são similares. Nesse sentido, optou-se em suprimir tal pergunta no questionário da presente pesquisa, visto que a pergunta A4 (Quadro 11), proveniente do método A, contempla a questão da adequação do ambiente sonoro.

A pergunta V1 (Quadro 11) do questionário proposto se refere aos aspectos visuais e foi baseada em uma das perguntas do questionário aplicado na pesquisa de Tan *et al.* (2022), que investigou as correlações existentes entre a paisagem sonora e a paisagem visual. Nesse sentido, os indivíduos são questionados da seguinte forma: “*Atualmente, até que ponto você vê os seguintes elementos visuais?*”, e posteriormente, são listados os elementos visuais: veículo, edificação, monumento, estrada, vegetação, pessoas, céu e mar. Considerando uma escala de cinco pontos³⁵, os respondentes podem assinalar a resposta referente a cada elemento visual que estão visualizando no momento da aplicação do questionário.

3.4 SUBMISSÃO AO COMITÊ DE ÉTICA

Uma vez elaborado o questionário e definidos os protocolos de coleta de dados, a pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Alagoas, seguindo a Resolução Nacional nº 510/2016 (BRASIL,

³³ Nem um pouco (*not at all*), ligeiramente (*slightly*), moderadamente (*moderately*), muito (*very*) e completamente (*perfectly*).

³⁴ Nunca (*never*), raramente (*rarely*), às vezes (*sometimes*), frequentemente (*often*) e muito frequentemente (*very often*).

³⁵ Nem um pouco (*not at all*), ligeiramente (*slightly*), moderadamente (*moderately*), muito (*very*) e completamente (*perfectly*).

2016), CAAE 58753122.6.0000.5013. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pode ser conferido no Apêndice 1.

3.5 PROCESSO DE COLETA DE DADOS

Uma vez definidos os descritores e indicadores, iniciou-se a coleta de dados de paisagem sonora. Para cumprimento da etapa em questão, foi seguida, principalmente, a ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), que apresenta os procedimentos e requisitos para coleta de dados, com foco na aplicação de questionários, com aplicação das caminhadas sonoras e de medições *in situ*.

3.5.1 Realização de caminhadas sonoras

A principal fonte de obtenção de dados da presente pesquisa provém das caminhadas sonoras, visto que a ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018) indica sua aplicação. Por intermédio da caminhada sonora é possível obter respostas humanas em relação ao ambiente acústico, com a realização de uma trilha em torno de uma área ou rota, de maneira que ao término do experimento ou de alguns pontos/localizações, os participantes respondem individualmente um questionário.

Por meio da caminhada sonora, é possível reunir um grupo de pessoas que estão dispostas a participar da pesquisa, de modo que a maior vantagem em utilizar este experimento se deve ao fato de que todos os participantes vivenciam a experiência simultaneamente.

No processo de planejamento do experimento, foi necessário elaborar um roteiro. Inicialmente, havia a necessidade de informar aos participantes sobre o ponto/localização de encontro, bem como solicitar que levassem pranchetas portáteis para melhor apoiar o questionário, a ser disponibilizado de modo impresso em papel. Após chegada dos participantes no ponto de encontro, realizou-se uma breve explicação acerca da experiência, dos questionários e Termos de Consentimento. Cada grupo era conduzido a percorrer o trajeto, parando nos pontos/locais previamente estabelecidos. Em cada ponto, os participantes eram orientados a ouvir o ambiente acústico em silêncio e preencher o questionário.

Para formação dos grupos de participantes das caminhadas sonoras, foi estabelecida a parceria com algumas disciplinas do curso de Arquitetura e Urbanismo e de Design da Universidade Federal de Alagoas, do campus A.C. Simões, Maceió, Alagoas, o que fortalece

ações conjuntas da pós-graduação e graduação. Além disso, foram realizadas caminhadas sonoras com participantes mais heterogêneos no que se refere à idade, ocupação e local de moradia.

Durante os experimentos de caminhadas sonoras, foram realizadas medições acústicas e ambientais simultaneamente à aplicação dos questionários em cada um dos pontos selecionados, com uso de equipamentos específicos, a fim de coletar dados relativos aos indicadores selecionados.

Ao longo do processo de desenvolvimento inicial da tese, iniciada em 2020, por se tratar de um estudo de paisagem sonora, com a necessidade de coleta de dados, preferencialmente em campo e em contato com os indivíduos que utilizam os espaços públicos, a situação pandêmica de COVID-19³⁶ foi uma inquietação marcante. Nesse contexto, foi idealizado o questionário *online*, com a intenção de desenvolver maneiras alternativas para coleta de dados, em função das possíveis dificuldades no acesso aos espaços e pessoas.

Nos primeiros experimentos de caminhada sonora realizados, o questionário *online* costumava ser aplicado de maneira complementar ao público participante do experimento, de preferência, alguns dias após a realização dos experimentos, contendo perguntas adaptadas e voltadas a uma amostra audiovisual em 360° capturada em um dos pontos/loais da área em estudo. Com a reabertura dos espaços urbanos e o fim da pandemia por COVID-19, optou-se em não prosseguir com o questionário *online* e concentrar os esforços na coleta de dados em campo, com a aplicação da caminhada sonora. Além disso, a aplicação dos questionários *online* foi descontinuada em função das dificuldades envolvidas no processo de padronização na reprodução das amostras audiovisuais por parte do público participante da pesquisa, o que escapa ao domínio da pesquisadora.

As sessões de coleta de dados *in situ*, com aplicação do questionário individualmente, tendo como público respondente os usuários presentes no local, foram realizadas durante os meses de julho e agosto de 2022. A cada participação humana, medições eram realizadas simultaneamente durante o processo de aplicação do questionário. As referidas experiências foram de difícil realização, visto que houve baixa aceitação em participar da pesquisa, com inúmeras recusas, resultando apenas por volta de 25 participações, em diferentes dias.

³⁶ A pandemia de COVID-19 esteve vigente, oficialmente de 11 de março de 2020 a 05 de maio de 2023, segundo publicação da Organização Mundial de Saúde (OMS).

3.5.2 Medições *in situ*

As medições acústicas e ambientais foram realizadas de modo concomitante à aplicação do questionário durante a realização da caminhada sonora *in situ*, em cada um dos pontos/localizações do percurso. Os dados coletados das respostas individuais de cada respondente foram correlacionados aos dados coletados nas medições, processo que auxilia a construção dos modelos preditivos de paisagem sonora.

As medições acústicas foram realizadas de acordo com as recomendações contidas na ABNT NBR 10151 (ABNT, 2019), com auxílio do sonômetro da marca Brüel & Kjær, modelo 2270, equipamento disponibilizado pelo Grupo de Estudos do Ambiente Sonoro (GEAS), da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas. Este equipamento é classificado como classe 1 de precisão, sendo posicionado a 1,6 m do piso, apoiado em tripé, de acordo com recomendações contidas na referência normativa mencionada. Foi utilizado o protetor de vento, acoplado ao aparelho, atendendo à exigência da referida norma, por se tratar em medições de ambientes externos.

Nos experimentos de caminhada sonora, medições acústicas foram realizadas com duração de 2 minutos para cada um dos pontos/localizações pré-determinados do percurso, o que corresponde ao período de observação do ambiente acústico, antes dos participantes preencherem o questionário. O período estipulado de 2 minutos corresponde ao procedimento definido no protocolo desenvolvido por Mitchell *et al.* (2020) e já utilizado no projeto *Soundscape Indices (SSID)* (European Research Council, 2018). De modo simultâneo, em cada um dos pontos de parada, foram coletados dados relativos aos níveis sonoros e dados ambientais.

Os níveis de pressão sonora coletados consistem nos indicadores objetivos, com obtenção do nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A (L_{Aeq}) e percentis aos quais os níveis de pressão sonora são excedidos em 10%, 50% e 90% do período de medição, com a ponderação de frequência A, L_{A10} , L_{A50} e L_{A90} , respectivamente. Foram coletados os níveis L_{AFmax} , L_{AFmin} e L_C .

Em cada um dos pontos/localizações do percurso das caminhadas sonoras, são coletadas as coordenadas geográficas GPS, com o intuito de ter uma maior precisão em relação à localização geográfica, bem como auxiliar no possível mapeamento espacial dos resultados da avaliação, além de auxiliar no processo de elaboração dos mapas no *software* QGIS (QGIS Development Team, 2010).

Os dados ambientais, a citar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento foram coletados por 10 segundos em cada um dos pontos/localizações percorridos na caminhada sonora durante os momentos de escuta.

Os dados de temperatura do ar (em graus Celsius, °C) e umidade relativa do ar (em %) foram coletados com o uso do *datalogger* da marca Elitech, modelo GSP-8, equipamento cedido pelo Laboratório de Conforto Ambiental, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas. Os dados de velocidade do vento (em m/s) foram obtidos com auxílio do Termo-higrônômetro-luxímetro digital da marca Akson, modelo LM 8000³⁷.

3.5.3 Experimentos realizados

Ao longo do ano de 2022 e de 2023 foram realizadas caminhadas sonoras nas seguintes datas:

- 27 de abril de 2022;
- 25 de julho de 2022;
- 03 de setembro de 2022;
- 26 de abril de 2023;
- 20 de setembro de 2023;
- 24 de fevereiro de 2024;
- 16 de março de 2024.

Foi realizada uma caminhada sonora “piloto” com a turma de Conforto Ambiental da graduação em Design da Universidade Federal de Alagoas, na manhã do dia 27 de abril de 2022, uma quarta-feira (Figura 20 e

Figura 21). O experimento contou com ações voltadas para o Dia Internacional e Conscientização sobre o Ruído – INAD Brasil. Os participantes, total de 12 alunos, juntamente com as pesquisadoras, percorreram um trecho de cerca de 1,5 km da orla de Ponta Verde, partindo da Praça Gogó da Ema até a finalização na Feirinha do Artesanato, no bairro de Pajuçara (

³⁷ Equipamento adquirido pela pesquisadora com recursos próprios.

Figura 21), com seis pontos de medição/avaliação. Em cada ponto/localização, os alunos foram convidados a responderem o questionário. Além disso, foram realizadas gravações audiovisuais em 360°, registros em fotografias e medições de níveis sonoros.

Figura 20: Material de divulgação para o evento da caminhada sonora “piloto”.



Fonte: Elaboração própria, 2022.

Figura 21: Imagens a primeira caminhada sonora “piloto”.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Ressalta-se que os dados coletados no questionário da caminhada sonora experimental não foram tratados ou publicados, pois a intenção foi a realização de atividade junto aos alunos

graduandos, contando como uma experiência de observação do ambiente urbano. Por meio da aplicação dos questionários, foi possível testar e verificar se a estrutura e perguntas estavam compreensíveis.

O tratamento dos dados coletados iniciou-se com o processo de digitalização e tabulação dos questionários e das informações obtidas por meio das medições acústicas e ambientais. Nesta etapa, realizou-se a verificação de consistência de dados, eliminando amostra de dados incompletas. Todas as informações coletadas foram organizadas em arquivos no formato de planilhas eletrônicas, a fim de permitir a leitura na plataforma *python*, utilizada para desenvolvimento dos modelos preditivos. Os dados coletados, que consistem nos indicadores, foram rotulados de acordo com nomenclaturas exibidas na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1: Nomenclatura das siglas adotadas para os indicadores.

INDICADOR	NOMENCLATURA
Identificação de fonte sonora biofônica	FsBio
Identificação de fonte sonora geofônica	FsGeo
Identificação de fonte sonora humana	FsHum
Identificação de fonte sonora mecânica	FsMec
Identificação de fonte sonora ruído de tráfego	FsTraf
Visualização de vegetação	Vis_Veg
Visualização de veículos	Vis_Veic
Visualização do mar	Vis_Mar
Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A	L_{Aeq}
Nível de pressão sonora ponderado em A e excedido em 10% do tempo	L_{A10}
Nível de pressão sonora ponderado em A e excedido em 50% do tempo	L_{A50}
Nível de pressão sonora ponderado em A e excedido em 90% do tempo	L_{A90}
Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em C	L_C
Nível máximo de pressão sonora ponderada em A e em F	$L_{A_{fmax}}$
Nível mínimo de pressão sonora ponderada em A e em F	$L_{A_{fmin}}$
Temperatura do ar	Temp
Umidade relativa do ar	Hum
Velocidade do vento	Vento

Fonte: Elaboração própria, 2022.

3.6 PROCESSO DE CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE ACÚSTICO

Para caracterização do ambiente acústico, foram reunidas, processadas e analisadas as informações coletadas por meio do questionário aplicado durante as caminhadas sonoras e das medições *in situ*, de forma a reunir as informações específicas de cada ponto/localização dos ambientes acústicos. A análise dos dados coletados seguiu basicamente as diretrizes propostas pela ISO/TS 12913-3 (ISO, 2019), sendo complementada por metodologia própria desenvolvida na corrente tese. A caracterização do ambiente acústico busca abordar os seguintes itens:

- Caracterização do perfil dos participantes;
- Identificação das fontes sonoras;
- Qualidade afetiva percebida;
- Avaliação do ambiente sonoro:
 - Descrição do ambiente sonoro quanto à qualidade;
- Adequação do ambiente sonoro;
- Avaliação do ambiente sonoro:
 - Barulhento;
 - Desagradável;
 - Frequência com que o participante gostaria de visitar o local novamente.
- Aspectos visuais;
- Dados ambientais e acústicos objetivos.

Para apontamento das informações acerca da caracterização do ambiente sonoro, foram seguidas as diretrizes contidas no Anexo A da ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), que orienta o registro das condições climáticas e de vento, com base na observação e medições, fontes sonoras presentes no local, respostas dos participantes da pesquisa, pontos e resultados das medições acústicas e ambientais e informações relacionadas à caracterização do perfil dos participantes, além de informações relacionadas à seleção e classificação dos participantes, distribuição de idade e gênero, se são residentes no local e capacidade auditiva.

A **caracterização do perfil dos participantes**, considera como base as perguntas do questionário SD1 a SD9, com apresentação da distribuição de idade e gênero, se são residentes nos bairros em estudo e a capacidade auditiva.

A **identificação das fontes sonoras** segue as diretrizes propostas pela ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), Método A, para coleta das informações, e ISO/TS 12913-3 (ISO, 2019), para análise das informações. Os dados das fontes sonoras são apresentados considerando cada ponto/localização da caminhada sonora, com histogramas a fim de ilustrar os resultados de cada uma das fontes sonoras listadas no questionário. Com a finalidade de auxiliar no processo de análise das fontes sonoras, foi adotada a categorização apresentada no trabalho de Tan *et al.* (2022), no qual há a classificação dos sons: humanos, de tráfego, mecânico, biofônico e geofônico. Dessa forma, no processo de análise para caracterização do ambiente sonoro, as fontes sonoras listadas na pergunta A1 do questionário seguem o seguinte agrupamento:

- Humano: vendedores ambulantes, carros de som³⁸, pessoas conversando, pessoas praticando esportes, crianças a brincar, música;
- Tráfego: ruído de trânsito, sons de buzina;
- Mecânico: máquinas;
- Biofônico: canto de pássaros, cães latindo;
- Geofônico: som de água/mar, som de vento, som de vento na vegetação.

Para análise dos dados relacionados à identificação das fontes sonoras, é considerado o seguinte intervalo de respostas dos participantes: Não ouço = 1; Ouço pouco = 2; Ouço moderadamente = 3; Ouço muito = 4; Completamente dominante = 5. As respostas dos participantes são processadas e para cada ponto/localização, são computados os valores medianos da amostra.

A **qualidade afetiva percebida** é proveniente do Método A presente na ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018). As informações coletadas por meio da pergunta A2 do questionário são processadas para cada atributo da paisagem sonora de acordo a seguinte pontuação: Concordo totalmente = 5; Concordo = 4; Não concordo, nem discordo = 3; Discordo = 2, Discordo totalmente = 1. Para construção do gráfico bidimensional de Qualidade afetiva percebida, os dados são processados, extraindo-se a mediana, e na sequência, faz-se uso das equações 1 e 2, descritas na seção 2.6.2 Qualidade afetiva percebida.

³⁸ Embora a fonte sonora proveniente de carros de som não esteja na lista de classificação proposta por Tan *et al.* (2022), na presente tese, a referida fonte sonora foi enquadrada como fonte sonora humana, visto que se aproxima da música e da voz humana.

No item **avaliação do ambiente sonoro**, é tomado como base a pergunta A3, que por sua vez foi baseada no método A presente na ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018). Nesta pergunta, os participantes descrevem o ambiente sonoro conforme a escala de 1 a 5, sendo atribuídos os valores: Muito bom = 5; Bom = 4; Nem bom, nem ruim = 3; Ruim = 2; Muito ruim = 1. Para análise dos dados obtidos, todas as respostas dos participantes são processadas, sendo computada a mediana do conjunto de dados para avaliação de cada ponto/localização da caminhada sonora.

A **adequação do ambiente sonoro** é obtida por meio da análise da pergunta A4 do questionário. Os participantes julgam a adequação do ambiente sonoro em relação à escala que apresenta a seguinte pontuação: Nem um pouco = 1; Ligeiramente = 2; Moderadamente = 3; Muito = 4; Completamente = 5. Os dados coletados são tratados, sendo calculada a mediana para cada ponto/localização da caminhada sonora.

No quesito **avaliação do ambiente sonoro** de acordo com o método B, são consideradas as respostas dos participantes às perguntas B1 (**barulhento e desagradável**) e B2 (**frequência com que cada participante gostaria de visitar o local novamente**). A escala e pontuação adotadas para avaliação das perguntas contidas em B1: Nem um pouco = 1; Ligeiramente = 2; Moderadamente = 3; Muito = 4; Completamente = 5. Em relação à pergunta B2, a pontuação é a seguinte: Nunca = 1; Raramente = 2; Às vezes = 3; Frequentemente = 4; Muito frequentemente = 5. As análises das referidas perguntas são realizadas conforme a média aritmética, em função de cada ponto/localização da caminhada sonora.

Os **aspectos visuais** são contemplados por meio da pergunta V1 do questionário, na qual os participantes são interrogados a respeito da visualização de alguns elementos urbanos. Vale lembrar que a abordagem dos aspectos visuais no questionário segue o trabalho desenvolvido por Tan *et al.* (2022). As respostas são contabilizadas conforme as pontuações: Nem um pouco = 1; Ligeiramente = 2; Moderadamente = 3; Muito = 4; Completamente = 5. Em seguida, as análises são realizadas a partir da média dos valores das respostas, tendo em vista cada ponto/localização do experimento.

Os **dados acústicos e ambientais objetivos** obtidos com auxílio das medições *in situ* foram apresentados, com a respectiva análise das possíveis relações com os resultados alcançados quanto aos demais aspectos perceptivos tratados na caracterização do ambiente acústico.

Análises complementares foram propostas na corrente tese, com a finalidade de obter caracterizações mais completas dos ambientes, a exemplo das possíveis relações existentes entre os aspectos estudados, cruzamento entre os resultados da avaliação do ambiente sonoro com a identificação das fontes sonoras, bem como a adequação do ambiente sonoro ao local. As avaliações quanto aos itens “barulhento” e “desagradável” também foram apresentadas e relacionadas quanto à frequência com que o participante gostaria de visitar o local novamente.

3.7 DESENVOLVIMENTO DE MODELOS PREDITIVOS DE PAISAGEM SONORA

Para o desenvolvimento dos modelos preditivos, inicialmente, avalia-se a relevância dos indicadores e descritores por meio do estudo das correlações entre as variáveis, seguido do processo de construção dos modelos preditivos lineares e não lineares.

Foram empregados códigos computacionais disponibilizados pelo Laboratório de Computação Científica e Visualização da Universidade Federal de Alagoas (LCCV), em linguagem de programação *python*, com interface *Jupyter*³⁹.

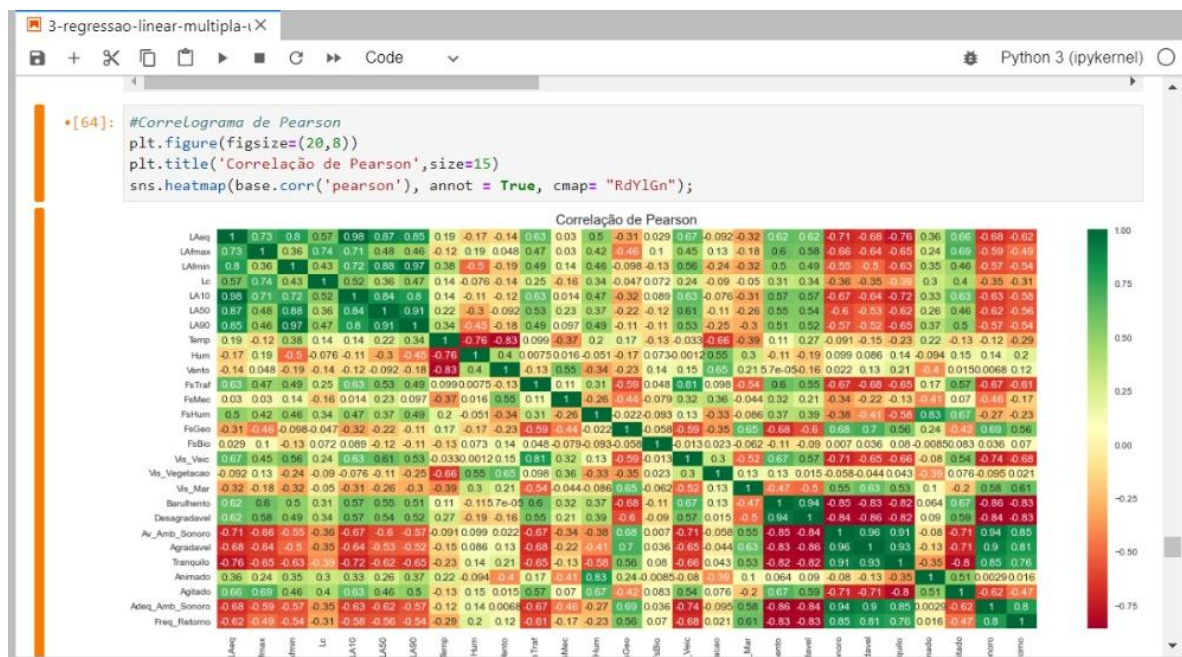
3.7.1 Avaliação da relevância dos indicadores e descritores com base na correlação dos dados coletados

Nessa etapa, fez-se necessário o emprego de métodos estatísticos para tratamento e correlação existente entre os dados da amostra, com auxílio da estatística multivariada. Inicialmente, foi verificada a matriz de correlação de Pearson entre os indicadores, de forma a avaliar o grau de colinearidade entre os indicadores a serem empregados nos modelos preditivos. Tal estudo objetivou avaliar as possibilidades do emprego simultâneo dos indicadores. Os valores das correlações de Pearson foram calculados por meio da biblioteca colaborativa *python statsmodels*⁴⁰ (Figura 22). Os valores da correlação de Pearson variam entre -1 e 1, sendo o valor unitário indicativo de correlação linear perfeita (Bonamente, 2017).

³⁹ O projeto *Jupyter* consiste em uma iniciativa sem fins lucrativos para desenvolver *softwares* de código aberto.

⁴⁰ A biblioteca *statsmodels* foi originalmente desenvolvida por Jonathan Taylor durante a competição *Google Summer of Code*, em 2009, sendo atualmente disponibilizado pela *Google* no endereço eletrônico: <https://www.statsmodels.org/dev/about.html>

Figura 22: Tela de cálculo dos coeficientes de Pearson.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

De forma a entender as relações entre os descritores considerados, foram calculadas as correlações de Spearman, com o auxílio da biblioteca colaborativa *python statsmodels* (Figura 23). O estudo das correlações baseado nos coeficientes de Spearman tem o objetivo de indicar o grau de significância entre duas variáveis ordinais, que no caso corrente, é empregado para avaliar a relevância entre os descritores. Os coeficientes de Spearman possuem uma variação entre -1 e 1, de modo que quanto mais próximo do valor unitário, maior o grau de relevância entre as variáveis (Mohr *et al.*, 2022).

Figura 23: Tela de cálculo dos coeficientes de Spearman.

```
[62]: #Correlograma com a correlação de Spearman
plt.figure(figsize=(20,8))
plt.title('Correlação de Spearman',size=15)
sns.heatmap(base.corr('spearman'), annot = True, cmap= "RdYlGn");
```

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Inicialmente, buscou-se selecionar os indicadores mais relevantes em relação a cada um dos descritores, tomando-se como referência os indicadores com coeficientes de Spearman $\geq 0,5$. De acordo com Wayne (1990) e Schober (2018), os valores dos coeficientes de Spearman

entre 0,4 e 0,69 indicam moderada correlação. Portanto, optou-se em considerar um valor intermediário do referido intervalo, de coeficiente de Spearman de 0,5, a fim de garantir que os indicadores selecionados para compor os modelos preditivos deverão apresentar no mínimo, um grau moderado de correlação em relação aos descritores.

3.7.2 Processo de modelagem preditiva linear

Os modelos preditivos lineares foram desenvolvidos com base em técnicas estatísticas multivariadas, por regressão múltipla linear. O processo de modelagem foi construído por meio da biblioteca *python scikit-learn*⁴¹, que auxilia nos procedimentos de cálculos dos coeficientes dos modelos de regressão múltipla linear, além de fornecer os resultados dos parâmetros de qualidade de ajuste dos modelos.

Dentre os parâmetros de qualidade de ajuste, foram escolhidos o R^2 e nível de significância *Prob (F-statistic)*, além do R^2 ajustado. Vale lembrar que R^2 varia de 0 a 1, e quanto mais próximo de 1, maior será a qualidade de ajuste do modelo, o que sugere melhor desempenho e maior capacidade preditiva. O nível de significância *Prob (F-statistic)* é utilizado para verificar se o resultado do ajuste é estatisticamente significativo, sendo preferível valores inferiores a 0,05, de forma similar ao *valor-p*.

Para cada descritor, em geral, foram gerados seis modelos preditivos lineares. Cada modelo preditivo foi construído tendo como base um conjunto específico de indicadores. No primeiro modelo, foram empregados indicadores com coeficientes de Spearman superiores a 0,5, tendo em vista o estudo da relevância dos indicadores. O segundo modelo preditivo foi desenvolvido tendo como ponto de partida a estrutura de indicadores encontrada no primeiro modelo, com o acréscimo de indicadores, visando a melhoria da qualidade do ajuste. O terceiro e quarto modelos foram elaborados com o intuito de simplificação por meio da redução do número de indicadores. O quinto modelo foi construído considerando apenas os indicadores acústicos objetivos (níveis sonoros), a fim de avaliar o impacto da aplicação exclusiva de parâmetros acústicos físicos na construção dos modelos preditivos. Por fim, o sexto modelo foi desenvolvido com o uso de todo o conjunto de indicadores coletados no presente trabalho.

⁴¹ A biblioteca *scikit-learn* foi desenvolvida inicialmente por David Cournapeau, em 2007, que continua a ser aperfeiçoada por um grupo de pesquisadores da comunidade *scikit-learn*.

A Figura 24 exemplifica a fase de construção de um modelo preditivo. No espaço destinado à chamada da função para construção do modelo, é possível inserir os indicadores para composição do modelo preditivo. No exemplo em questão, o modelo preditivo para o descritor *tranquilidade* foi elaborado baseado no conjunto de indicadores L_{A10} , $L_{A_{fmax}}$, $L_{A_{eq}}$, L_C , L_{A90} , $L_{A_{fmin}}$, Vis_Veic e Vis_Mar . Após a execução da solicitação do modelo na plataforma *python*, são fornecidas as informações associadas aos resultados dos coeficientes do modelo preditivo e o sumário dos parâmetros de qualidade do ajuste. De posse dos resultados dos coeficientes, a equação que expressa o modelo preditivo é definida para cada descritor em função do conjunto de indicadores selecionados.

Figura 24: Tela de trabalho para construção de modelos preditivos lineares no *python*.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

3.7.3 Processo de modelagem preditiva não linear

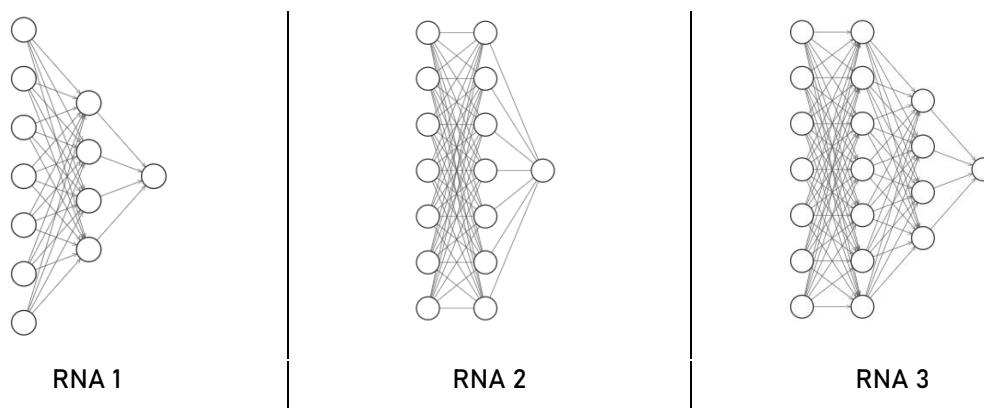
De forma a investigar a melhor aderência da técnica para a metodologia proposta, foram empregadas técnicas de modelagem não linear, baseadas em redes neurais artificiais, com o uso da linguagem computacional *python*, por meio da biblioteca *scikit-learn*.

Os indicadores de paisagem sonora, coletados por meio das caminhadas sonoras e medições *in situ*, correspondem às variáveis de entrada da rede neural. Dessa forma, o número de indicadores, que correspondem ao número de neurônios na camada de entrada da rede é equivalente à quantidade de dados considerados pertinentes para o modelo preditivo. Como resultado de saída, o modelo preditivo com base na rede neural artificial treinada fornece um

índice descritor de paisagem sonora, o que viabiliza a comparação entre os modelos lineares e não lineares.

Para cada modelo preditivo não linear, foram construídas três redes neurais artificiais (RNA) com arquiteturas distintas (Figura 25). A primeira RNA, isto é, RNA 1 contém uma camada oculta, composta por metade do número de indicadores empregados nos modelos, desempenhando a função de neurônios intermediários. A RNA 2 contém uma camada intermediária, que reúne o mesmo número de neurônios equivalentes à quantidade de indicadores do modelo. A RNA 3 apresenta duas camadas ocultas, sendo a primeira camada composta pela mesma quantidade de neurônios da camada de entrada, enquanto a segunda camada reúne a metade dos neurônios da camada de entrada.

Figura 25: Arquiteturas de redes neurais artificiais empregadas nos modelos preditivos não lineares.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

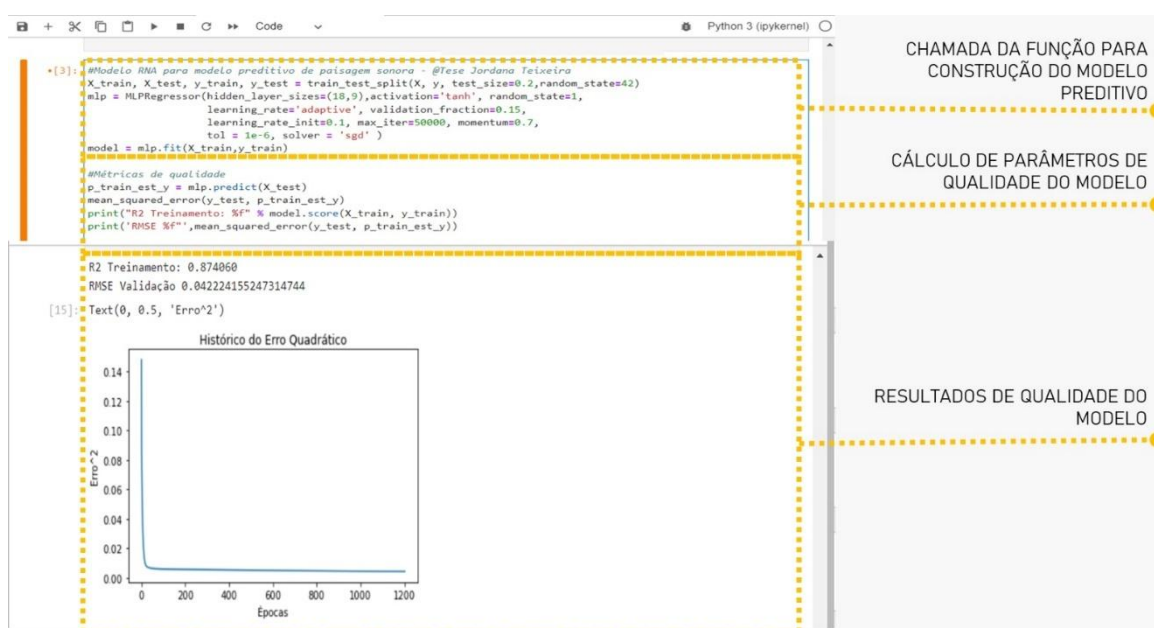
Para avaliação do desempenho dos modelos preditivos não lineares foram calculados os parâmetros de qualidade R^2 na fase de treinamento da rede neural e o RMSE⁴² na fase de validação. Durante a fase de treinamento da rede, foram reservados um percentual de 80% dos dados para a fase de calibração e 20% dos dados para a fase de teste, de forma similar ao realizado por Yu e Kang (2009).

A definição da arquitetura da rede, como por exemplo, o número de camadas intermediárias e quantidade de neurônios é informada a partir do campo *hidden_layer_sizes*. No exemplo demonstrado na Figura 26, o descritor Agradável, representado pela variável Y, é

⁴² RSME corresponde ao erro médio quadrático, que é o desvio padrão dos valores residuais (erros de previsão) (Morettin, 2013). Quanto mais próximo do valor 0 (zero) para o RMSE, melhor será o modelo.

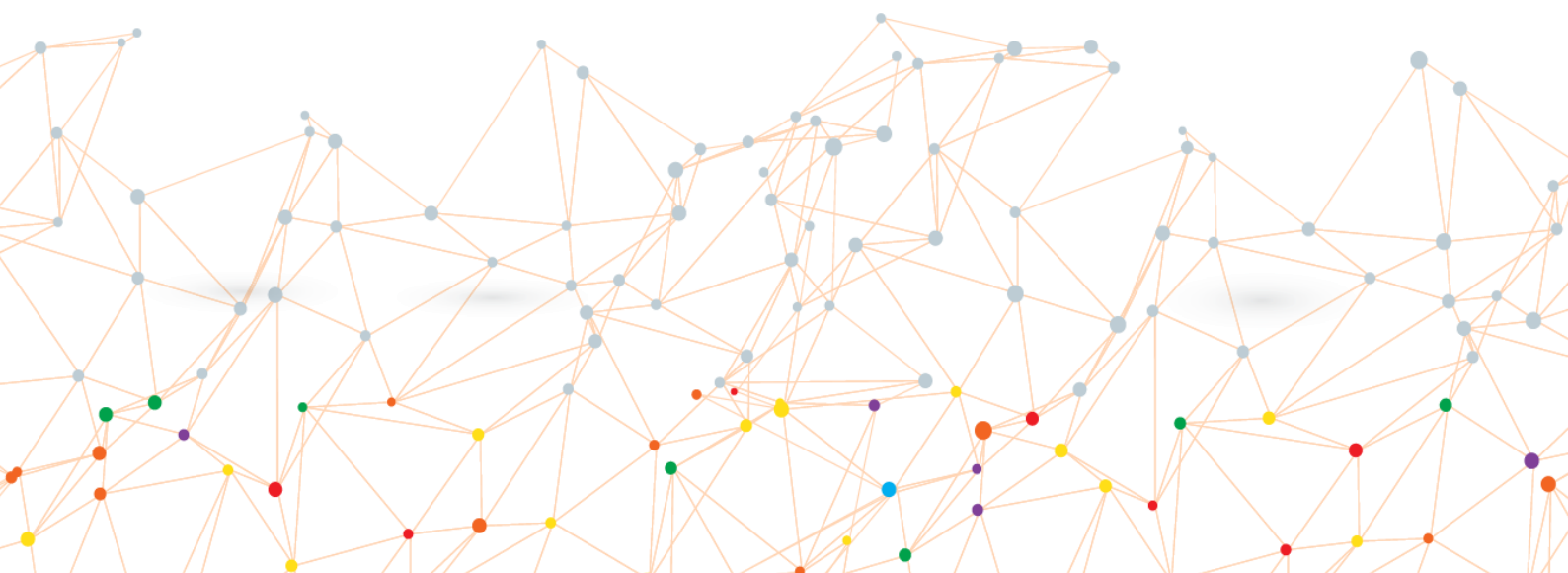
construído por meio do conjunto de indicadores contidos no vetor X. A arquitetura da rede neural corresponde a duas camadas ocultas constituídas por 18 e 9 neurônios, conforme pode ser observado o esquema da Figura 25, na rede neural RNA 3. Em todos os modelos desenvolvidos foi utilizada a função tangente hiperbólica como função de ativação entre os neurônios, assim como encontrado no trabalho de Yu e Kang (2009).

Figura 26: Tela de trabalho para construção de modelos preditivos não lineares (RNA) no *phyton*.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

4 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE ACÚSTICO



4. CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE ACÚSTICO

Nesta seção, são apresentados os resultados relativos às caracterizações dos ambientes acústicos com base nas seis caminhadas sonoras realizadas, identificadas pelas siglas CS1 (dia 25 de julho de 2022), CS2 (03 de setembro de 2022), CS3 (26 de abril de 2023), CS4 (20 de setembro de 2023), CS5 (24 de fevereiro de 2024) e CS6 (16 de março de 2024).

4.1 CAMINHADA SONORA DO DIA 25 DE JULHO DE 2022 (CS1)

A caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 foi realizada no período da tarde, numa segunda-feira. Foram percorridos um total de seis pontos/localizações, aproximadamente 1,4 km, com início na Feirinha do Artesanato da Pajuçara (ponto 1A), passando pelo Skate Park Pajuçara (ponto 2A), Parquinho Ecológico (ponto 3A), Praça Multieventos (ponto 4A), Memorial Teotônio Vilela (ponto 5A) e finalização na Quadra de Areia da Pajuçara (ponto 6A) (Figura 27).

Contou-se com a participação de 23 alunos graduandos da disciplina de Conforto Ambiental 3, do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas (Figura 28). Do total de 23 alunos participantes, foi descartado um questionário, devido à ausência de algumas respostas, uma vez que o referido participante não percorreu todos os pontos da caminhada sonora. No que diz respeito ao perfil dos participantes, a maioria se enquadra na faixa etária de 21 a 23 anos, conforme observado na Figura 29. Em relação ao gênero, a maioria se identificou como “feminino”, 77,3% do público. Nenhum dos participantes reside nos bairros Ponta Verde ou Pajuçara. Ademais, nenhum dos participantes se declarou portador de deficiência auditiva.

Figura 27: Pontos/localizações percorridos na caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).



1A Feirinha do Artesanato da Pajuçara



2A Skate Park Pajuçara



3A Parquinho Ecológico



4A Praça Multieventos



5A Memorial Teotônio Vilela



6A Quadra de Areia da Pajuçara



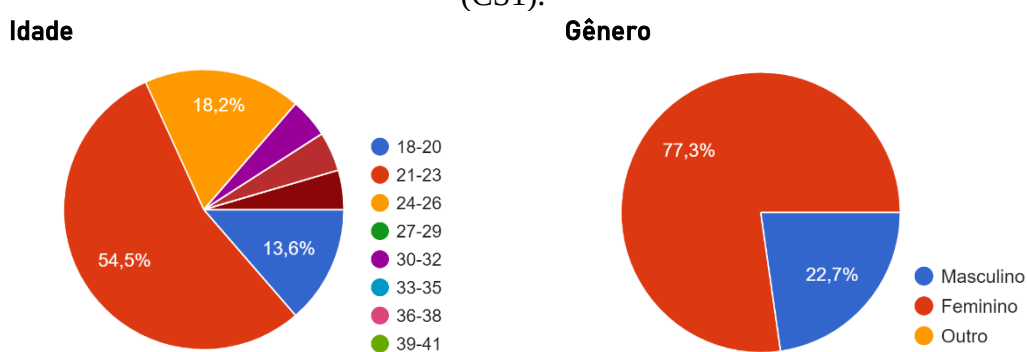
Fonte: Elaboração própria, 2023.

Figura 28: Imagens da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Figura 29: Idade e gênero dos participantes da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).

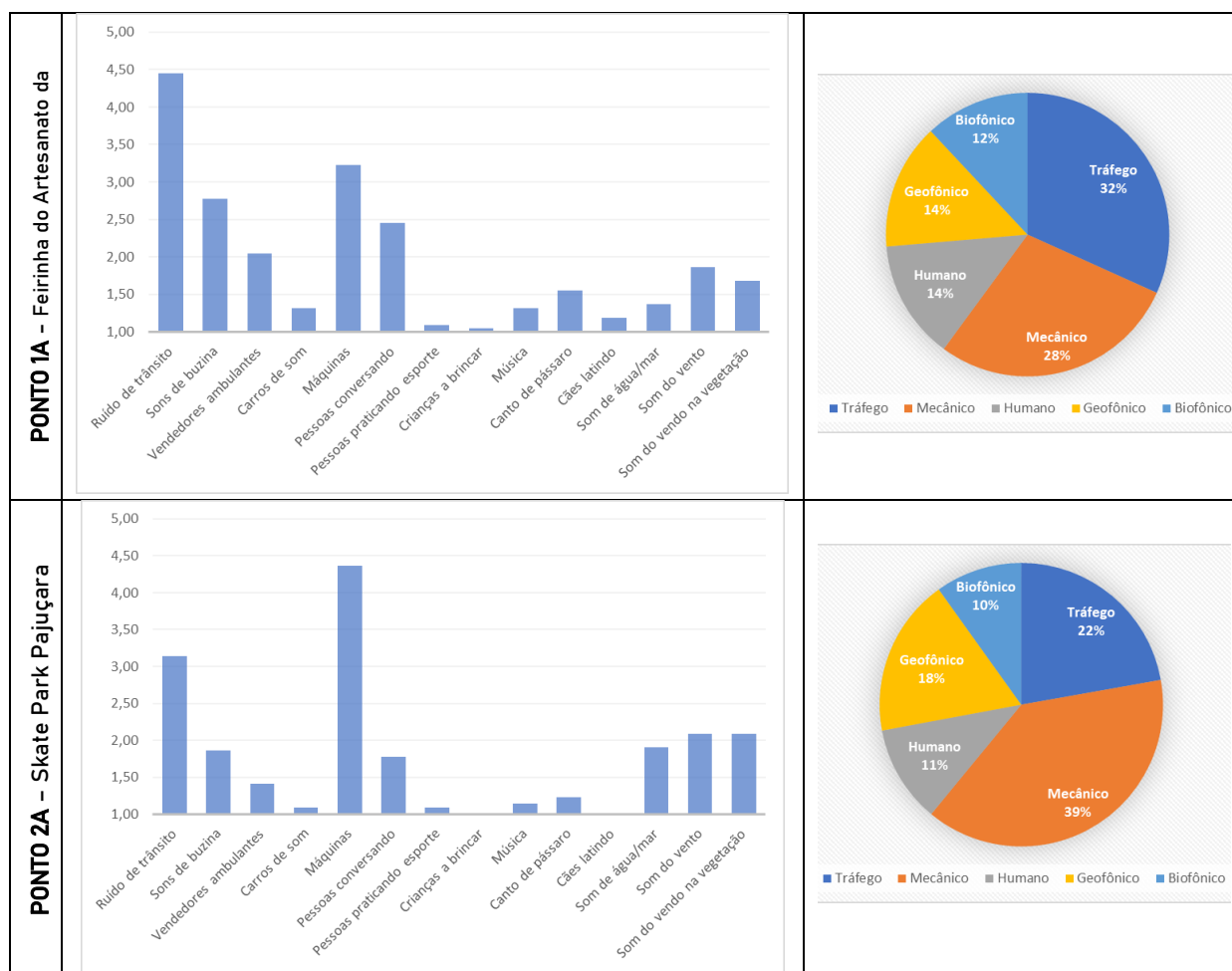


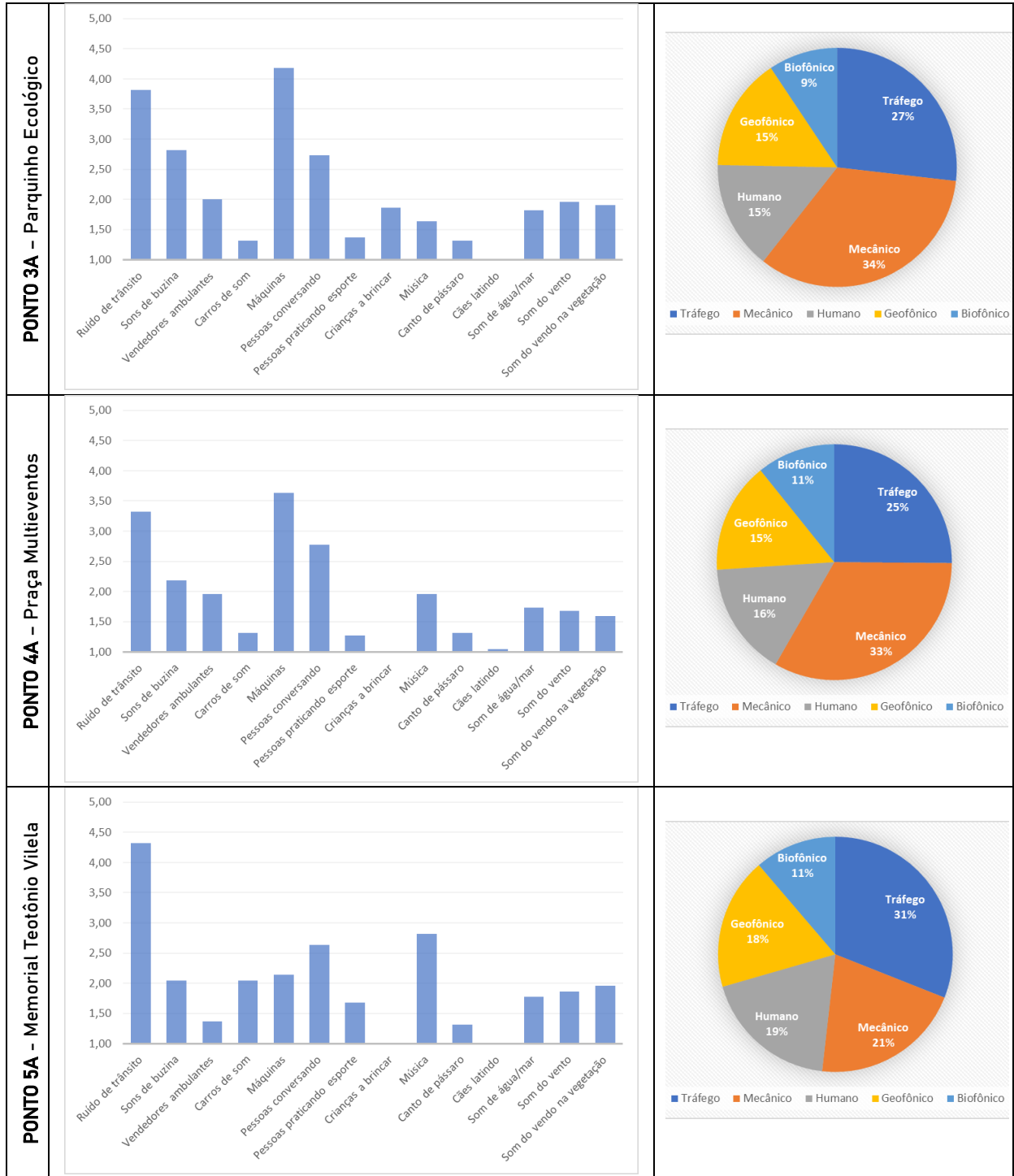
Fonte: Elaboração própria, 2024.

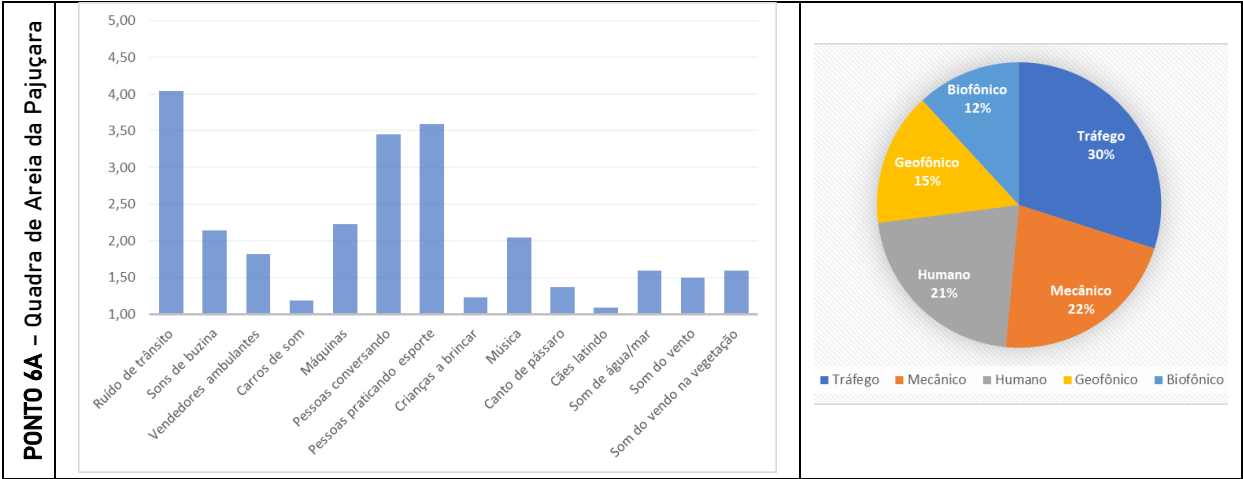
A fim de caracterizar o ambiente sonoro, são apresentadas informações relativas aos tipos de fonte sonora, de acordo com a percepção dos participantes (Quadro 12). Nos pontos 1A (Feirinha do Artesanato da Pajuçara), 5A (Memorial Teotônio Vilela) e 6A (Quadra de

Areia da Pajuçara), foi observada a predominância de ruído de tráfego. Nos Pontos 2A (Skate Park Pajuçara), 3A (Parquinho Ecológico) e 4A (Praça Multieventos), há a predominância do som de máquinas, em função de obras realizadas nas proximidades, sendo classificado como som mecânico. Vale destacar que no Ponto 3A, Parquinho Ecológico, no momento da escuta, foi possível observar sons de crianças a brincar. Os sons naturais, tais como som de água/mar, canto de pássaros, som de vento e som de vento na vegetação, apresentaram baixos resultados quanto à percepção dos participantes.

Quadro 12: Identificação da fonte sonora em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).



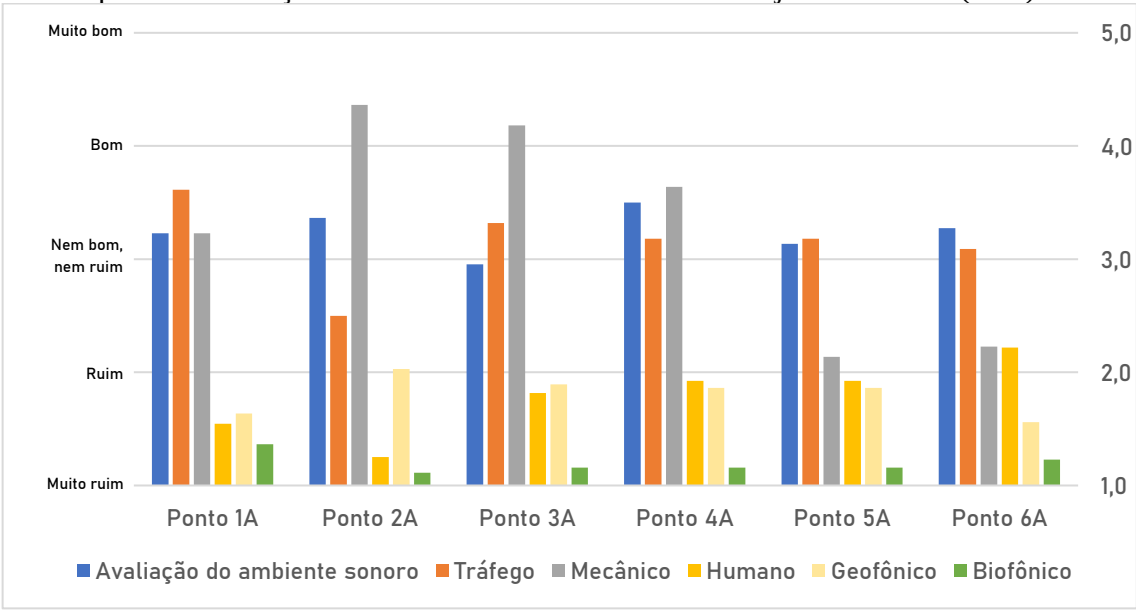




Fonte: Elaboração própria, 2024.

Ao comparar os resultados da avaliação do ambiente sonoro (como os participantes descreveram o ambiente sonoro e a classificação dos tipos de fontes sonoras identificadas pelos participantes da pesquisa (Figura 30), é possível verificar que o ponto 3A (Parquinho Ecológico) foi identificado como o pior ponto entre os pontos/localizações da presente caminhada sonora, no que se refere à avaliação do ambiente sonoro, com a percepção mais marcante do som proveniente de máquinas, que é classificado como som mecânico. O ponto 4A, localizado na Praça Multieventos, foi avaliado como o ponto mais favorável, embora o som proveniente de máquinas ainda tenha sido proeminente.

Figura 30: Classificação da fonte sonora x avaliação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).

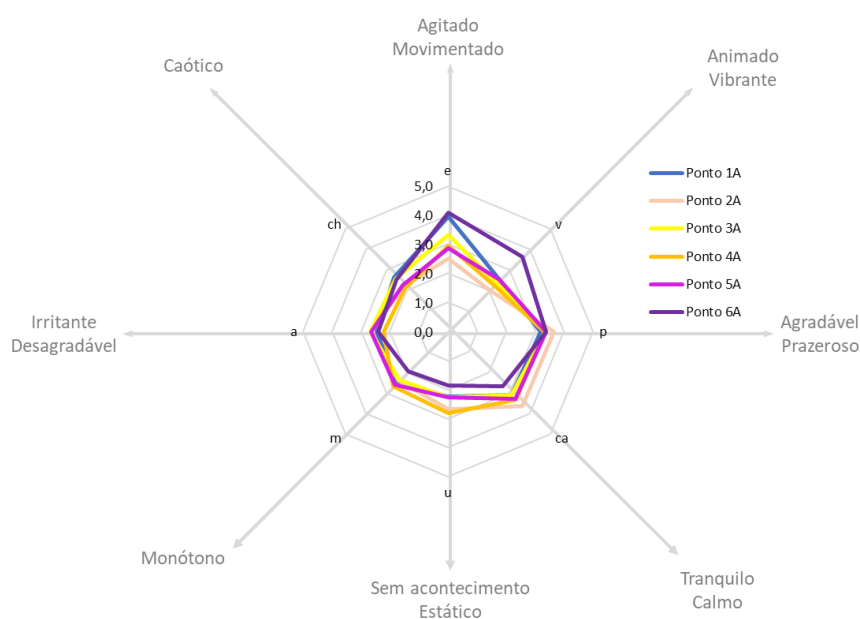


Fonte: Elaboração própria, 2024.

A Figura 31 apresenta um gráfico do tipo radar relativo à percepção mediana dos usuários quanto à qualidade afetiva percebida em cada ponto/localização da caminhada sonora, para facilitar a interpretação com base no modelo circunplexo da avaliação da paisagem sonora proposta por Axelsson, Nilsson e Berglund (2010). O Quadro 13 contém os gráficos de cada ponto da corrente caminhada sonora. Cada ponto azul plotado no gráfico corresponde à opinião do participante quanto à qualidade afetiva percebida, enquanto os pontos na cor laranja correspondem à mediana dos julgamentos.

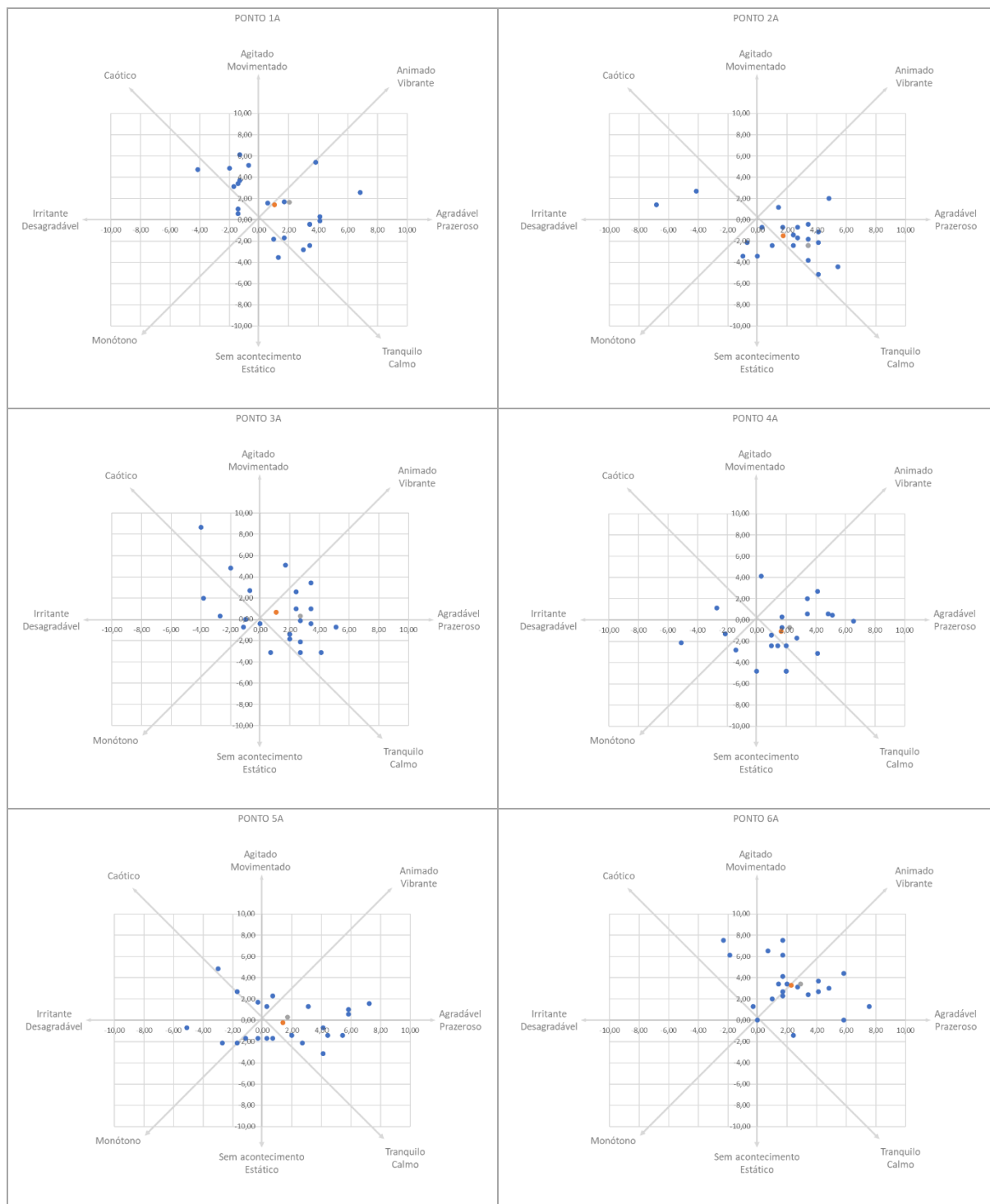
É possível observar que, o ponto 1A, situado na Feirinha de Artesanato da Pajuçara, foi interpretado como predominantemente animado, o que possivelmente se deve ao fato deste local apresentar atividade comercial, com presença de turistas. O ponto 2A, no Skate Park Pajuçara, que no momento da escuta estava sem atividades, foi predominantemente julgado entre agradável e tranquilo. Localizado no Parquinho Ecológico, o ponto 3A foi em maior parte compreendido como animado, justificado, possivelmente, pelo fato da presença de sons de crianças a brincar. Os pontos 4A e 5A, situados, respectivamente, na Praça Multieventos e Monumento Teotônio Vilela, foram julgados de modo semelhante, como agradável. Ponto 6A, localizado na Quadra de Areia da Pajuçara, foi percebido em grande parte, como animado, sendo importante ressaltar a presença de prática esportiva no momento da caminhada sonora neste local.

Figura 31: Valores da mediana para cada um dos atributos da qualidade afetiva percebida considerando cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Quadro 13: Qualidade afetiva percebida em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).

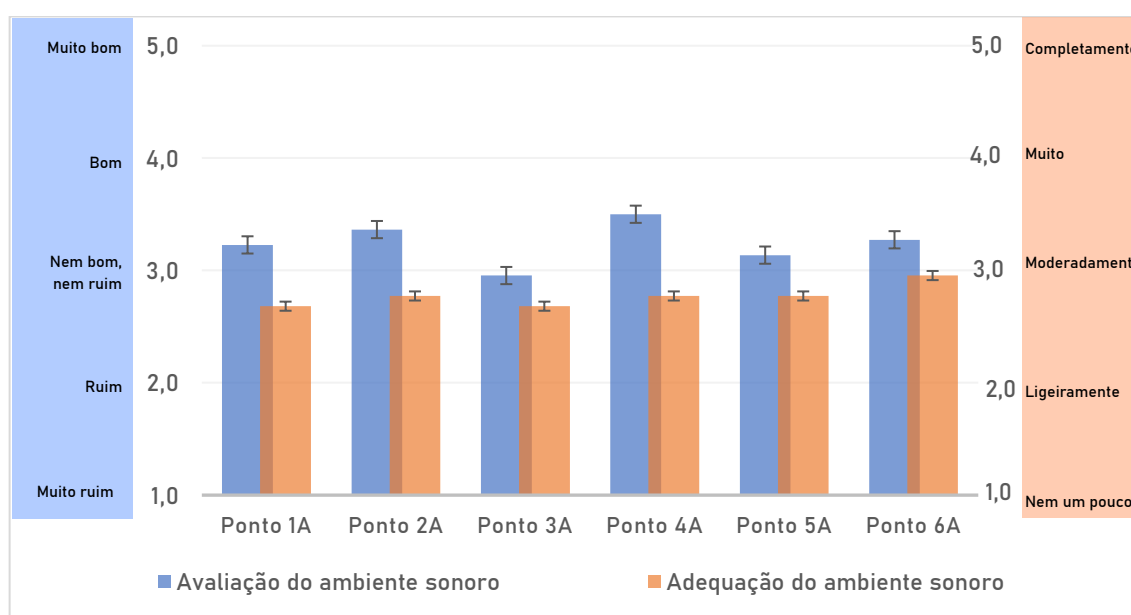


Fonte: Elaboração própria, 2024.

Ao relacionar os resultados gerais da avaliação e adequação do ambiente sonoro ao local (Figura 32), verifica-se que o pior resultado em ambas as categorias foi o ponto 3A, localizado no Parquinho Ecológico, possivelmente, em função da predominância do som de máquina.

Embora o ponto 4A (Praça Multieventos) tenha obtido a melhor avaliação do ambiente sonoro, esta localização não alcançou a melhor pontuação quanto à adequação do ambiente sonoro. No ponto 6A (Quadra de Areia da Pajuçara), os participantes julgaram como o melhor ponto/localização em termos de adequação ao ambiente acústico, sendo uma das fontes sonoras mais proeminentes no momento da escuta, pessoas praticando atividades físicas, além de ter sido avaliado como predominantemente animado no quesito qualidade afetiva percebida.

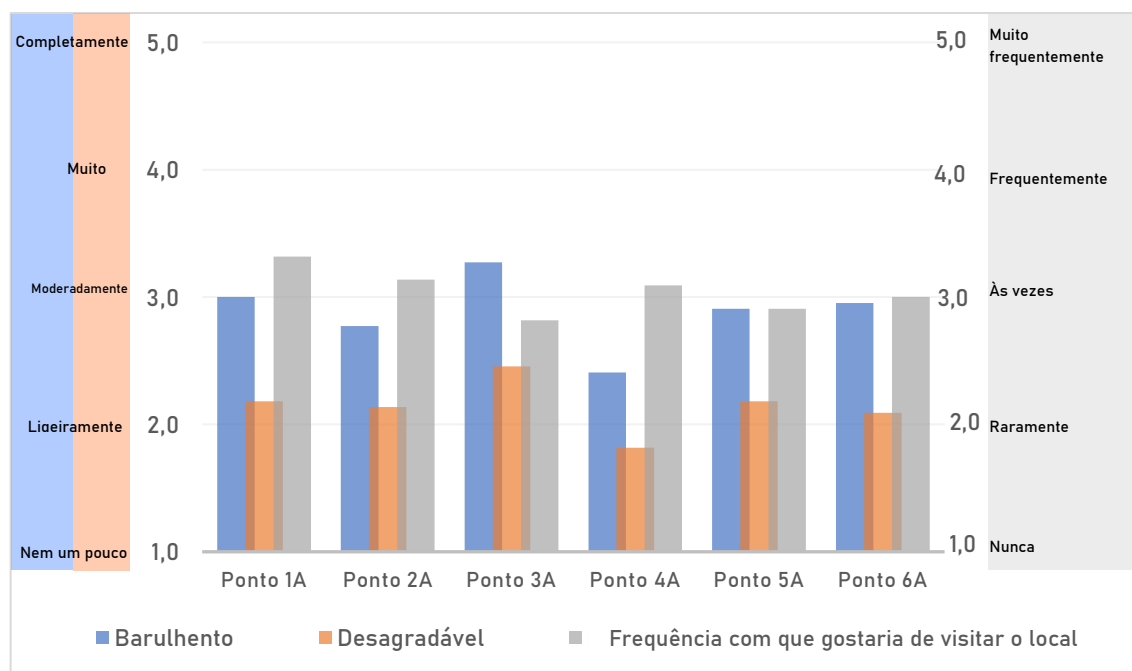
Figura 32: Avaliação e adequação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Ao observar a Figura 33, é possível apontar o ponto 3A (Parquinho Ecológico) como a localização mais barulhenta e desagradável, com destaque para a menor pontuação quanto à frequência com que os participantes gostariam de visitar ao local novamente, o que acaba complementando os aspectos de *avaliação* e *adequação do ambiente sonoro ao local*. O ponto 4A foi identificado como a localização menos barulhenta e menos desagradável, com elevado resultado quanto à frequência com que os participantes gostariam de visitar o local novamente, o que indica que quanto mais positiva a experiência, mais as pessoas gostariam de retornar.

Figura 33: Percepção da qualidade sonora (barulhento, desagradável) x frequência com que gostaria de visitar o local novamente para cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

A caminhada sonora iniciou às 14h e foi concluída às 15:40h. Quanto às condições do tempo no local, o céu estava ensolarado, com poucas nuvens, com temperatura em torno de 29° C, umidade relativa do ar por volta de 70% e velocidade do vento em torno de 4 m/s (Tabela 2). Os registros das medições acústicas revelam que o ponto 1A (Feirinha do Artesanato da Pajuçara) apresenta os maiores níveis sonoros na maior parte dos parâmetros considerados, porém, em termos de percepção humana, conforme supracitado, a localização avaliada como mais barulhenta foi o ponto 3A (Parquinho Ecológico). Presume-se que, embora o ponto 1A tenha apresentado os maiores níveis de pressão sonora, com predominância de ruído de tráfego, o ponto 3A foi percebido como mais barulhento, em função do tipo de fonte sonora mais proeminente e provavelmente de maior incômodo, o som de máquina. O Apêndice 2 apresenta os espectros sonoros das medições em cada um dos pontos/localizações da caminhada sonora em questão.

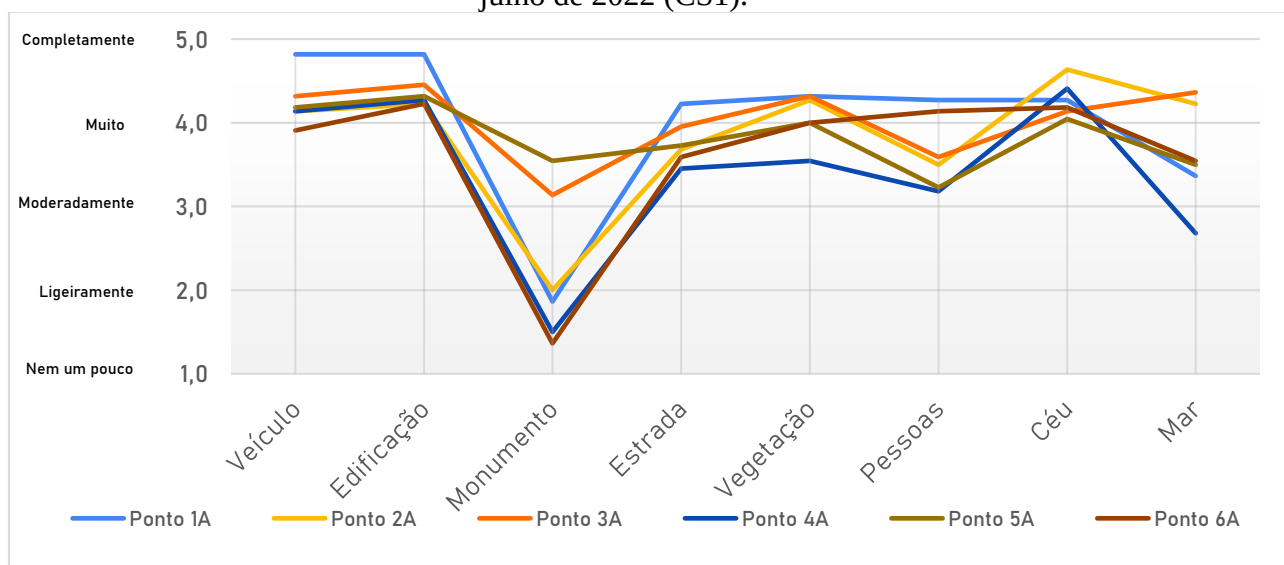
Tabela 2: Dados acústicos e ambientais medidos em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).

Ponto	L_{Aeq} [dB]	L_{A10} [dB]	L_{A50} [dB]	L_{A90} [dB]	L_{AFmax} [dB]	L_{AFmin} [dB]	L_c [dB]	Temperatura [C°]	Umidade [%]	Velocidade do vento [m/s]
1A	62,4	64,6	61,1	57,8	75,2	55,9	94,2	29,0	70,0	4,1
2A	58,0	60,4	66,4	54,2	65,5	53,1	81,3	29,1	70,5	4,2
3A	57,9	60,6	55,6	53,4	68,3	51,4	90,6	29,5	71,0	4,1
4A	57,3	59,4	56,6	54,4	63,5	53,5	89,1	29,6	70,0	4,3
5A	59,0	61,2	58,2	54,6	69,1	53,3	88,5	29,7	70,3	4,2
6A	61,0	62,2	60,6	57,2	72,2	56,3	92,9	29,6	70,1	4,1

Fonte: Elaboração própria, 2024.

O ponto 1A (Ferinha do Artesanato da Pajuçara), indicado como localização com os maiores níveis de pressão sonora e tendo ruído de tráfego como a fonte sonora mais proeminente, apresentou resultados perceptivos de maior visualização de veículos e edificações (Figura 34). Vale reforçar que o ponto 3A (Parquinho Ecológico) foi caracterizado como a localização mais barulhenta, desagradável e com os resultados mais baixos em relação à adequação do ambiente sonoro entre todos os pontos avaliados, em contrapartida, foi percebido como o local com maior visualização do mar. O Apêndice 3 contém os gráficos representativos dos resultados dos aspectos visuais em cada um dos pontos/localizações do experimento.

Figura 34: Aspectos visuais em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

4.2 CAMINHADA SONORA DO DIA 03 DE SETEMBRO DE 2022 (CS2)

A caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022, foi executada no dia de sábado, e contou com a participação de três turmas, das disciplinas Design de produto e acústica e Conforto Ambiental (ambas turmas do curso de Design) e Conforto Ambiental 3 (turma de Arquitetura e Urbanismo), o que resultou na participação de 25 alunos (Figura 35). Foi percorrido por volta de 1 km, partindo do Marco dos Corais (ponto 1B), seguido do Totem “Eu amo Maceió” (ponto 2B), Cadeira Gigante (ponto 3B) e Entre os bares Lopana e Kanoa (ponto 4B) (Figura 36).

Figura 35: Imagens da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

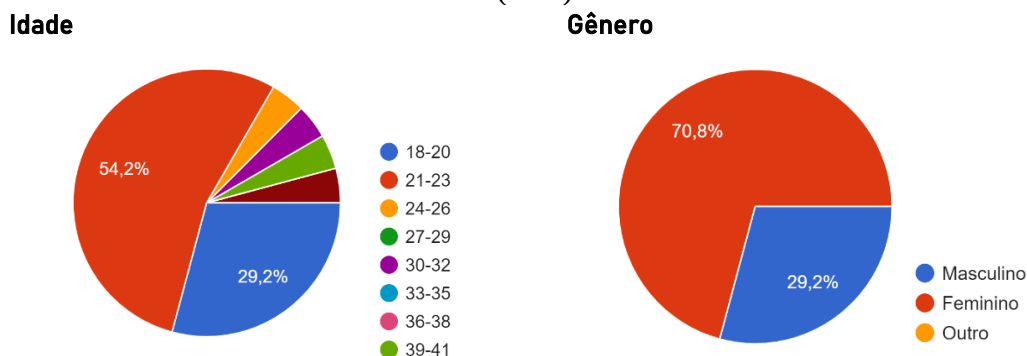
Figura 36: Pontos/localizações percorridos na caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Contou-se com a participação de 25 pessoas, no entanto, foi necessário excluir as respostas de um dos participantes, pois o questionário apresentou inúmeras questões não respondidas. No que se refere ao perfil dos participantes, a maior parte dos indivíduos, isto é, 54,2%, está inserida na faixa etária de 21 a 23 anos (Figura 37). Cerca de 70,8% dos participantes se identificam como gênero feminino. Apenas um dos participantes é residente de um dos bairros da área de estudo (Ponta Verde/Pajuçara). Nenhum dos participantes se declarou como portador de deficiência auditiva.

Figura 37: Idade e gênero dos participantes da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).

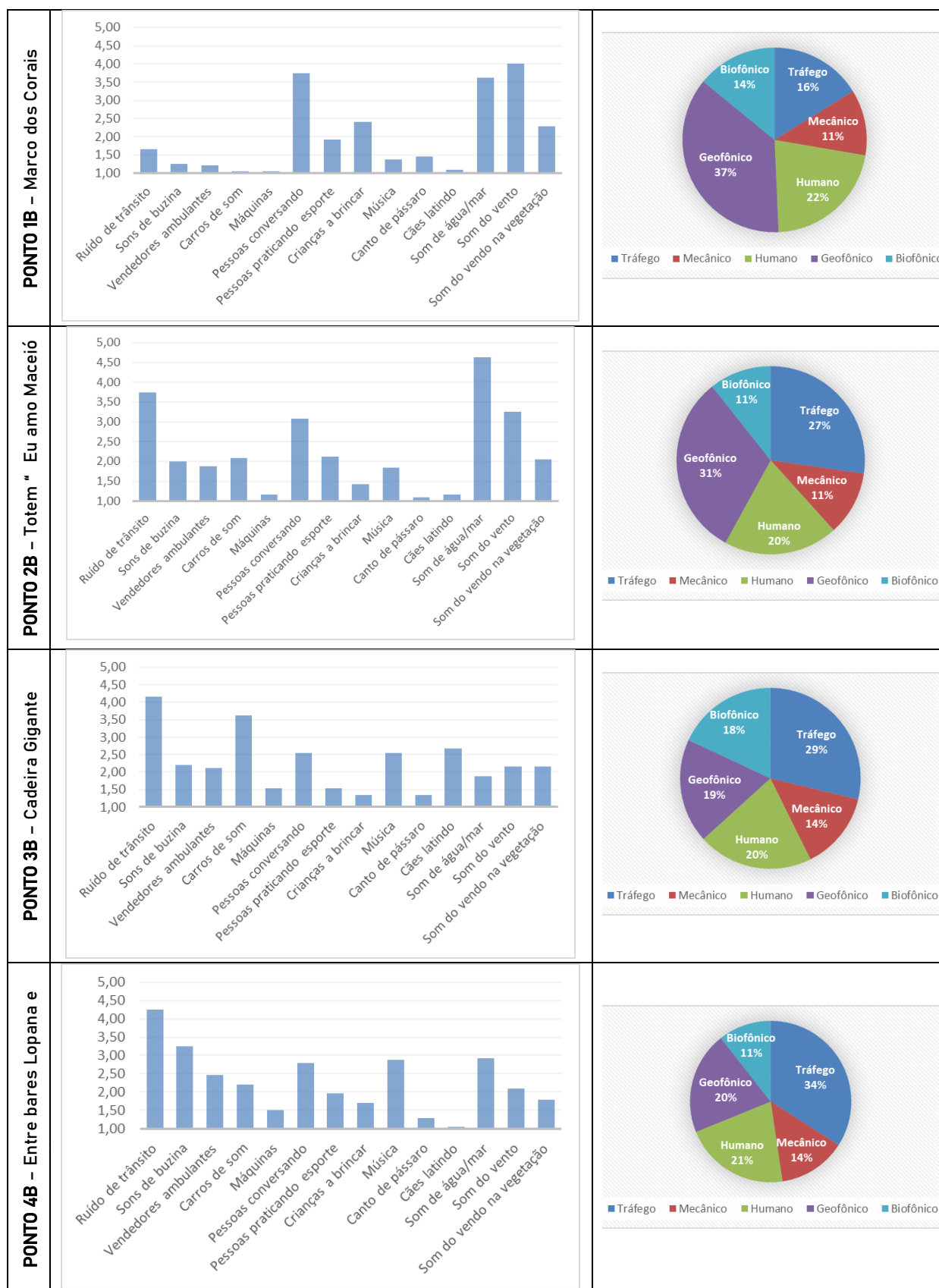


Fonte: Elaboração própria, 2024.

Em se tratando da identificação da fonte sonora, o Quadro 14 apresenta os tipos de fontes predominantes de acordo com a percepção dos participantes. O ruído de tráfego foi identificado em todos os pontos/localizações, no entanto, o ponto 1B, situado no Marco dos Corais, apresentou valores inferiores quanto à percepção do ruído de tráfego, justificado, possivelmente, pelo fato deste ambiente adentrar o mar, sendo mais afastado das vias de tráfego. No ponto 2B, localizado próximo ao Totem “Eu amo Maceió”, no momento da escuta, foi apontada maior presença de sons de origem geofônica, como som de água/mar, som do vento e som de vento na vegetação. Vale destacar que nos pontos 1B e 2B, observou-se a presença considerável dos sons naturais, com ênfase para o som de mar/água e som de vento.

Os pontos 3B e 4B, situados respectivamente no monumento “Cadeira Gigante” e próximo ao bar e restaurante “Lopana”, apresentaram menor percepção quanto aos sons naturais, enquanto houve maior percepção quanto aos sons de música, além da ocorrência em concomitante de vários outros tipos de fontes sonoras. O ponto 3B, além da presença de ruído de tráfego e música, no momento da escuta, o ambiente sonoro estava envolto a carro de som e pessoas conversando, principalmente na fila para ser fotografado no monumento Cadeira Gigante. No ponto 4B, além da música compondo as fontes sonoras do local, destaca-se a presença do ruído de tráfego e som produzido pelas buzinas dos veículos, bem como sons provenientes de vendedores ambulantes.

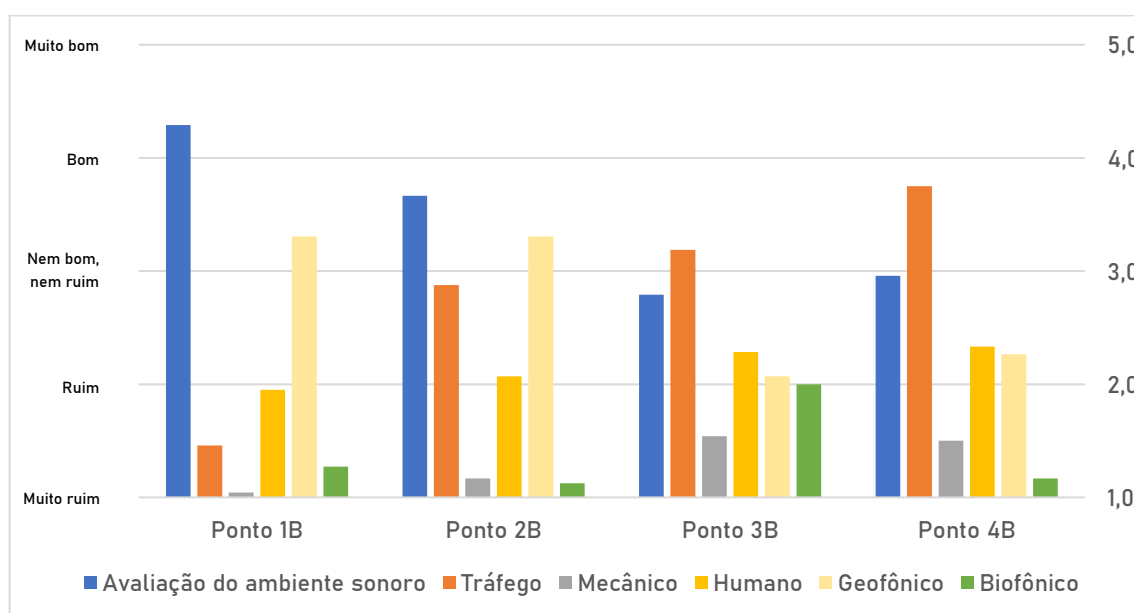
Quadro 14: Identificação da fonte sonora em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Ao relacionar os tipos de fontes sonoras percebidos com os resultados da avaliação do ambiente sonoro (descrição do ambiente sonoro quanto à qualidade), na Figura 38, observa-se que os melhores pontos/localizações se referem ao ponto 1B (Marco dos Corais) e ponto 2B (Totem “Eu amo Maceió”), marcados pela menor incidência dos sons provenientes do tráfego e sons mecânicos, sendo o ponto 1B identificado como a localização com combinação de aspectos mais favorável, com presença de sons naturais, geralmente caracterizados como sons positivos. O ponto 3B (Cadeira Gigante) apresentou a pior avaliação do ambiente sonoro dentre os pontos em questão, embora não tenha sido percebida como a localização com maior presença de ruído de tráfego. O ponto 4B localizado entre os bares Lopana e Kanoa, embora seja uma localização repleta de atividades concomitantes, como o bar, os ambulantes, a prática de esportes na área, etc, o que acarreta a existência de diversas fontes sonoras no local, a avaliação do ambiente sonoro perdeu apenas para o ponto 3B, provavelmente pela proeminência de ruído de tráfego.

Figura 38: Classificação da fonte sonora x avaliação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).

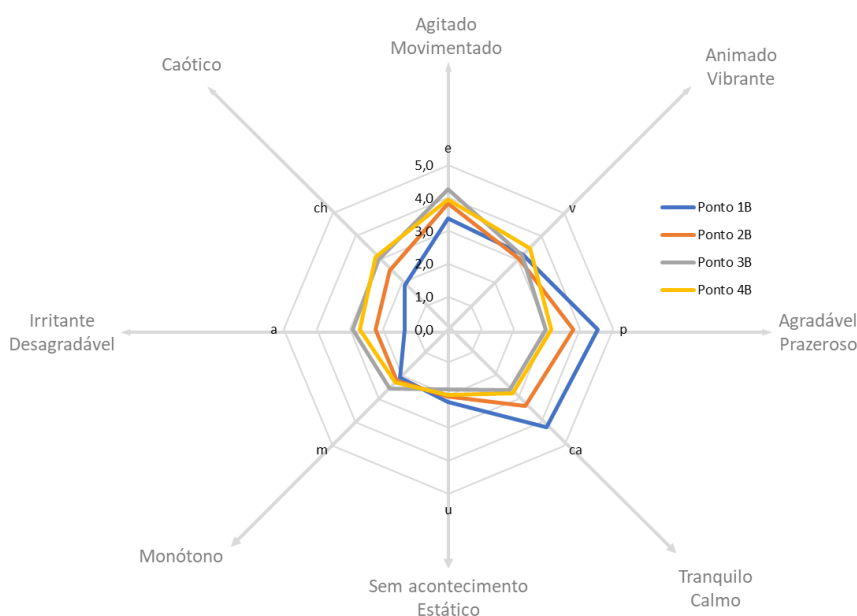


Fonte: Elaboração própria, 2024.

Os resultados da qualidade afetiva percebida dos pontos experimentados revelam que o ponto 1B (Marco dos Corais) se caracteriza como a localização com maior percepção de agradabilidade, em função, provavelmente, da presença marcante dos sons naturais. O ponto

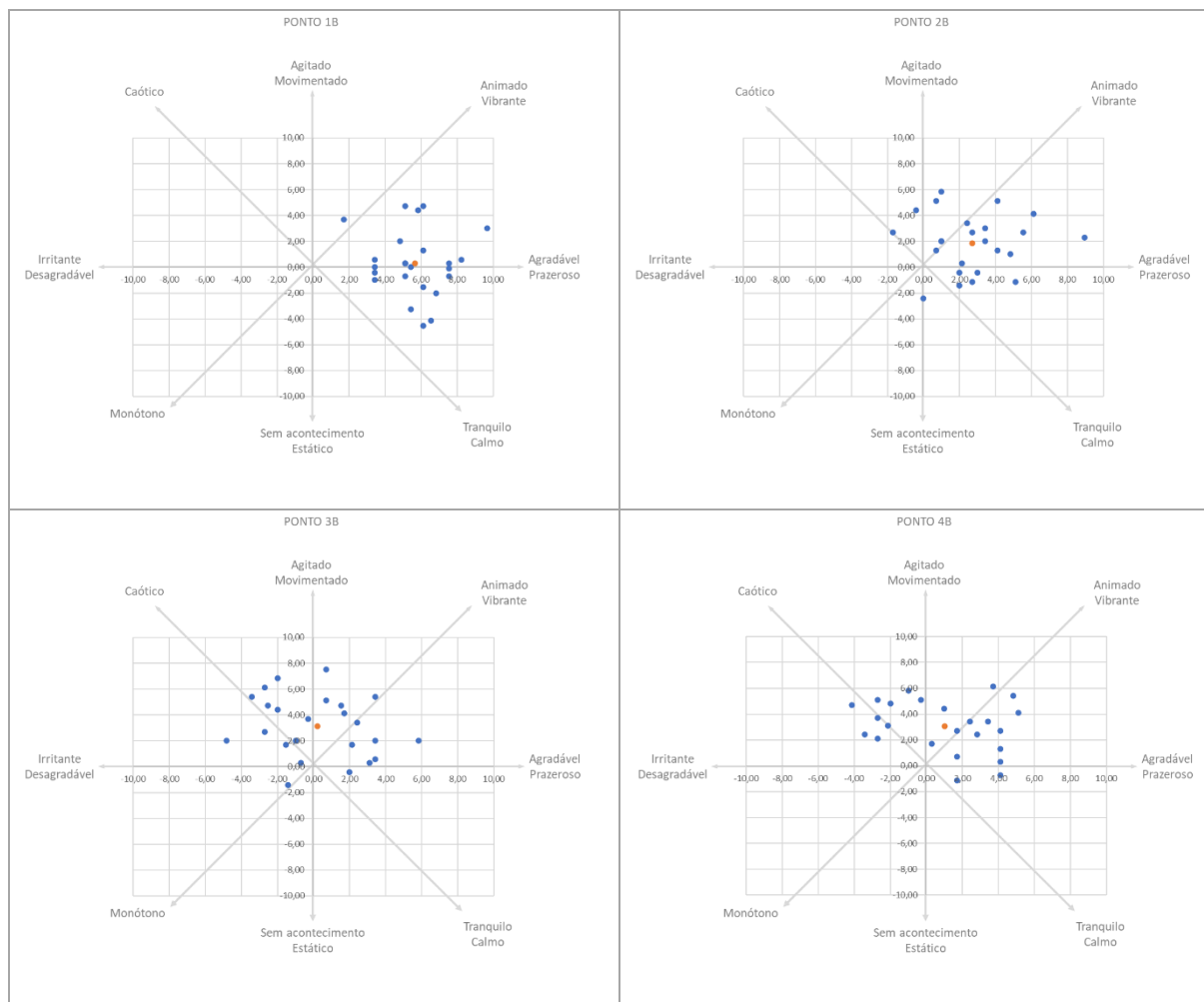
2B (Totem “Eu amo Maceió”) foi julgado predominantemente como animado, possivelmente por se tratar de um ambiente com maior circulação de pessoas (em comparação ao Ponto 1), e outras fontes sonoras presentes no momento da escuta. O ponto 3B (Cadeira Gigante) foi proeminentemente como agitado, enquanto o ponto 4B (Entre os bares Lopana e Kanoa) foi apontado entre agitado e animado, devido, provavelmente, à existência de diversas atividades e suas consequentes fontes sonoras, tais como tráfego, música, carros de som, pessoas conversando, entre outros (Figura 39 e Quadro 15).

Figura 39: Valores da mediana para cada um dos atributos da qualidade afetiva percebida considerando cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

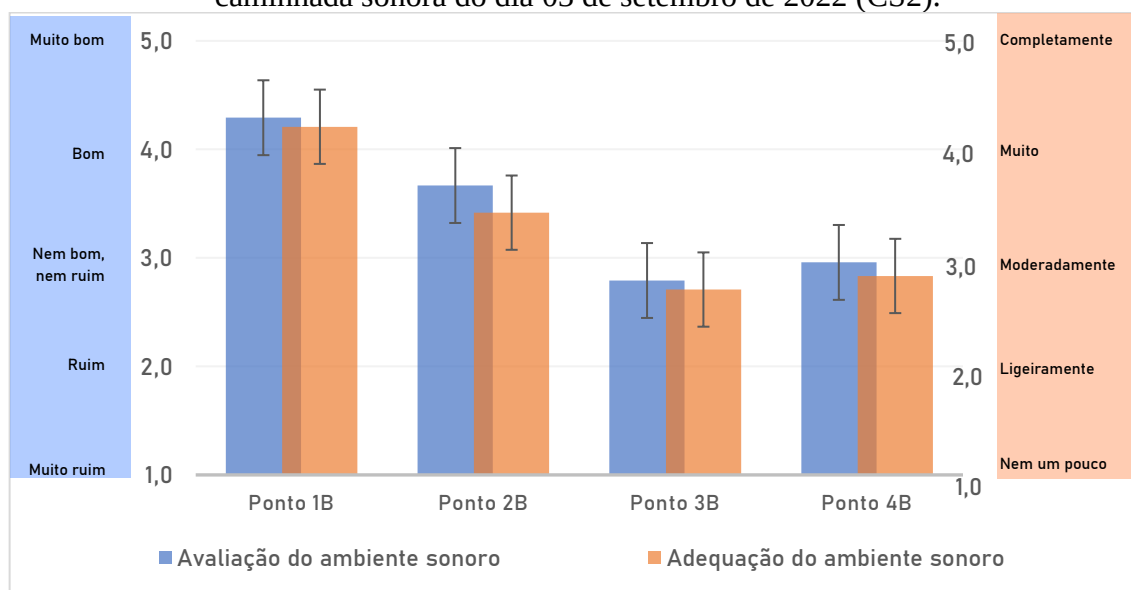
Quadro 15: Qualidade afetiva percebida em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Em relação aos aspectos relativos à avaliação e adequação do ambiente sonoro (Figura 40), os participantes julgaram o ponto 3B (Cadeira Gigante) como o menos favorável, enquanto o ponto 1B (Marco dos Corais), como a localização com os resultados mais positivos, convergindo para os resultados dos demais aspectos abordados, visto que o Marco dos Corais foi caracterizado como o ambiente mais agradável e tranquilo quanto à qualidade afetiva percebida, com destaque para a maior percepção dos sons naturais e menor ruído de tráfego.

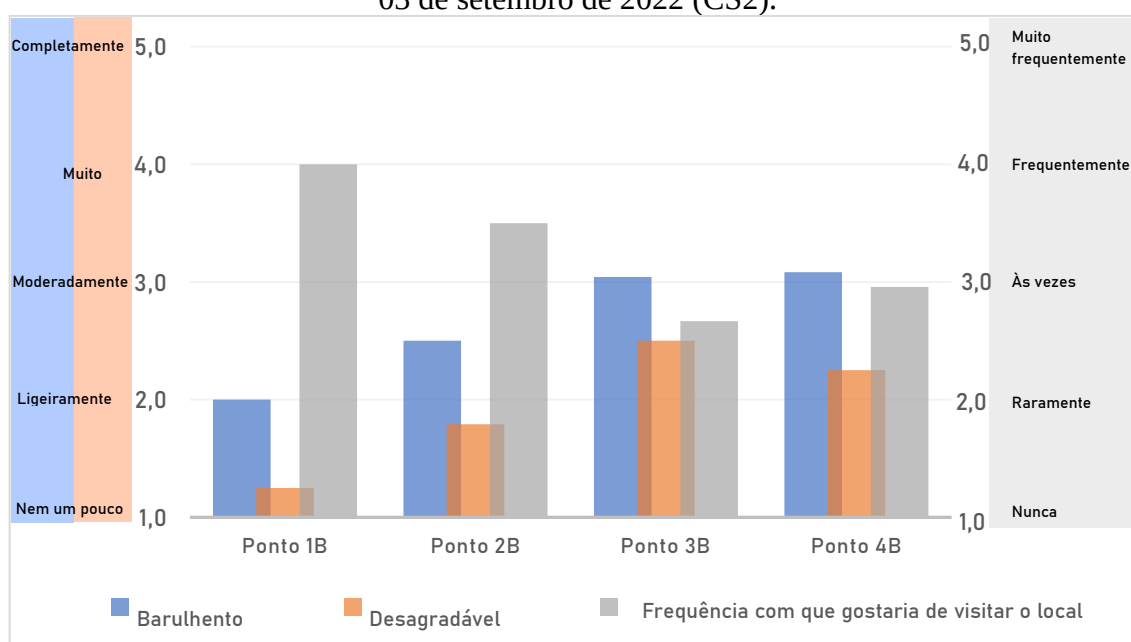
Figura 40: Avaliação e adequação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

A percepção de barulhento cresce do ponto 1B (Marco dos Corais) ao ponto 4B (Entre os bares Lopana e Kanoa), enquanto a percepção quanto ao aspecto Desagradável apresenta o pior valor no ponto 3B (Cadeira Gigante), sendo também o ponto com menor valor indicativo quanto ao desejo de retorno ao local por parte dos participantes (Figura 41).

Figura 41: Percepção da qualidade sonora (barulhento, desagradável) x frequência com que gostaria de visitar o local novamente para cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

A caminhada sonora teve início às 9:30h e finalizou às 11h e contou com um dia ensolarado, céu com nuvens, com registros de temperatura entre 28,6° e 32,1°, umidade relativa do ar entre 62,8% e 73,6%, e velocidade do vento entre 1,0 m/s e 5,0 m/s (Tabela 3). As medições acústicas reforçam que o ponto 3B (Cadeira Gigante) é o ponto com níveis sonoros mais elevados na maior parte dos parâmetros considerados, convergindo para os resultados perceptuais relatados até então, visto que esta localização obteve os valores menos favoráveis quanto aos aspectos de avaliação e adequação do ambiente sonoro ao local, além de ter sido julgado como o ambiente mais barulhento e desagradável da presente caminhada sonora. O Apêndice 4 apresenta os espectros sonoros das medições em cada um dos pontos/localizações da caminhada sonora em questão.

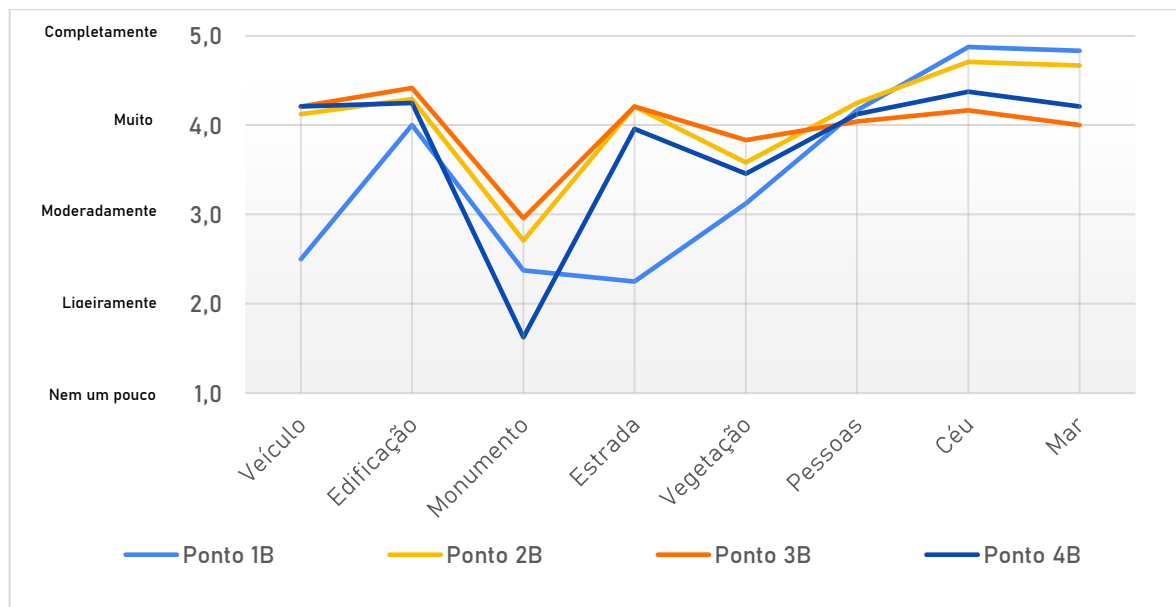
Tabela 3: Dados acústicos e ambientais medidos em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).

Ponto	L_{Aeq} [dB]	L_{A10} [dB]	L_{A50} [dB]	L_{A90} [dB]	L_{AFmax} [dB]	L_{AFmin} [dB]	L_c [dB]	Temperatura [C°]	Umidade [%]	Velocidade do vento [m/s]
1B	56,4	58,8	55,2	52,8	68,0	50,1	92,2	28,6	68,6	4,0
2B	61,1	63,2	60,4	57,6	61,1	54,9	85,8	32,1	62,8	2,6
3B	70,0	77,2	64,0	59,4	84,5	54,2	104,7	28,0	73,6	5,0
4B	66,0	69,4	63,1	60,6	79,8	57,5	100,3	30,5	64,7	1,0

Fonte: Elaboração própria, 2024.

O ponto 1B (Marco dos Corais) apresenta menores valores quanto à percepção da visualização de veículos e vias pelos participantes, porém, mais visualização do mar e céu (Figura 42). Conforme percorrido, o ponto 1B se constitui como o ambiente com melhores avaliações da paisagem sonora, resultante da combinação de menores níveis de pressão sonora e de aspectos perceptuais. O Apêndice 5 apresenta os gráficos mais detalhados quanto às avaliações dos aspectos visuais para cada um dos pontos/localizações em análise.

Figura 42: Aspectos visuais em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

4.3 CAMINHADA SONORA DO DIA 26 DE ABRIL DE 2023 (CS3)

A caminhada sonora realizada no dia 26 de abril de 2023 percorreu quatro pontos/localizações, durante o período da tarde de uma quarta-feira, das 15 às 17h. O trajeto teve início no Marco dos Corais (ponto 1C), seguido da Praça Gogó da Ema (ponto 2C), Totem “Eu amo Maceió” (ponto 3C) e Cadeira Gigante (ponto 4C), o que compreendeu por volta de 1 km (Figura 43). A turma da disciplina de Conforto Ambiental 3 do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas participou do experimento, com o total de 18 respondentes (Figura 44).

Figura 43: Pontos/localizações percorridos na caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

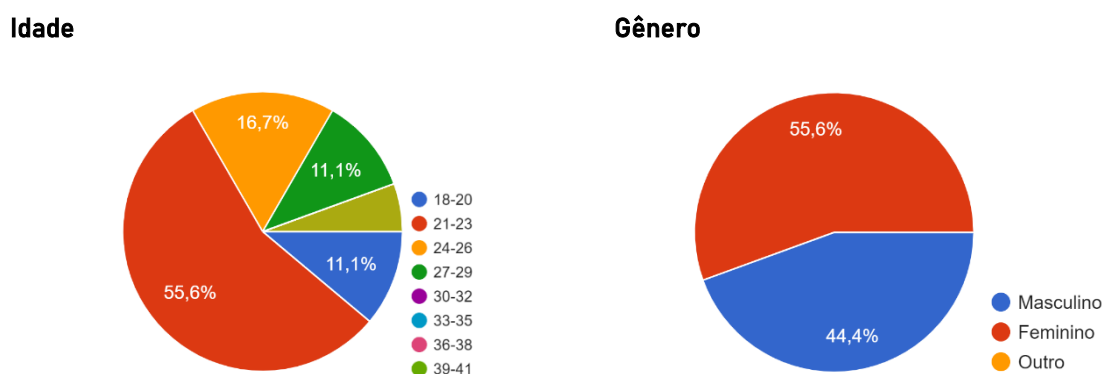
Figura 44: Imagem da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).



Fonte: Acervo pessoal, 2023.

No tocante ao perfil do público participante, a maioria (55,6%) se enquadra na faixa etária entre 21 e 23 anos, do sexo feminino (Figura 45). Apenas um dos participantes é residente do bairro Pajuçara, os demais residem em diferentes bairros da cidade de Maceió. Nenhum dos participantes se declarou como portador de deficiência auditiva.

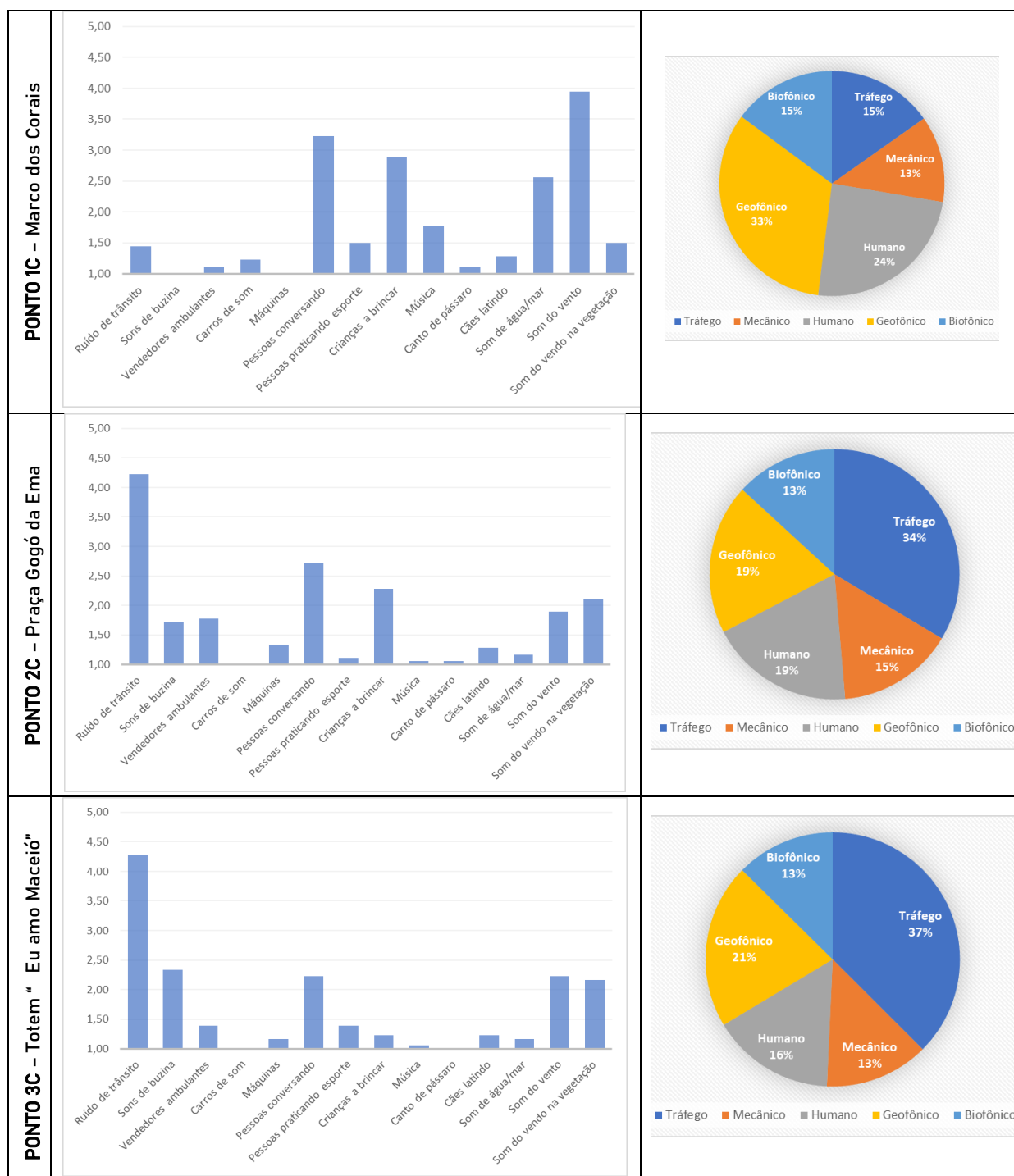
Figura 45: Idade e gênero dos participantes da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).

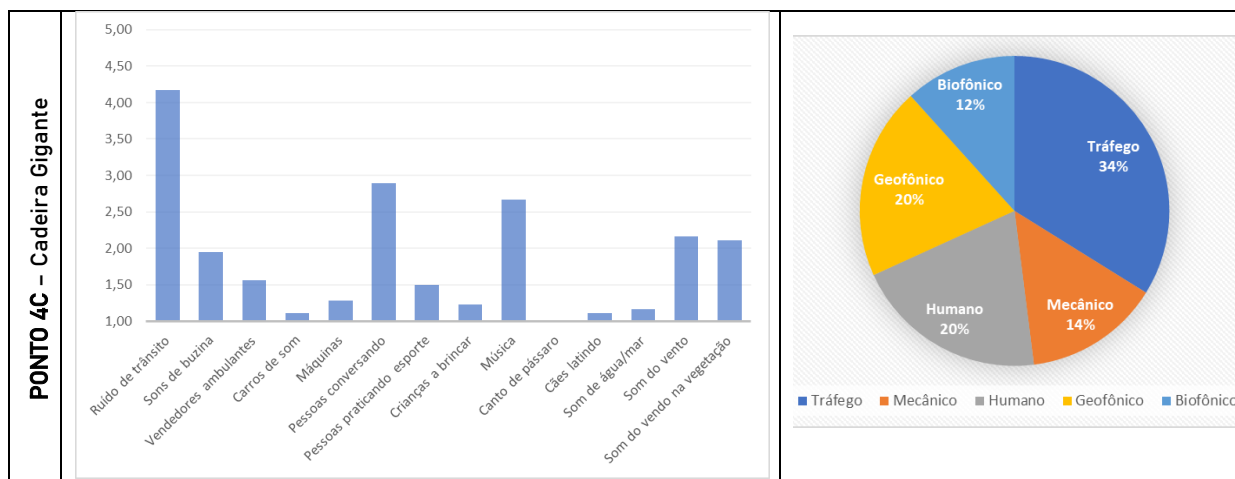


Fonte: Elaboração própria, 2024.

Ao observar os resultados relacionados à identificação das fontes sonoras (Quadro 16), o ponto 1C, localizado no Marco dos Corais foi percebido com maior predominância de som de vento, além disso, houve a maior percepção da presença do som de água/mar entre todos os pontos/localizações considerados na caminhada sonora em questão, o que pode ser justificado pela configuração desta intervenção. Nos demais pontos, 2C, 3C e 4C, houve maior destaque para o som proveniente do trânsito, seguido de pessoas conversando.

Quadro 16: Identificação da fonte sonora em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).

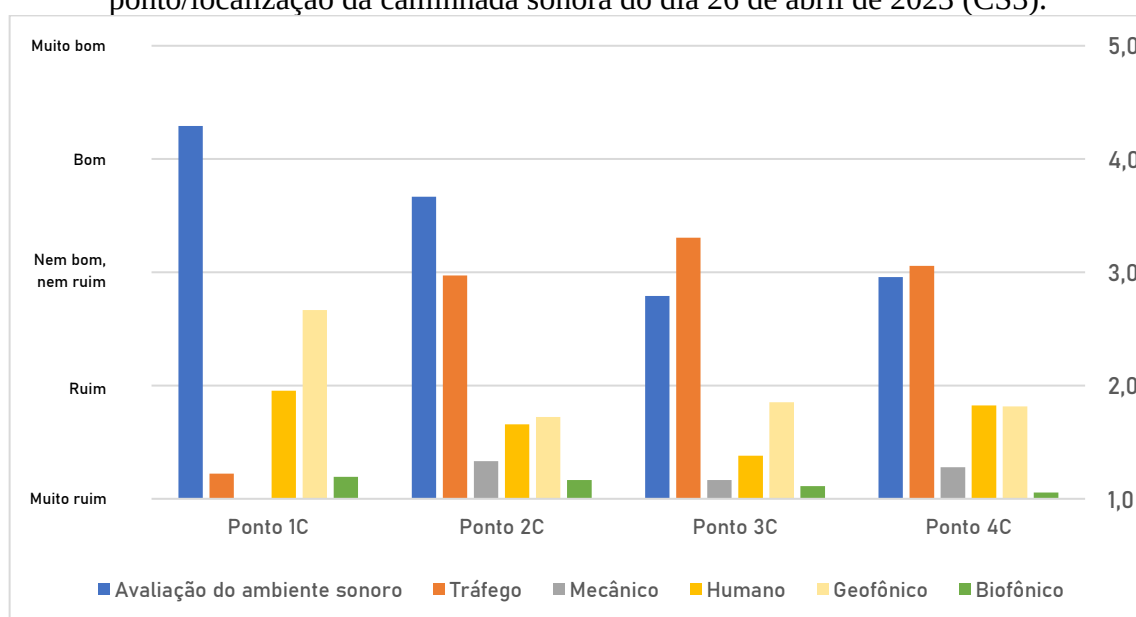




Fonte: Elaboração própria, 2024.

Conforme já apontado na caminhada sonora anterior, o ambiente Marco dos Corais (ponto 1C), obteve a melhor avaliação quanto à qualidade do ambiente sonoro, em função possivelmente da maior presença de sons de origem natural (geofônico e biofônico), enquanto o ponto 3C, localizado no Totem “Eu amo Maceió” e ponto 4C, Cadeira Gigante, apresentaram os resultados menos favoráveis (Figura 46). É possível apontar que à medida em que a percepção do ruído de tráfego aumenta, há um decréscimo na percepção positiva quanto à avaliação da qualidade do ambiente sonoro.

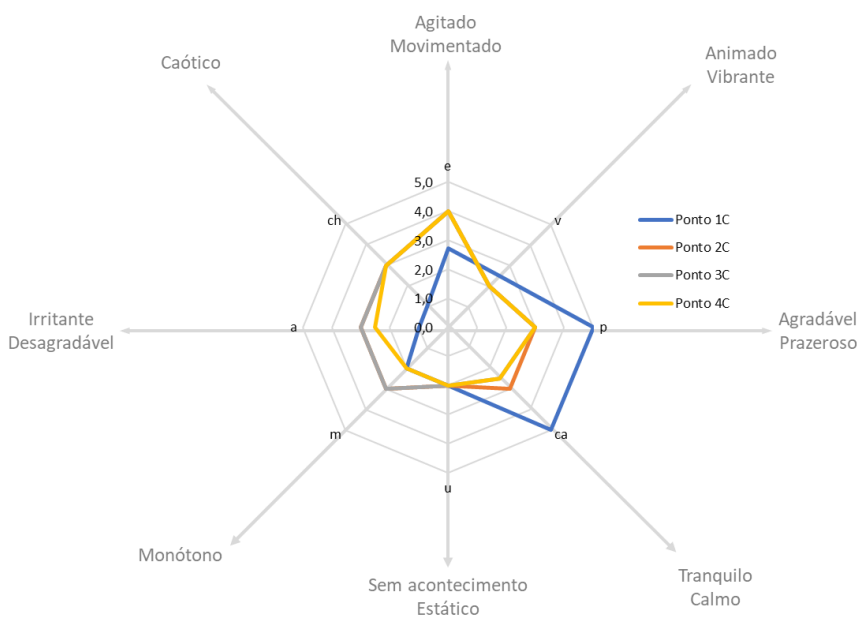
Figura 46: Classificação da fonte sonora x avaliação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

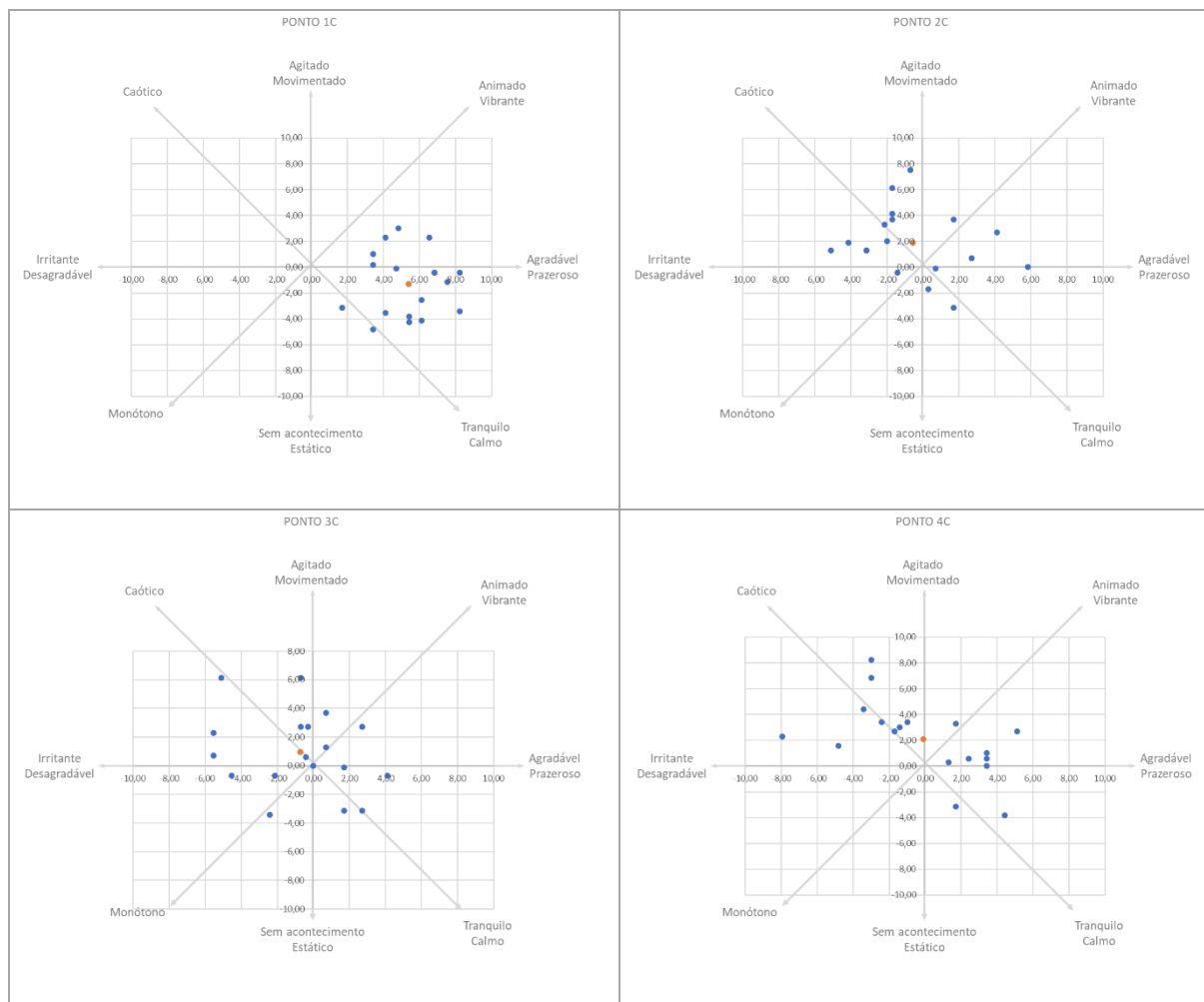
No que diz respeito às avaliações da qualidade afetiva percebida (Figura 47 e Quadro 17), o ponto 1C, Marco dos Corais, foi novamente identificado como agradável e tranquilo. O ponto 2C, Praça Gogó da Ema, caracterizado pela proeminência de ruído de tráfego, pessoas conversando e crianças a brincar, foi percebido predominantemente entre agitado e caótico. Possivelmente, em função da presença de sons provenientes do tráfego e buzinas de veículos, o ponto 3C, Totem “Eu amo Maceió”, foi avaliado como caótico, sendo caracterizado como a localização menos favorável quanto à avaliação de qualidade do ambiente sonoro do presente experimento. O ponto 4C, situado na Cadeira Gigante, foi apontado como ambiente sonoro agitado, o que pode ser justificado pela existência de sons de tráfego, pessoas conversando e música, trata-se de um local que reúne várias atividades concomitantes, que tende a apresentar aglomeração de pessoas, devido ao seu forte caráter turístico.

Figura 47: Valores da mediana para cada um dos atributos da qualidade afetiva percebida considerando cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

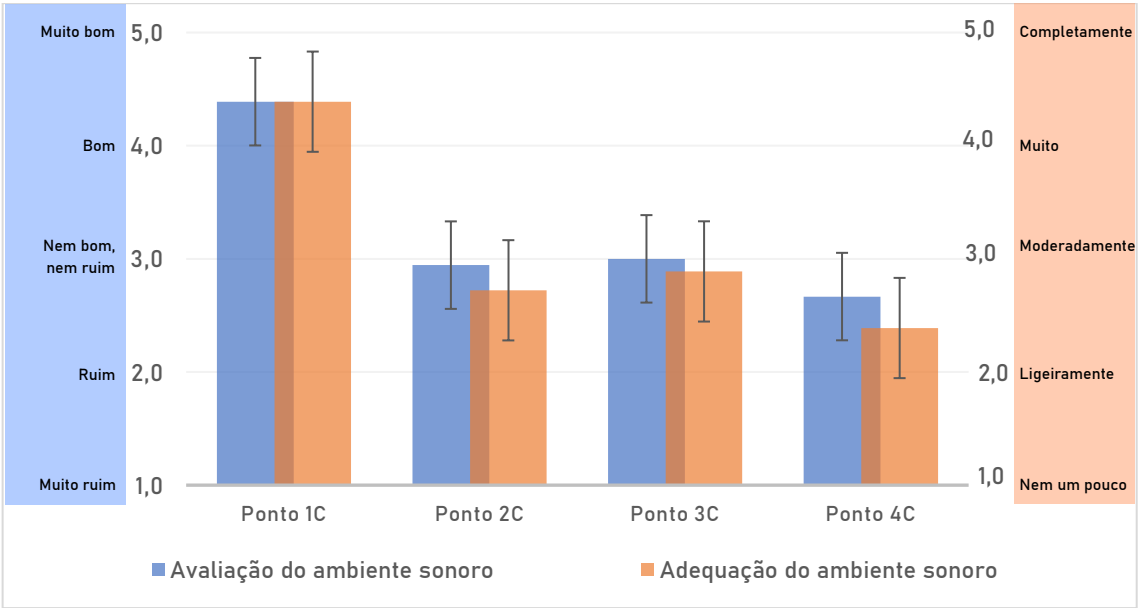
Quadro 17: Qualidade afetiva percebida em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

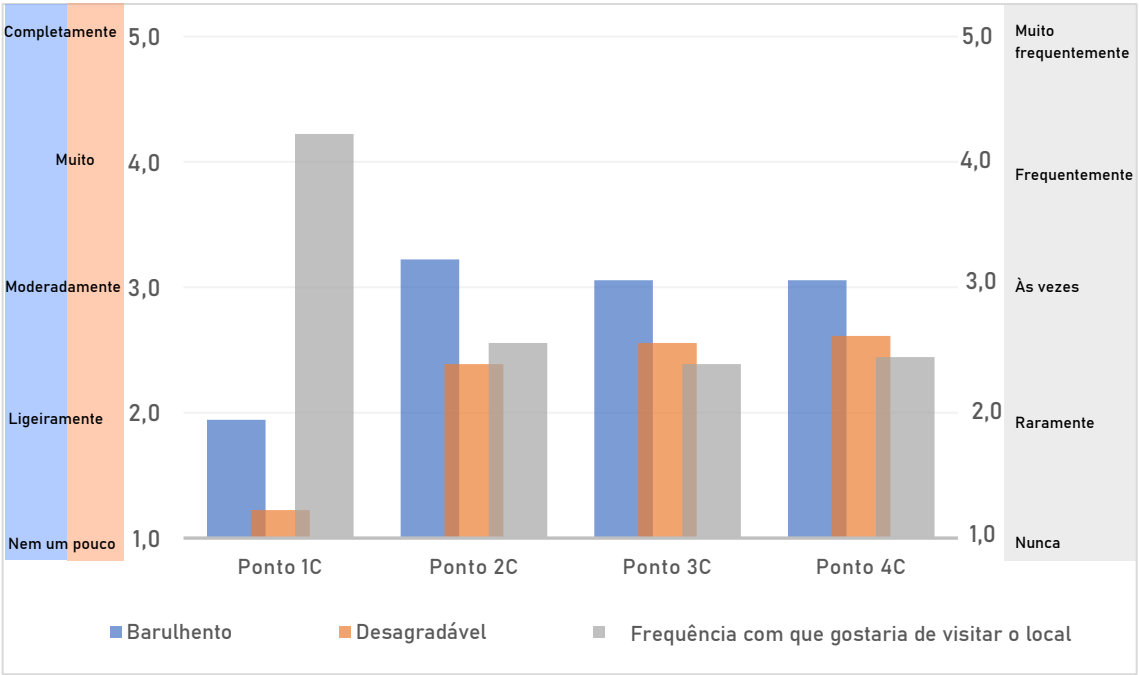
As avaliações dos ambientes quanto à qualidade, adequação do ambiente sonoro (Figura 48) e os resultados das percepções dos ambientes como barulhentos e desagradáveis (Figura 49), foram similares nos pontos 2C (Praça Gogó da Ema), 3C (Totem “Eu amo Maceió”) e 4C (Cadeira Gigante), exceto o ponto 1C, localizado no Marco dos Corais, notadamente identificado como o local com maior avaliação quantos aos aspectos de qualidade e adequação do ambiente sonoro, bem como o local menos barulhento, menos desagradável e consequentemente, com maior expectativa de retorno ao local novamente por parte dos participantes do experimento.

Figura 48: Avaliação e adequação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Figura 49: Percepção da qualidade sonora (barulhento, desagradável) x frequência com que gostaria de visitar o local novamente para cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Os registros dos parâmetros ambientais durante o experimento revelaram que a temperatura do ar variou entre 29,1 e 29,5 °C, com umidade entre 77,2% e 80,5% e velocidade do vento de 3 a 3,7 m/s (Tabela 4), em condições de céu ensolarado e com nuvens. As medições das métricas acústicas apontaram o ponto 1C (Marco dos Corais) como a localização com menores níveis sonoros, em oposição ao ponto 4C (Cadeira Gigante), identificado como o ambiente com níveis sonoros mais elevados. O Apêndice 6 apresenta os espectros sonoros registrados durante as escutas do presente experimento.

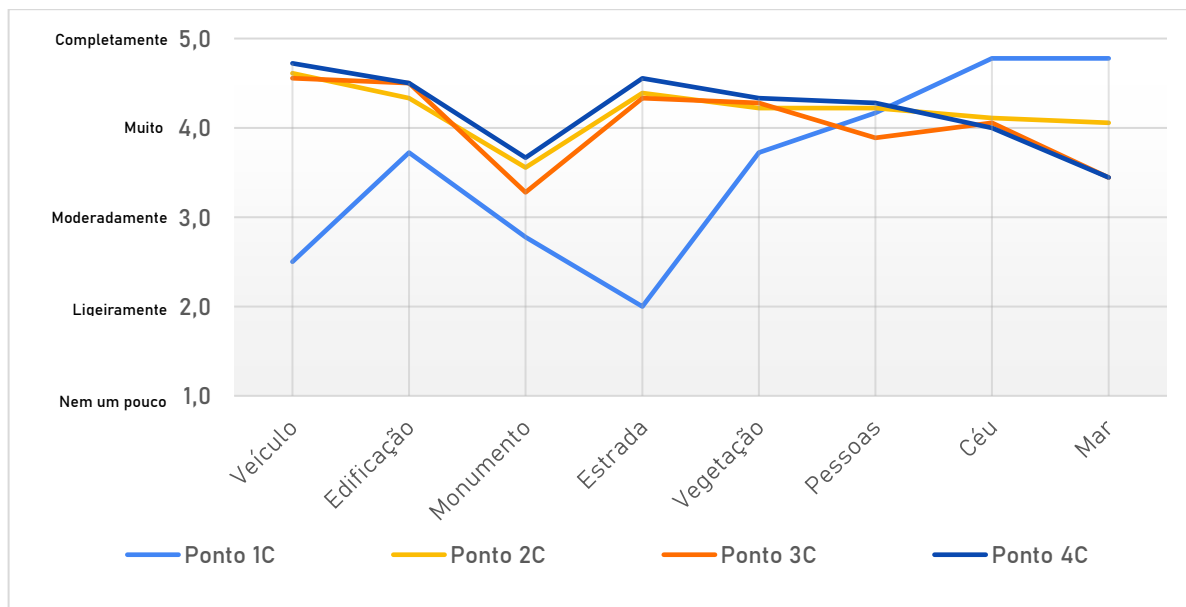
Tabela 4: Dados acústicos e ambientais medidos em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).

Ponto	L_{Aeq} [dB]	L_{A10} [dB]	L_{A50} [dB]	L_{A90} [dB]	L_{AFmax} [dB]	L_{AFmin} [dB]	L_c [dB]	Temperatura [C°]	Umidade [%]	Velocidade do vento [m/s]
1C	50,8	51,4	48,8	46,8	72,2	43,8	97,3	29,5	77,2	3,2
2C	61	62,5	53,5	47	73,6	47,9	97,8	29,3	77,4	3
3C	61,8	64,4	58,6	54,2	77,6	49,6	96	29,1	80,5	3,4
4C	66,2	71,2	61,6	61,6	79,8	54,4	95,1	29,2	78,4	3,7

Fonte: Elaboração própria, 2024.

A avaliação dos aspectos visuais indica que dentre os pontos/localizações experimentadas (Figura 50), o ponto 1C, Marco dos Corais, trata-se do ambiente com maior visualização do céu e do mar, convergindo para os resultados obtidos na caminhada sonora anterior. O ponto 4C, Cadeira Gigante, apresentou as pontuações mais elevadas quanto à visualização da maioria dos aspectos considerados, como visualização de veículos, edificações, monumento, estrada, vegetação e pessoas, ou seja, possivelmente este ambiente foi compreendido como o local de maior informação visual. É possível presumir que o ambiente Cadeira Gigante tenha sido compreendido como o local de maior quantidade de informações visuais, e paralelo a isso, foi predominantemente percebido como um ambiente agitado, barulhento e com níveis sonoros mais elevados. O Apêndice 7 apresenta detalhadamente os resultados das avaliações referentes aos aspectos visuais em cada um dos pontos percorridos na presente caminhada.

Figura 50: Aspectos visuais em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

4.4 CAMINHADA SONORA DO DIA 20 DE SETEMBRO DE 2023 (CS4)

A caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (manhã de quarta-feira) percorreu cerca de 1,4 km, com paradas nos seguintes pontos: Feirinha do Artesanato da Pajuçara (ponto 1D), Skate Park Pajuçara (ponto 2D), Parquinho Ecológico (ponto 3D), Praça Multieventos (ponto 4D), Memorial Teotônio Vilela (ponto 5D) e Quadra de Areia da Pajuçara (ponto 6D) (Figura 51).

Figura 51: Pontos/localizações percorridos na caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).



1D Feirinha do Artesanato da Pajuçara



2D Skate Park Pajuçara



3D Parquinho Ecológico



4D Praça Multieventos



5D Memorial Teotônio Vilela



6D Quadra de Areia da Pajuçara



Fonte: Elaboração própria, 2024.

O experimento teve início às 9:40 h e finalização às 11 h da manhã e contou com a participação de 20 pessoas no experimento. A turma participante é proveniente do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, disciplina Conforto Ambiental (Figura 52).

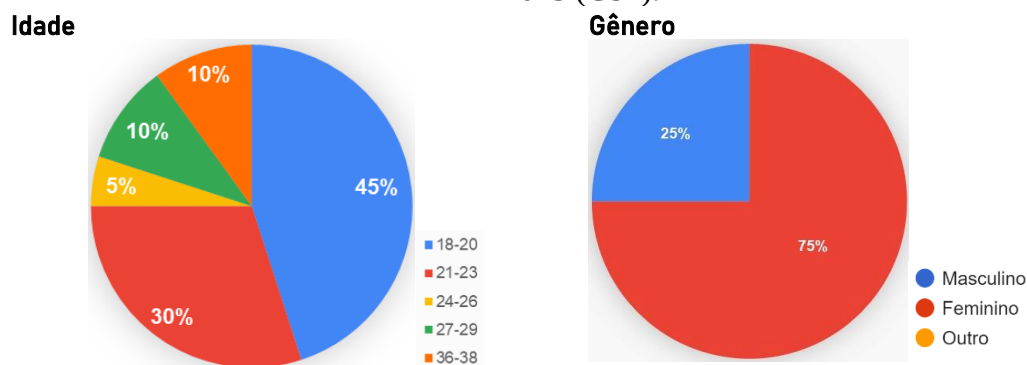
Figura 52: Imagens da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).



Fonte: Acervo pessoal, 2023.

Quanto ao perfil dos participantes do experimento, 45% do público assinalou que se enquadra na faixa etária entre 18 e 20 anos. A maioria dos participantes, 75%, identificou-se como do gênero feminino (Figura 53). Nenhum dos participantes respondentes se declarou como portador de deficiência auditiva.

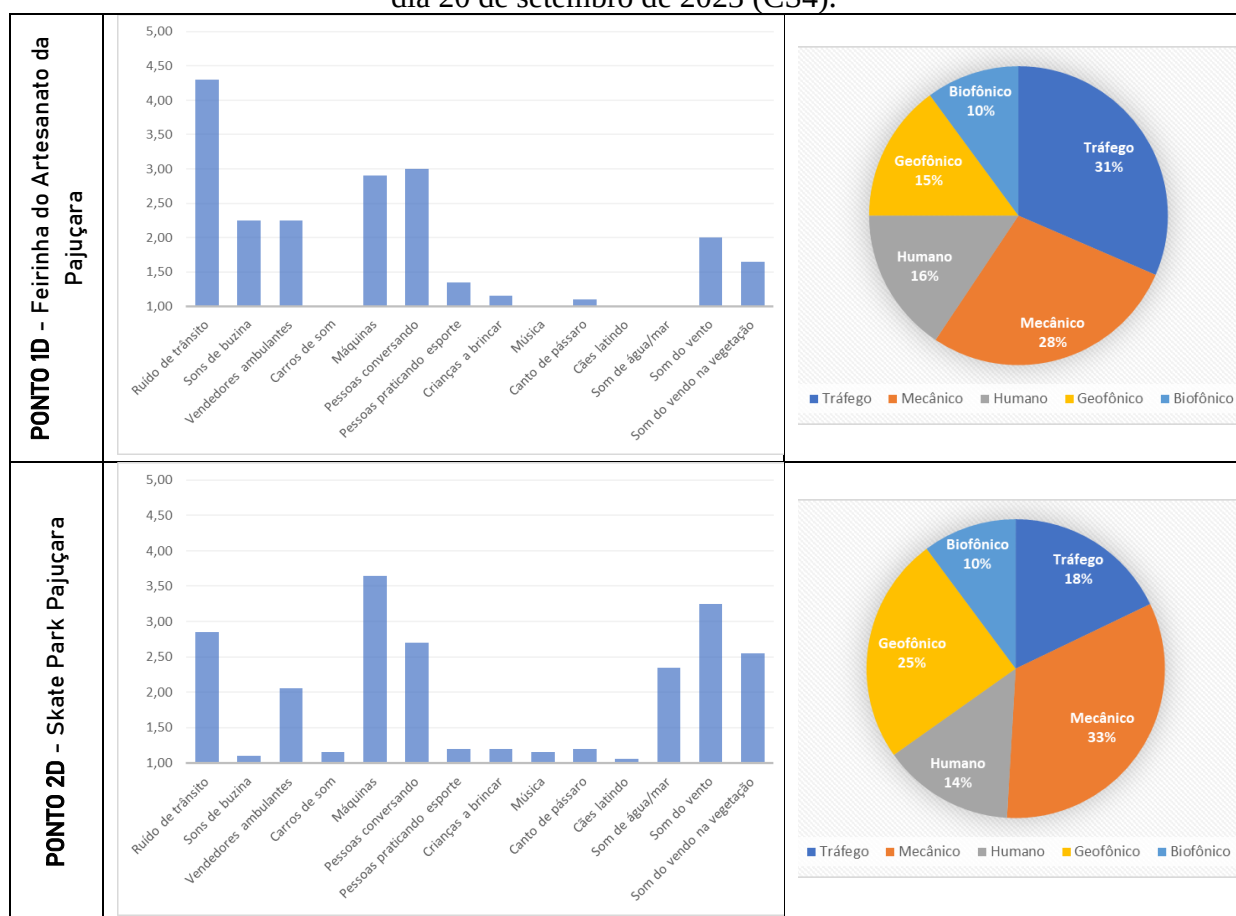
Figura 53: Idade e gênero dos participantes da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).

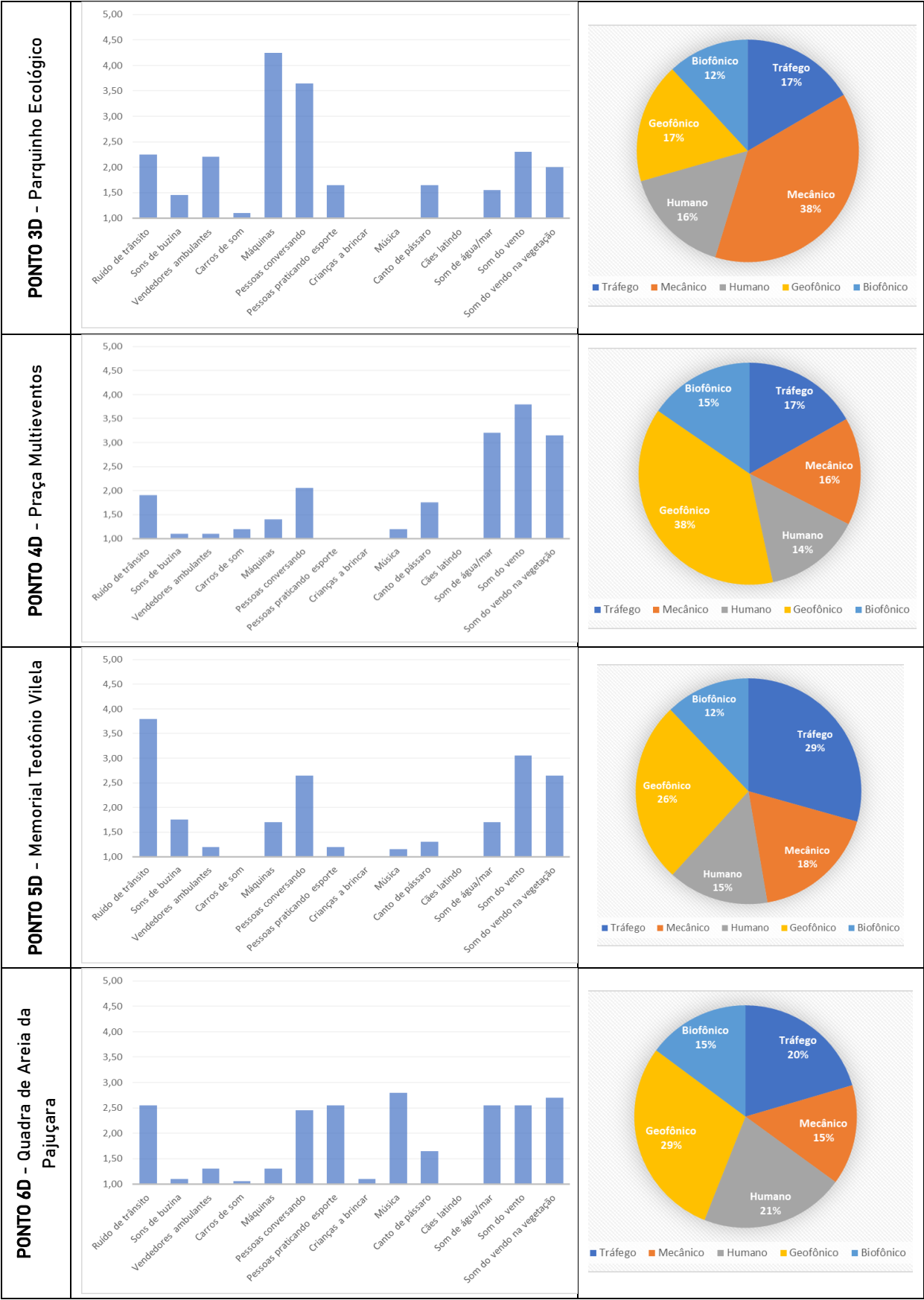


Fonte: Elaboração própria, 2024.

Ao avaliar a presença de fontes sonoras nos pontos/localizações em questão, é possível observar que os ambientes de maior predominância do ruído de tráfego consistem no ponto 1D, situado na Feirinha do Artesanato da Pajuçara e ponto 5D, Memorial Teotônio Vilela (Quadro 18). Nos pontos 2D (Skate Park Pajuçara) e 3D (Parquinho Ecológico) houve a interferência de som proveniente de máquinas, da operação de uma escavadeira, para remoção de materiais na faixa de areia por parte dos órgãos públicos, se caracterizando como um som intrusivo. No ponto 4D, localizado na Praça Multieventos, vale destacar a presença de sons de origem geofônica, tais como sons de água/mar, de vento e de vento na vegetação. O ponto 6D, situado na Quadra de Areia da Pajuçara, estava ocorrendo práticas esportivas no momento da escuta, portanto, foram identificados sons decorrentes de tais atividades, além de uma diversidade de sons em concomitante, como sons de tráfego, música e sons naturais (geofônicos e biofônicos).

Quadro 18: Identificação da fonte sonora em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).

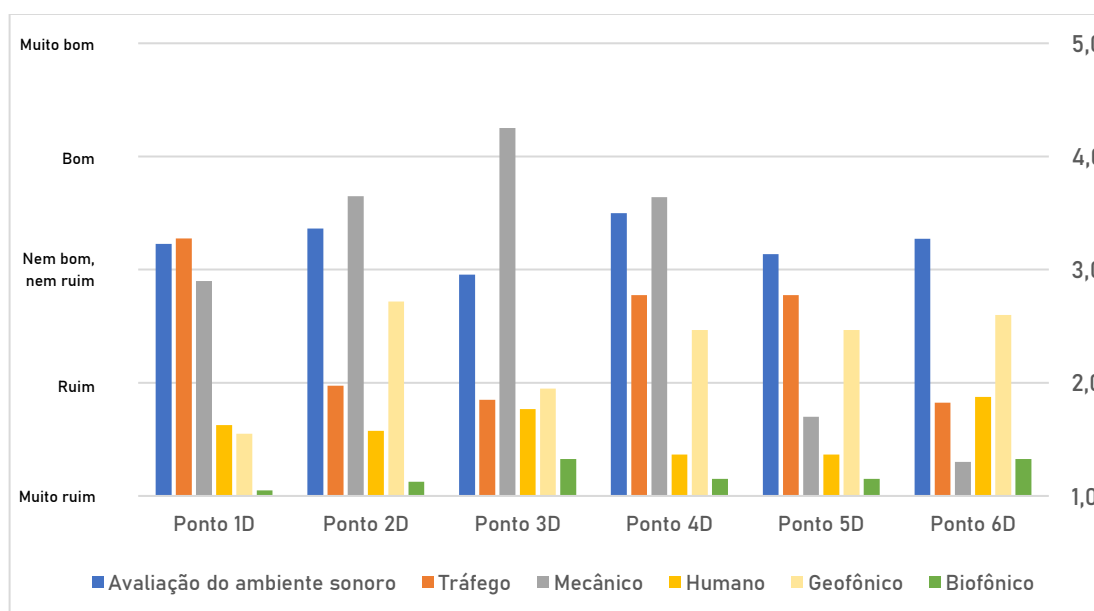




Fonte: Elaboração própria, 2024.

Ao relacionar a avaliação de qualidade do ambiente sonoro e a classificação dos tipos de fontes sonoras, verifica-se que o ponto 3D, Parquinho Ecológico, foi julgado com a menor pontuação no que se refere à avaliação da qualidade do ambiente sonoro, ao comparar com os demais pontos (Figura 54). Tal percepção pode ter sido influenciada pela presença de sons de máquinas, que são classificados como sons mecânicos. A pontuação mais favorável quanto à avaliação da qualidade do ambiente sonoro foi encontrada no ponto 4D, Praça Multieventos, o que pode ter contribuído pela percepção de sons naturais, que normalmente são percebidos como sons positivos.

Figura 54: Classificação da fonte sonora x avaliação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).



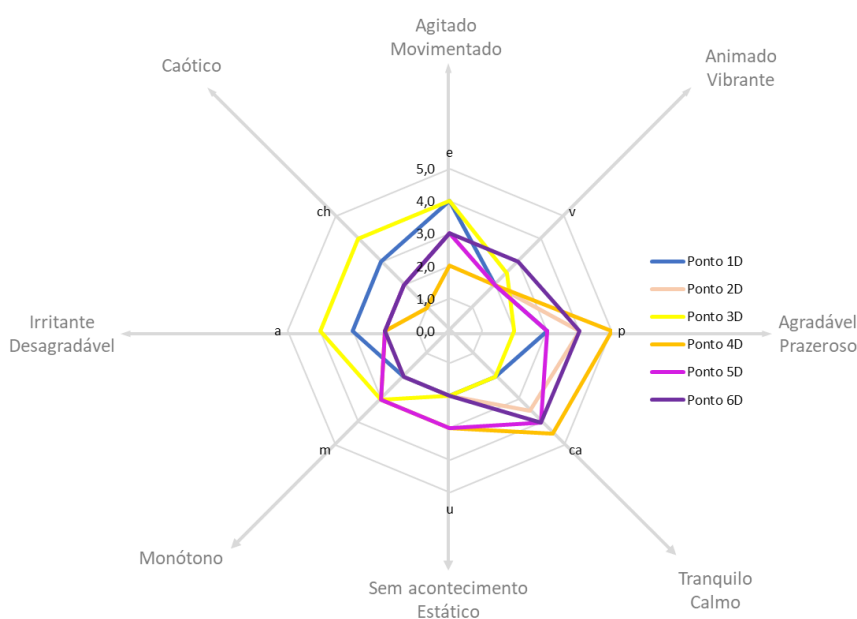
Fonte: Elaboração própria, 2024.

Por meio a comparação entre os resultados dos pontos/localizações da qualidade afetiva percebida, é possível constatar que o ponto 4D (Praça Multieventos), obteve a melhor avaliação quanto aos atributos agradável e tranquilo. Vale lembrar que o ponto 4D foi identificado como um ambiente com existência predominante de sons de água/mar e de vento, e foi julgado com a pontuação mais favorável quanto à avaliação da qualidade do ambiente sonoro (Figura 55 e Quadro 19). Em contraponto, o ponto 3D (Parquinho Ecológico) foi percebido em maior parte, como caótico, resultado que converge para outros aspectos anteriormente mencionados, como a baixa pontuação quanto à avaliação da qualidade do

ambiente sonoro, lembrando que houve a interferência do som intrusivo de máquinas durante o experimento nesta localização, principalmente.

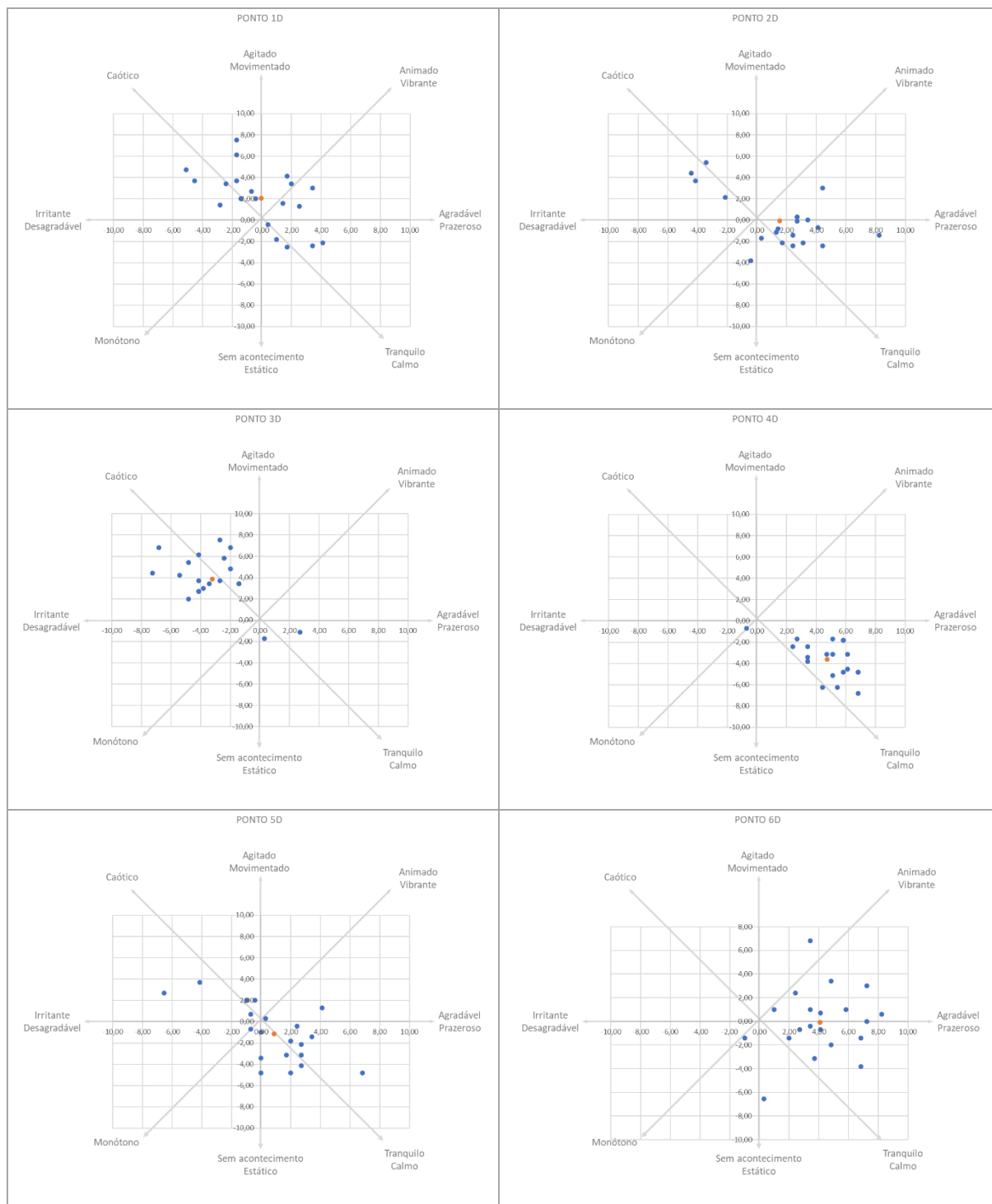
O ponto 1D, Feirinha do Artesanato da Pajuçara, foi percebido como um ambiente agitado, possivelmente em função do uso comercial do espaço e da presença simultânea do ruído de tráfego (predominante), vendedores ambulantes, máquinas, entre outros. Os pontos 2D (Skate Park Pajuçara) e 5D (Memorial Teotônio Vilela) apresentaram resultados semelhantes quanto à qualidade afetiva percebida, com pontuações entre os atributos agradável e tranquilo. O ponto 6D (Quadra de Areia da Pajuçara) apresentou uma maior dispersão dos resultados, com mediana em agradável, no quadrante entre animado e tranquilo (Figura 55 e Quadro 19), o que pode ser justificado pela existência de uma maior diversidade de fontes sonoras em concomitante.

Figura 55: Valores da mediana para cada um dos atributos da qualidade afetiva percebida considerando cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Quadro 19: Qualidade afetiva percebida em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).

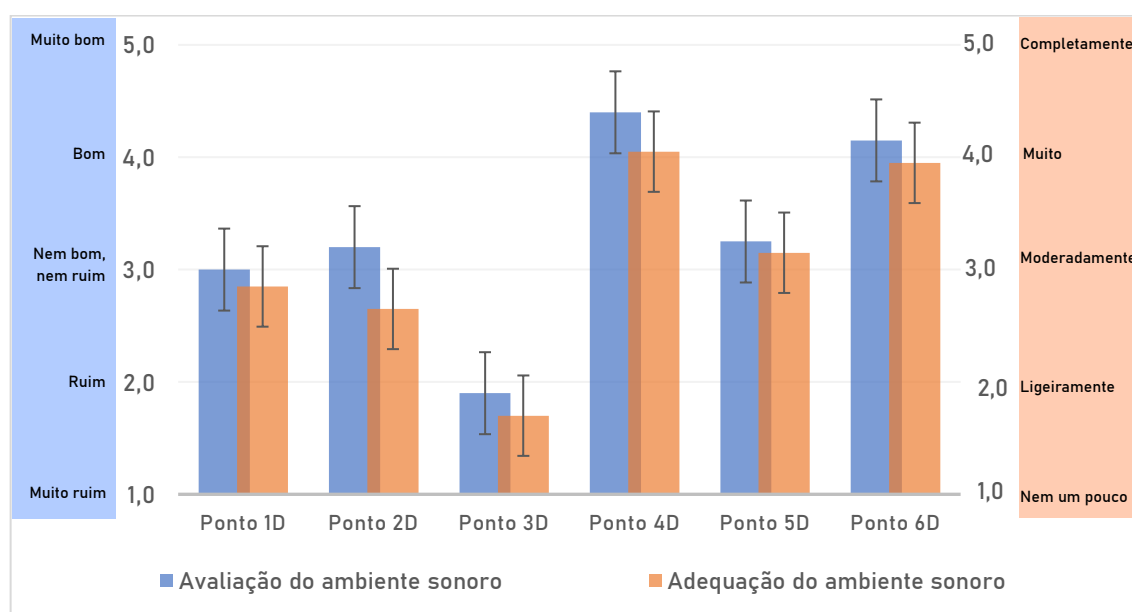


Fonte: Elaboração própria, 2024.

Ao relacionar os resultados da avaliação da qualidade e adequação do ambiente sonoro, é possível constatar que o ponto 4D (Praça Multieventos) alcançou os resultados mais positivos

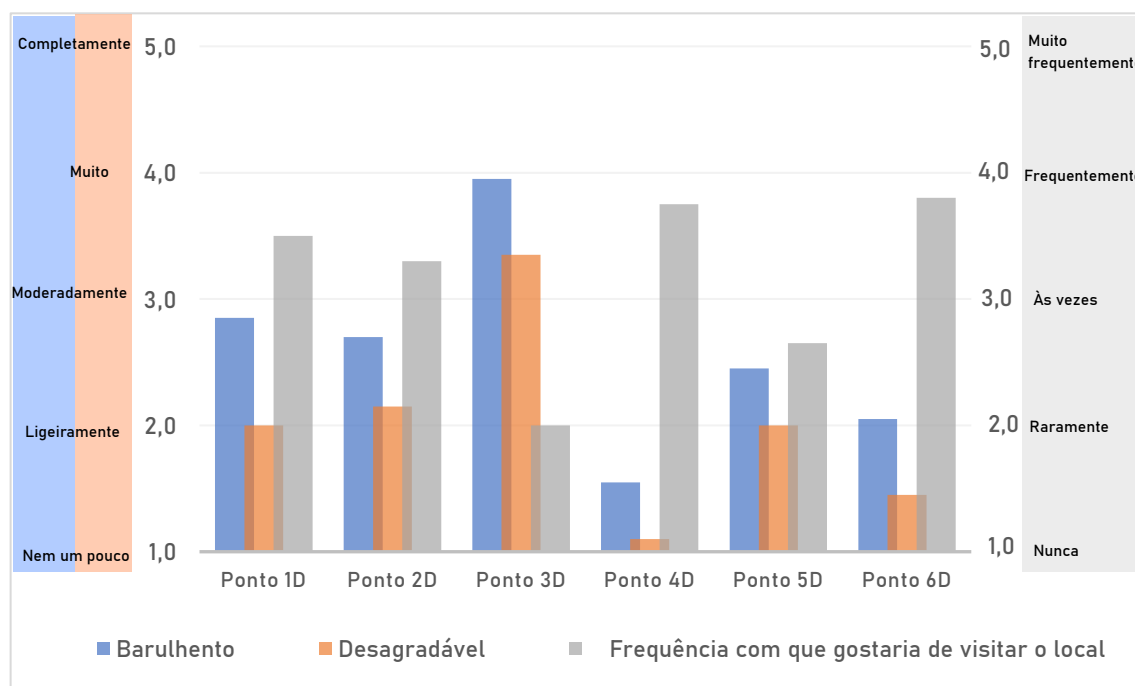
quanto à avaliação e adequação do ambiente sonoro ao local (Figura 56), além de ter sido julgado como o local menos barulhento e menos desagradável e com maior indicativo de expectativa de retorno ao local por parte dos participantes (Figura 57). O ponto 3D (Parquinho Ecológico), identificado como caótico, quanto à qualidade afetiva percebida, revelou-se como a localização com menor pontuação de avaliação da qualidade e adequação do ambiente sonoro ao local (Figura 56), e além disso, foi avaliado como o ambiente mais barulhento, desagradável, o que consequentemente resultou em uma menor sinalização de desejo em retornar ao local (Figura 57). Presume-se, assim, que a presença da fonte sonora intrusiva no Parquinho Ecológico, com som de máquina, prejudicou a paisagem sonora no momento da escuta.

Figura 56: Avaliação e adequação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Figura 57: Percepção da qualidade sonora (barulhento, desagradável) x frequência com que gostaria de visitar o local novamente para cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Tendo em vista os dados acústicos obtidos *in situ*, os resultados revelam que o ponto 4D (Praça Multieventos) alcançou os menores níveis de pressão sonora, que somado aos demais aspectos considerados na presente caracterização do ambiente acústico, indicam que esta localização foi a mais bem avaliada, ao comparar os demais pontos da caminhada sonora em questão (Tabela 5).

O ponto 3D (Parquinho Ecológico) obteve as pontuações menos favoráveis, sendo avaliado como o ambiente mais barulhento e desagradável, possivelmente devido à interferência do som de máquinas.

No que se refere às condições ambientais durante a quarta caminhada sonora, a temperatura do ar variou entre 30,40°C a 32,80°C, umidade relativa do ar entre 59,40% e 62,60%, com velocidade do vento oscilando entre 4 m/s e 4,2 m/s (Tabela 5). Quanto ao registro dos níveis sonoros, observa-se que os valores mais elevados foram registrados no ponto 3D (Parquinho Ecológico), com destaque para a interferência do som de máquinas em operação, além das pontuações menos favoráveis quanto à avaliação e adequação. Depois do ponto 3D, o

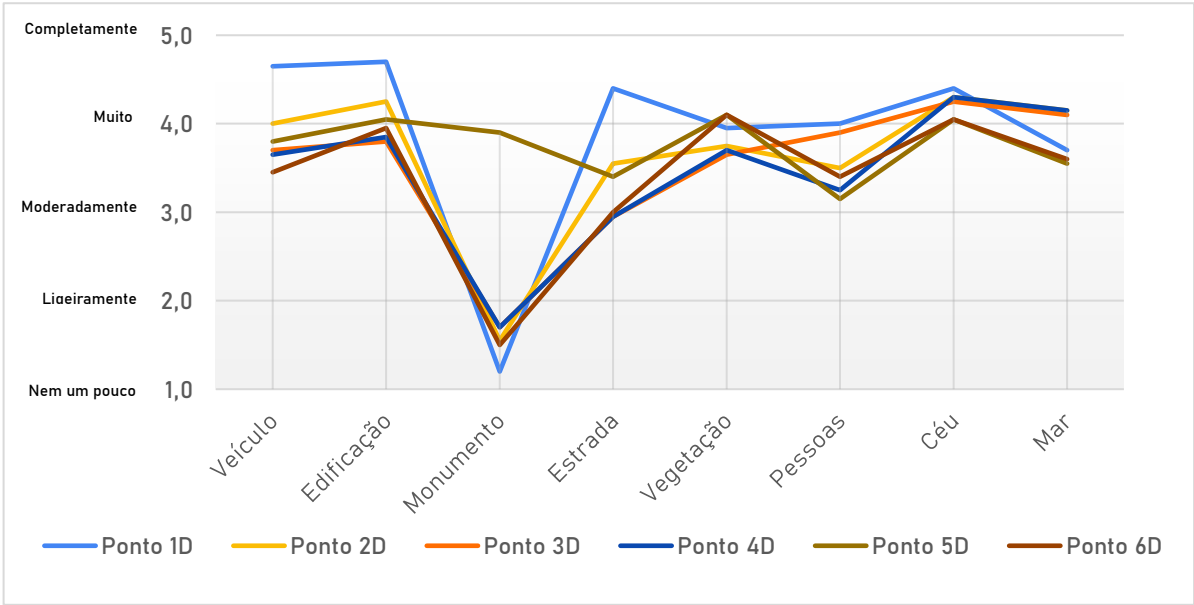
ponto com maiores níveis sonoros foi o ponto 1D, localizado na Feirinha do Artesanato da Pajuçara, que foi percebido também com maior visualização de veículos, edificações (Figura 58).

Tabela 5: Dados acústicos e ambientais medidos em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).

Ponto	<i>L</i> _{Aeq} [dB]	<i>L</i> _{A10} [dB]	<i>L</i> _{A50} [dB]	<i>L</i> _{A90} [dB]	<i>L</i> _{AFmax} [dB]	<i>L</i> _{AFmin} [dB]	<i>L</i> _c [dB]	Temperatura [C°]	Umidade [%]	Velocidade do vento [m/s]
1D	65	68,9	62,8	60,2	74,4	58,3	95,1	30,40	62,60	4,1
2D	61,2	63,2	61,2	58,1	65,1	56,7	94,6	30,90	62,10	4,2
3D	64,4	65,5	62,4	60,6	81,5	58,7	101,2	31,40	60,40	4,1
4D	56	57,1	55,6	54,4	62,2	53,5	97,1	30,90	61,40	4,2
5D	57,9	59,4	57,4	55,5	66,1	53,5	91,6	32,80	59,40	4,1
6D	58,6	61,4	56,1	53,1	67,2	50,9	88,1	32,60	59,40	4

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Figura 58: Aspectos visuais em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

É possível consultar os Apêndices 8 e 9 que apresentam maiores detalhes acerca dos espectros sonoros e os resultados dos aspectos visuais em cada um dos pontos/localizações.

4.5 CAMINHADA SONORA DO DIA 24 DE FEVEREIRO DE 2024 (CS5)

A caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 ocorreu em uma manhã de sábado, das 9h às 12h. Foi possível contar com a participação do público mais heterogêneo, quanto à idade e ocupações (profissões), composto por 12 pessoas. O percurso foi de aproximadamente 2,4 km, com paradas em 10 pontos/localizações: Marco dos Corais (ponto 1E), Praça Gogó da Ema (ponto 2E), Totem “Eu amo Maceió” (ponto 3E), Cadeira Gigante (ponto 4E), Entre os bares Lopana e Kanoa (ponto 5E), Parquinho Infantil (ponto 6E), Feirinha do Artesanato da Pajuçara (ponto 7E), Parquinho Ecológico (ponto 8E), Praça Multieventos (ponto 9E) e Memorial Teotônio Vilela (ponto 10E) (Figura 59 e Figura 60).

Figura 59: Pontos/localizações percorridos na caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Figura 60: Imagens do dia da quinta caminhada sonora, no dia 24 de fevereiro de 2024.

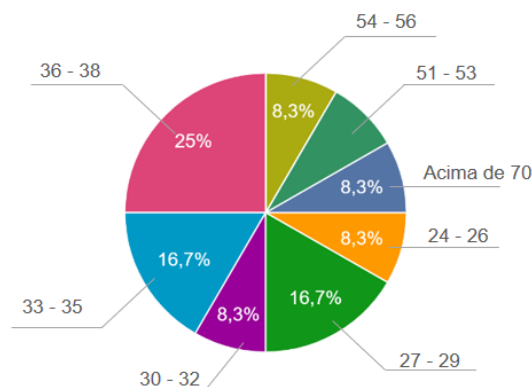


Fonte: Acervo pessoal, 2023.

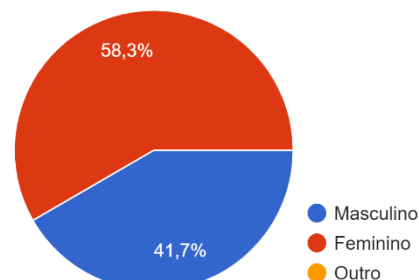
Como é possível observar na Figura 61, as faixas etárias dos participantes são mais diversas, se comparadas aos públicos participantes das caminhadas sonoras anteriores. O maior número percentual corresponde à faixa etária entre 36 e 38 anos, sendo 25% do total de participantes. As faixas etárias com idade mais elevada, acima de 51 anos, contabilizam 24,9% do total de participantes. Em termos de gênero, a maioria corresponde ao público feminino, com 58,3%, enquanto o público masculino corresponde ao percentual de 41,7%. Quatro participantes assinalaram que residem no bairro de Ponta Verde. Nenhum respondente declarou possuir deficiência auditiva.

Figura 61: Idade e gênero dos participantes da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).

Idade



Gênero

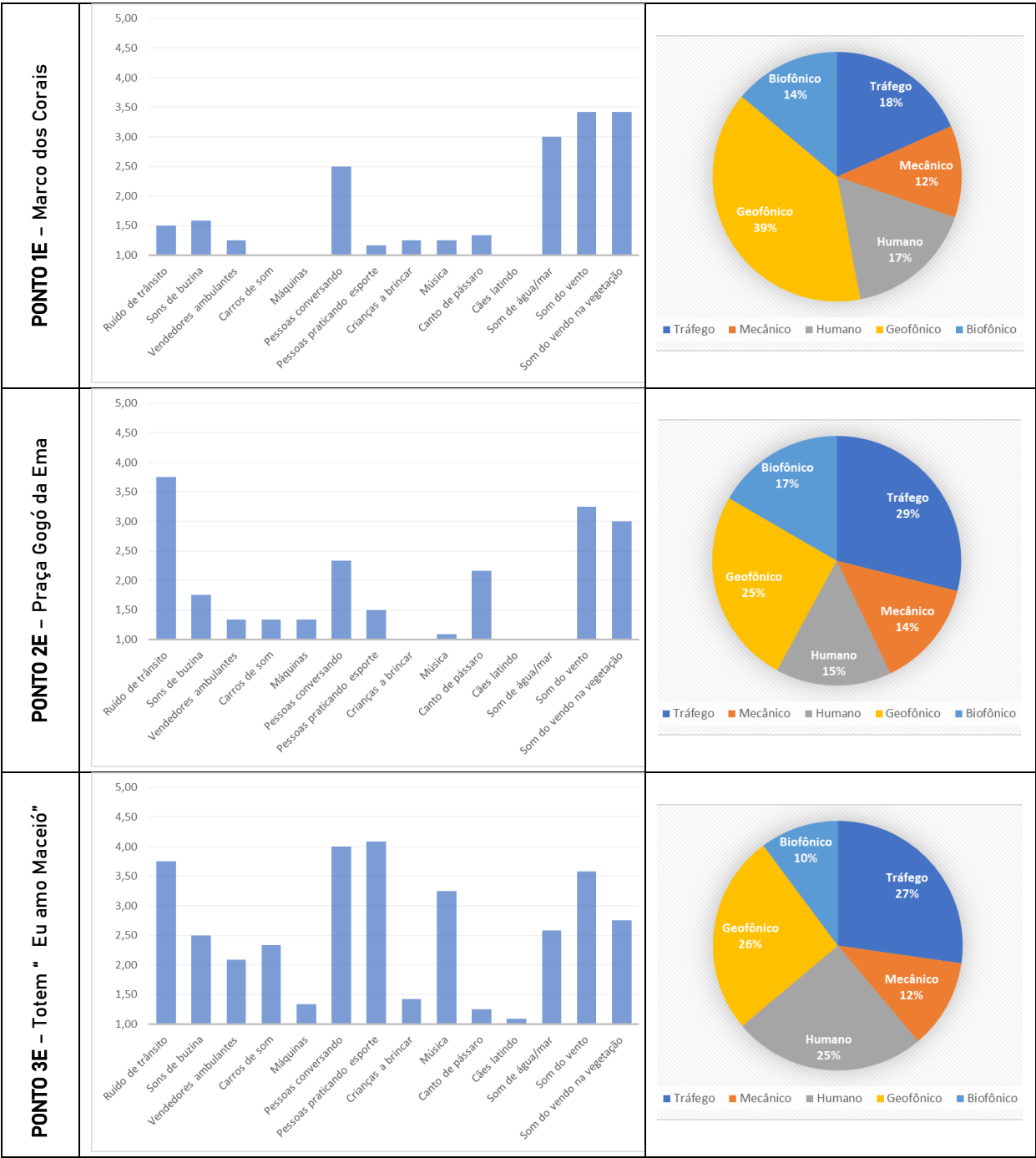


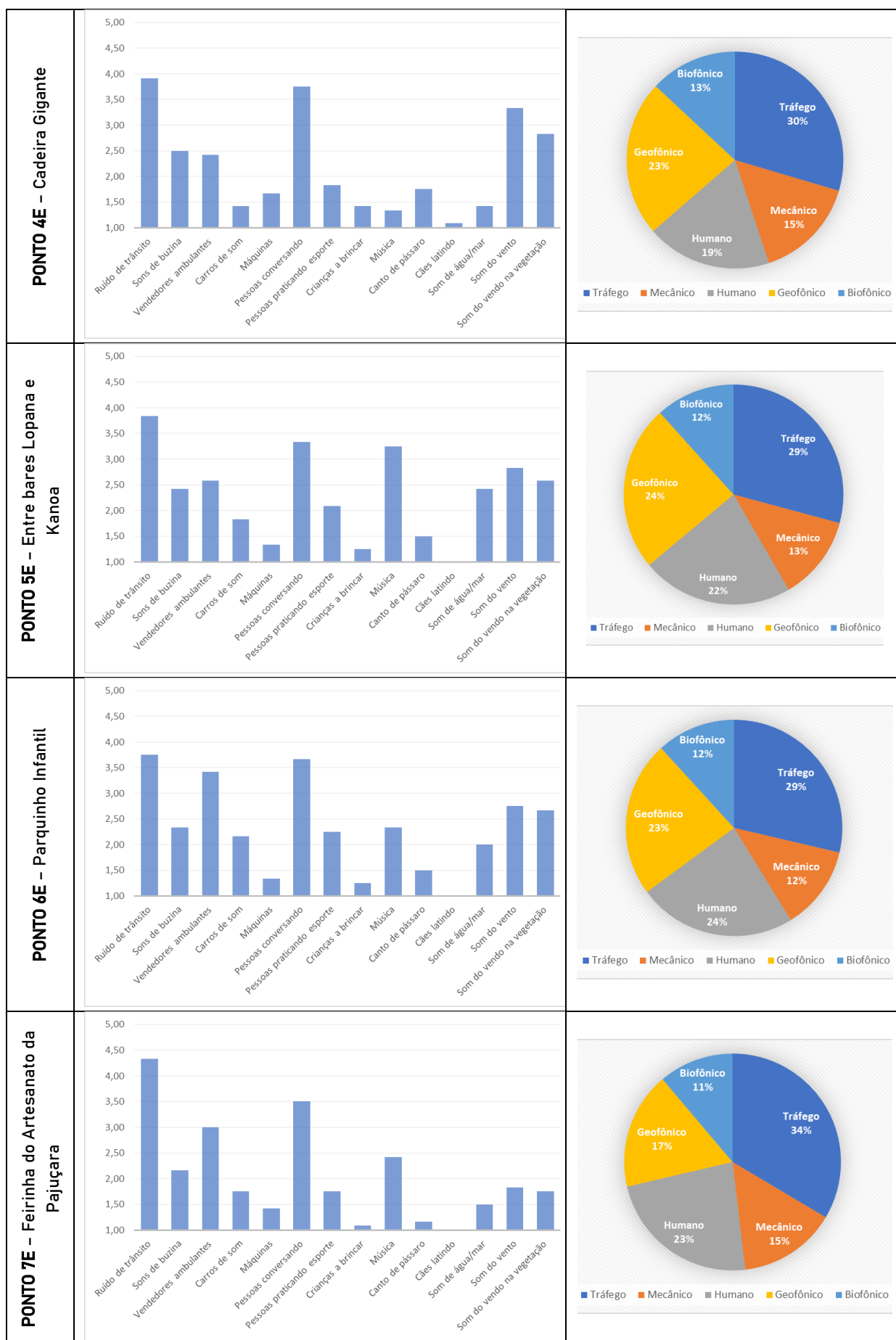
Fonte: Elaboração própria, 2024.

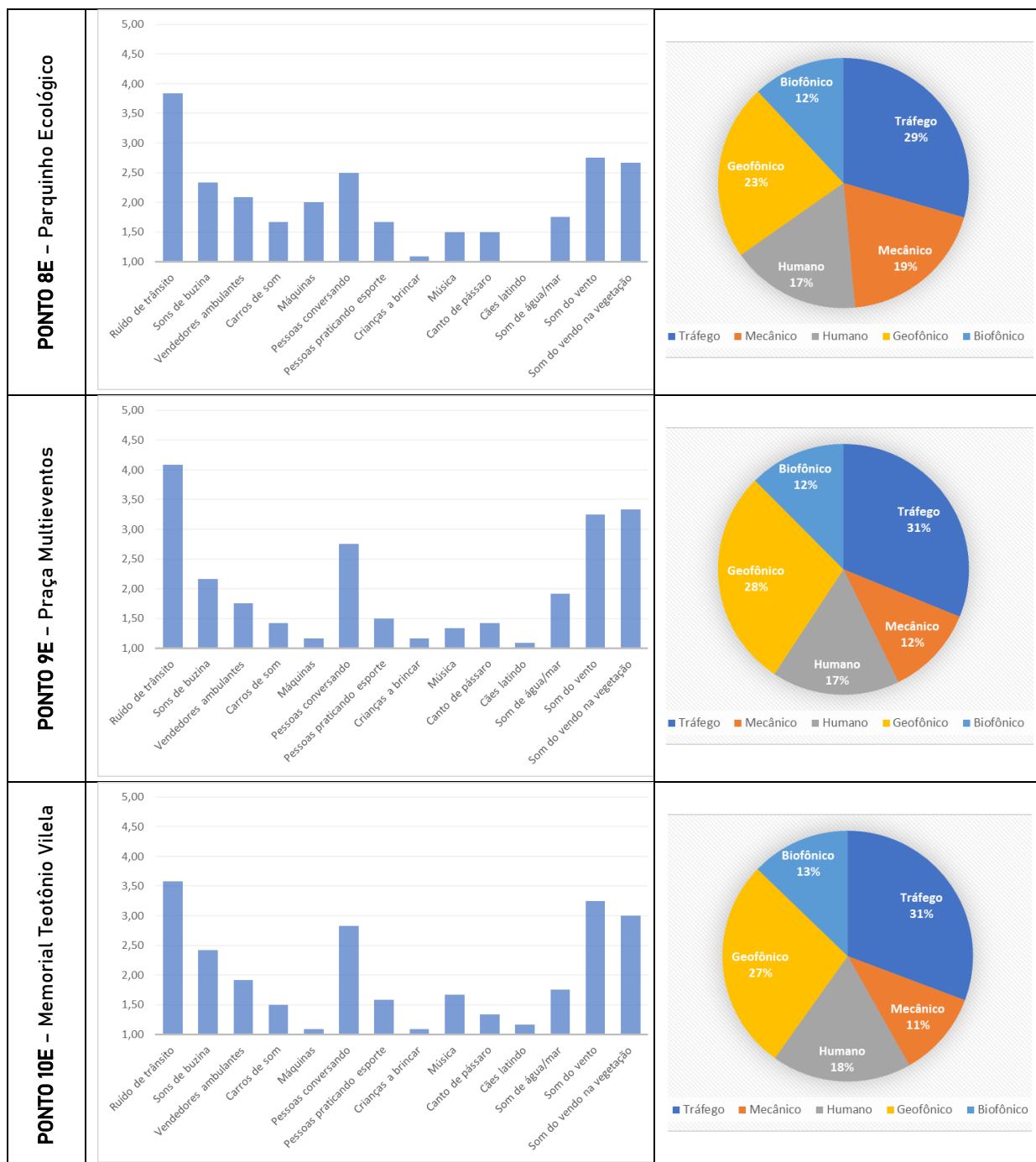
No tocante à identificação das fontes sonoras, dentre as dez localizações avaliadas na caminhada sonora em questão, o ruído proveniente de trânsito sobressai em oito pontos, exceto nos pontos 1E (Marco dos Corais) e 3E (Totem “Eu amo Maceió”) (Quadro 20), além do som de vento e som de vento na vegetação, caracterizados como sons geofônicos. Conforme já constatado nos experimentos realizados, no ponto 1E (Marco dos Corais), foi percebido predominantemente sons geofônicos (som de água/mar, som de vento e som de vento na vegetação), sendo o ruído de tráfego pouco percebido, característica recorrente para esta localização, visto a distância em relação às vias de tráfego. No ponto 3E (Totem “Eu amo Maceió”), há o destaque para a presença de sons decorrentes de conversas e de práticas esportivas no momento da escuta.

Dentre os pontos avaliados, o ponto 2E (Praça Gogó da Ema) correspondeu à localização com maior percepção de sons biofônicos, que neste caso, se deve aos sons de canto de pássaros, seguido dos sons de origem geofônica, como som de vento e som de vento na vegetação, embora tenha sido observada a presença preeminente dos sons de tráfego. Na Cadeira Gigante, ponto 4E, vale frisar a presença de som de pessoas conversando e sons geofônicos (som de vento e som de vento na vegetação), aspectos que podem indicar que se trata de um ambiente menos tumultuado no momento da escuta, se comparado aos cenários das caminhadas anteriores.

Quadro 20: Identificação da fonte sonora em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).





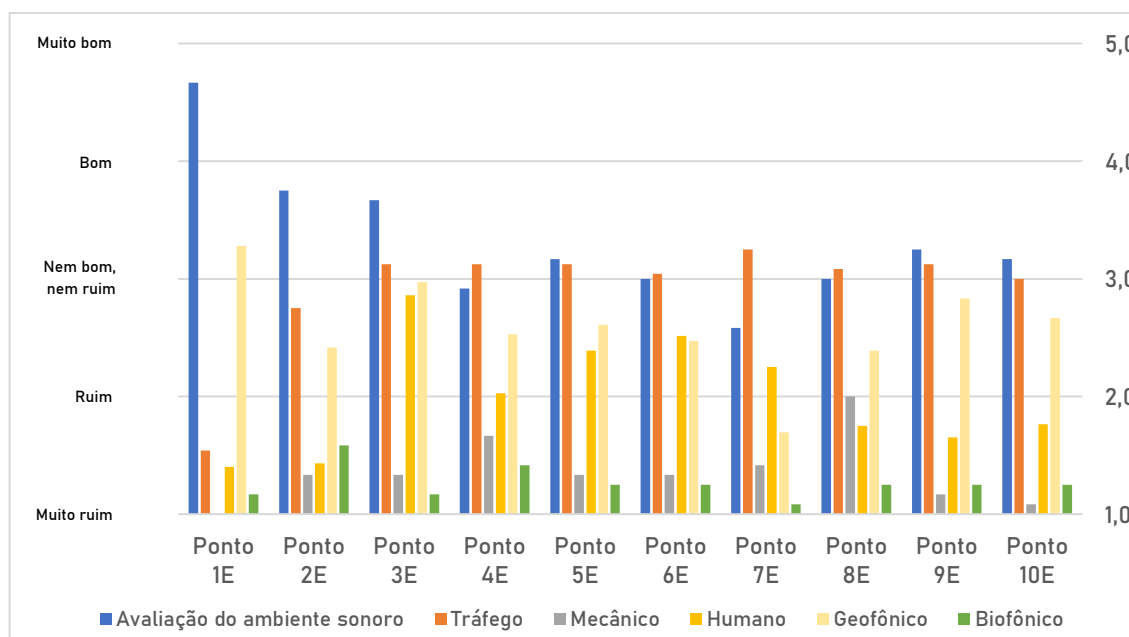


Fonte: Elaboração própria, 2024.

Os resultados da avaliação da qualidade do ambiente sonoro evidenciam que o ponto 1E (Marco dos Corais) corresponde à melhor localização experimentada, o que converge para os resultados encontrados nas caminhadas sonoras CS2 (dia 03 de setembro de 2022) e CS3 (26 de abril de 2023) (Figura 62). O ponto 4E, Cadeira Gigante, esteve entre os pontos menos favoráveis quanto à avaliação do ambiente sonoro nas caminhadas CS2 e CS3, porém, na presente caminhada sonora, não foi o local com a pior pontuação neste quesito. O local com a

pior avaliação do ambiente sonoro foi o ponto 7E (Feirinha do Artesanato), possivelmente devido à maior circulação de pessoas e atividades presentes no momento da escuta, além de ter apresentado uma baixa percepção dos sons naturais (geofônico e biofônico), se comparado aos demais pontos/localizações.

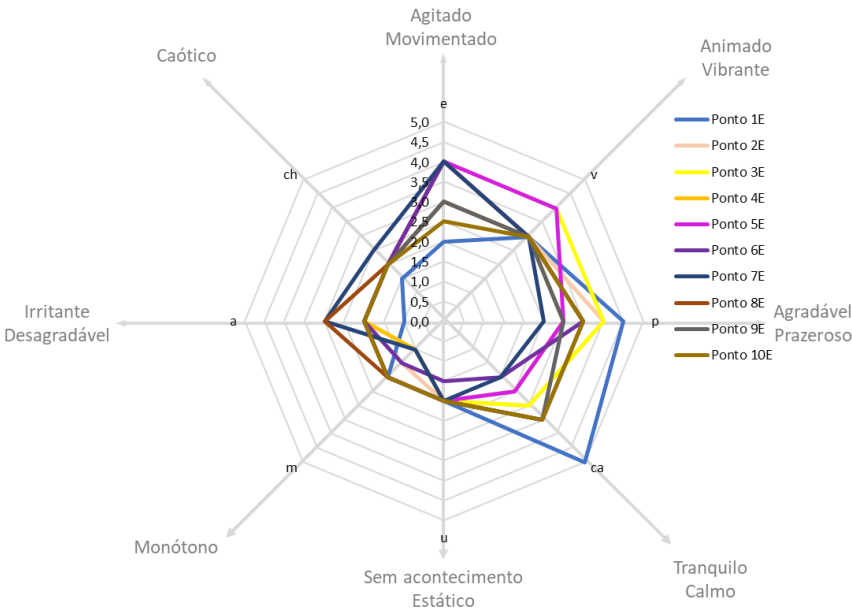
Figura 62: Classificação da fonte sonora x avaliação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

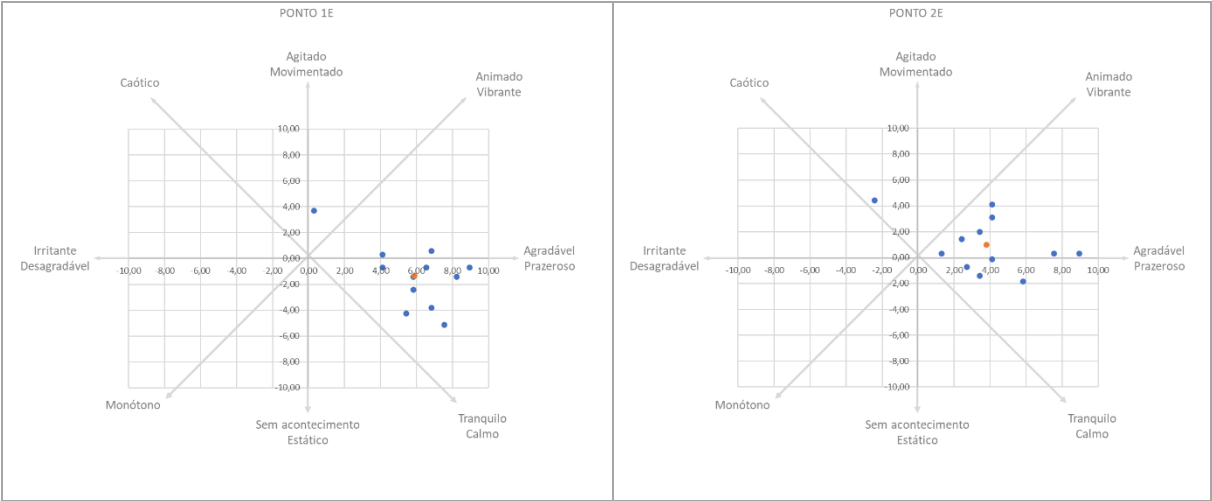
Ao comparar as avaliações relativas à qualidade afetiva percebida, o ponto/localização com maior percepção dos atributos agradável e tranquilo foi o ponto 1E, Marco dos Corais, o que revela que os resultados das avaliações tendem a convergir com os experimentos realizados (Figura 63 e Quadro 21). Além disso, outros ambientes foram predominantemente avaliados como agradáveis, tais como ponto 8E (Parquinho Ecológico), 9E (Praça Multieventos) e 10E (Memorial Teotônio Vilela). O ponto 7E (Feirinha do Artesanato da Pajuçara), detectado com a pontuação menos favorável quanto à avaliação do ambiente sonoro, foi julgado como predominantemente agitado. Pontos como 3E (Totem “Eu amo Maceió”), 4E (Cadeira Gigante), 5E (Entre bares Lopana e Kanoa) e 6E (Parquinho Infantil) foram percebidos predominantemente como ambientes animados. O ponto 2E (Praça Gogó da Ema) foi avaliado predominantemente como agradável, o que pode ser justificado pela percepção de sons biofônicos (canto de pássaros).

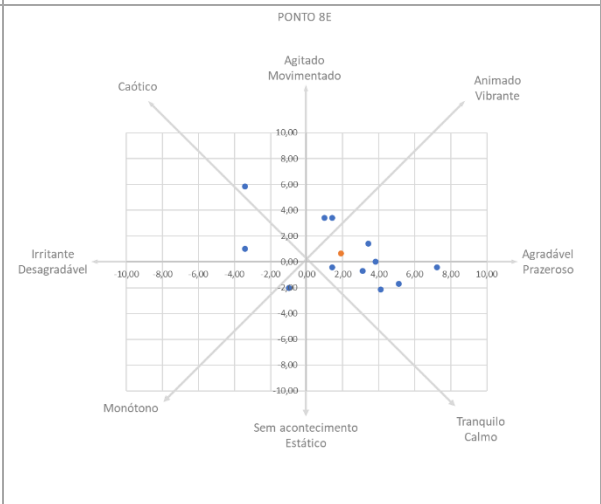
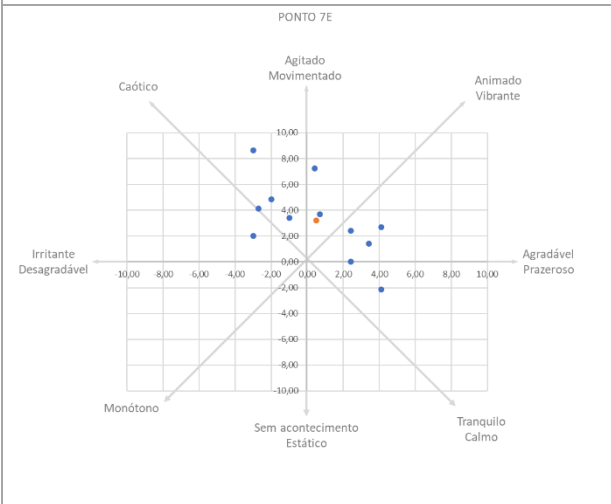
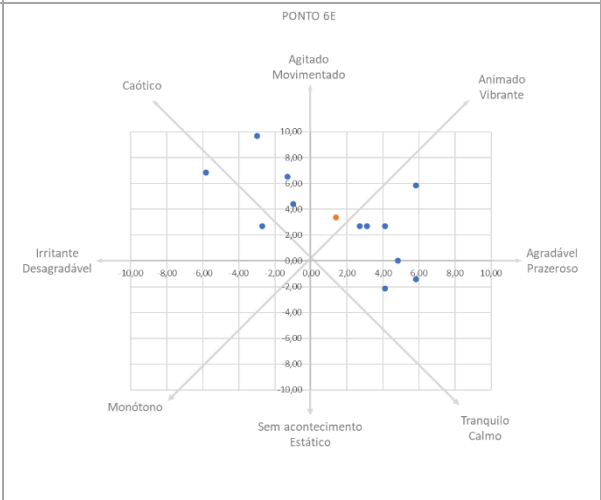
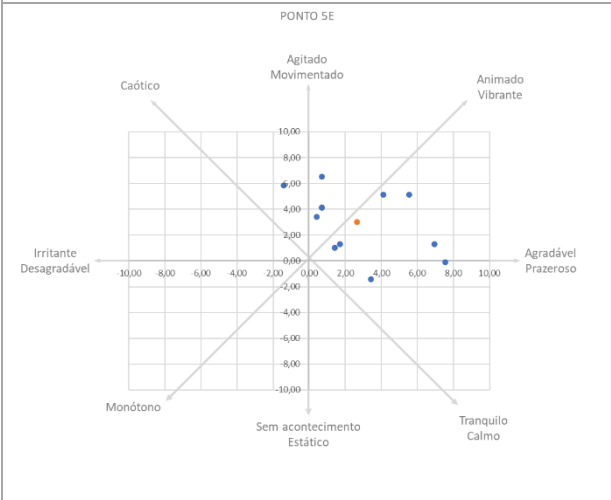
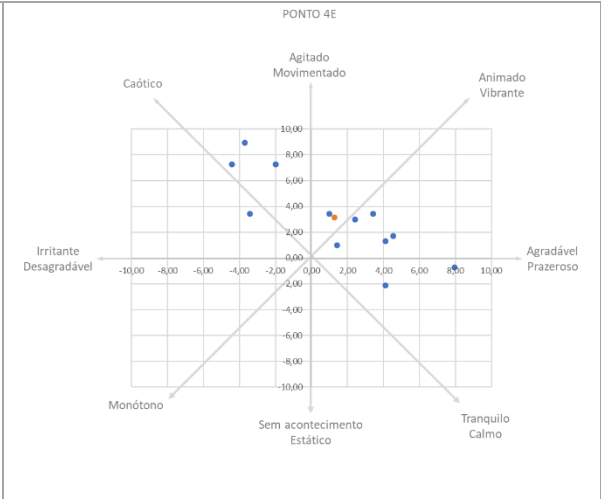
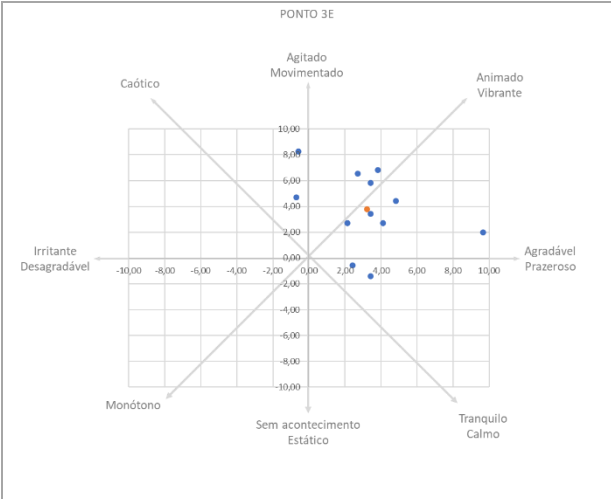
Figura 63: Valores da mediana para cada um dos atributos da qualidade afetiva percebida considerando cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).

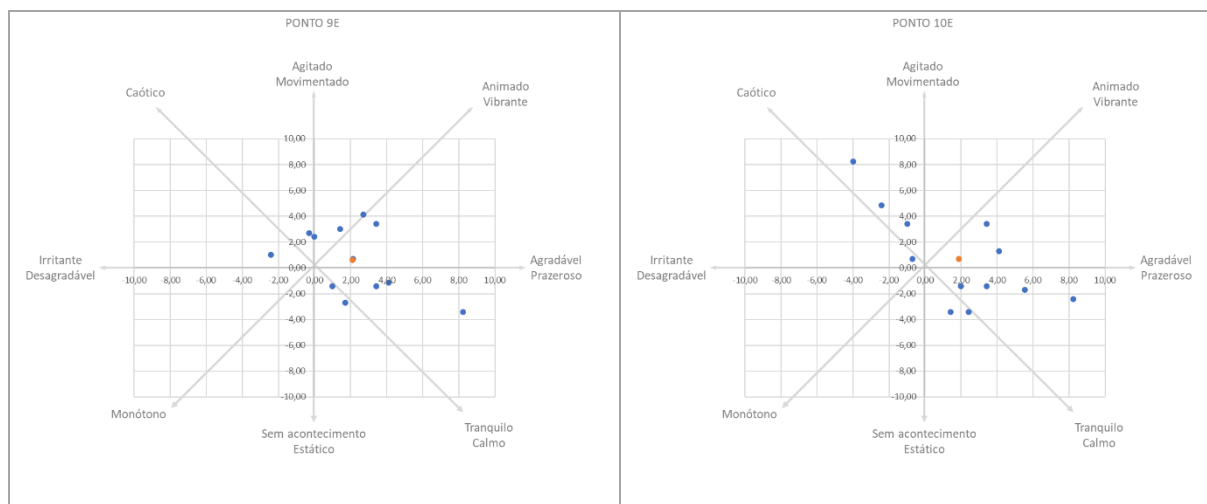


Fonte: Elaboração própria, 2024.

Quadro 21: Qualidade afetiva percebida em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).



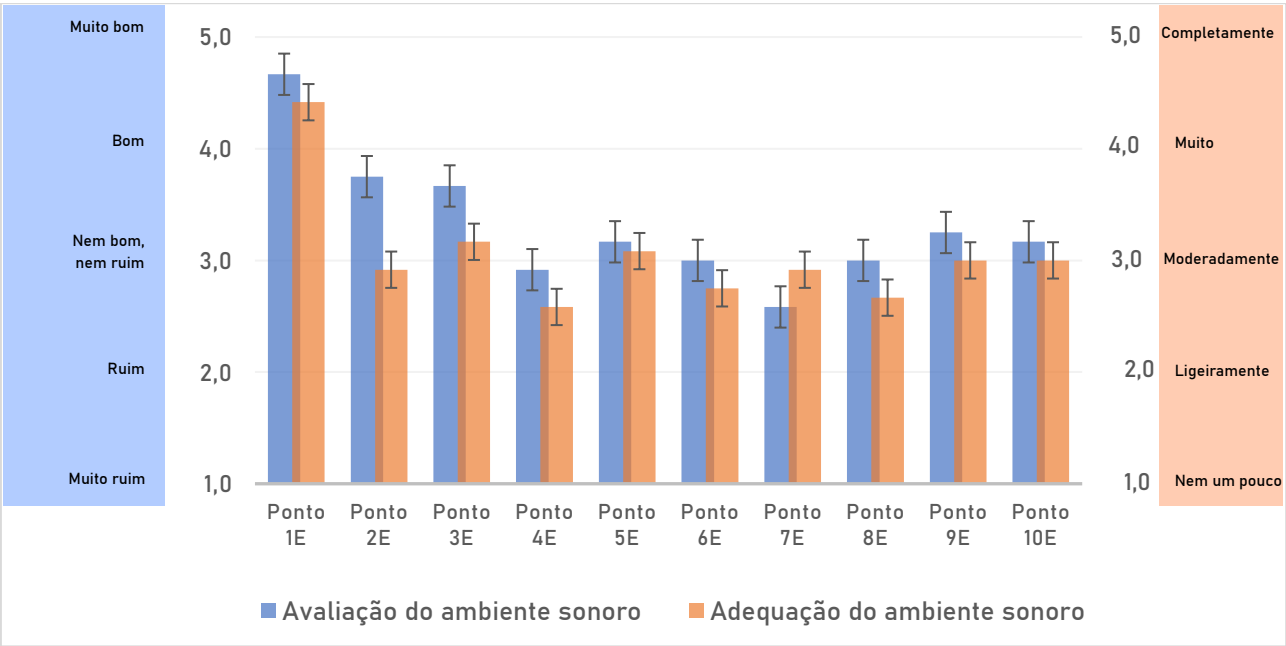




Fonte: Elaboração própria, 2024.

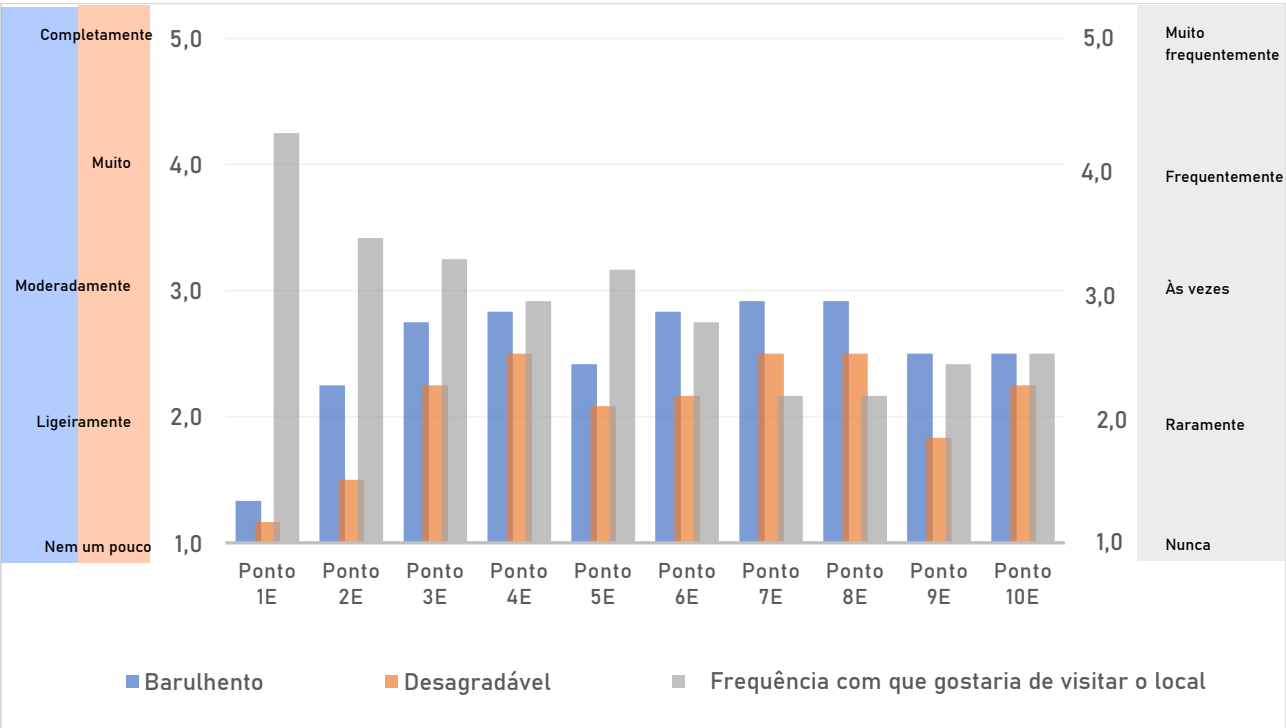
Conforme já esperado, o ponto 1E (Marco dos Corais) apresentou a melhor avaliação e adequação do ambiente sonoro ao local (Figura 64), além de ter sido avaliado como menos barulhento, menos desagradável e com maior indicativo de expectativa de retorno ao local, por parte dos participantes do experimento (Figura 65). O ponto 7E (Feirinha do Artesanato da Pajuçara), embora tenha sido julgado como a localização com a pontuação menos favorável quanto à avaliação da qualidade do ambiente sonoro, não foi o ambiente com a pior avaliação do quesito adequação do ambiente sonoro ao local (Figura 64). A Cadeira Gigante, ponto 4E, foi identificada como o ambiente menos adequado em relação ao ambiente sonoro (Figura 64). Os ambientes identificados como mais barulhentos e desagradáveis foram os pontos 7E (Feirinha do Artesanato da Pajuçara) e 8E (Parquinho Ecológico) e consequentemente, obtiveram as menores pontuações relacionadas ao desejo de visitar os locais novamente (Figura 65).

Figura 64: Avaliação e adequação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Figura 65: Percepção da qualidade sonora (barulhento, desagradável) x frequência com que gostaria de visitar o local novamente para cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

As medições dos dados acústicos objetivos apontam o Parquinho Ecológico, ponto 8E, como o ambiente com os níveis sonoros mais elevados, em quatro dos sete parâmetros considerados (Tabela 6). Vale ressaltar que o ponto 8E foi avaliado como um dos ambientes mais barulhentos, desagradáveis e com menor indicativo de desejo de retorno ao local por parte do público participante da pesquisa, além de ter alcançado a menor pontuação quanto à avaliação da qualidade do ambiente sonoro.

Os dados ambientais coletados mostraram uma variação de temperatura do ar entre 32,90 °C e 36,6°C, umidade relativa do ar entre 59,6% e 68,0% e velocidade do vento de 1m/s a 2,3 m/s (Tabela 6). Maiores detalhes acerca dos resultados dos espectros sonoros em cada um dos pontos/localizações, durante o experimento, podem ser consultados no Apêndice 10.

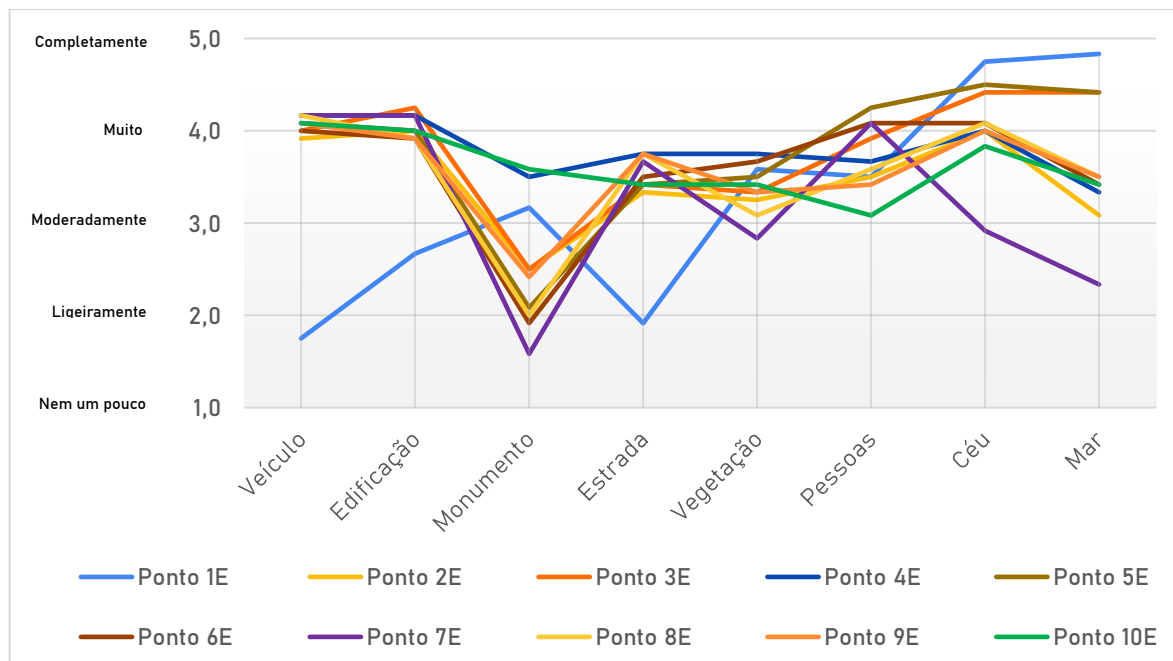
Tabela 6: Dados acústicos e ambientais medidos em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).

Ponto	L _{Aeq} [dB]	L _{A10} [dB]	L _{A50} [dB]	L _{A90} [dB]	L _{AFmax} [dB]	L _{AFmin} [dB]	L _c [dB]	Temperatura [C°]	Umidade [%]	Velocidade do vento [m/s]
1E	46,4	47,8	45,6	44,7	56,8	43,2	89,8	32,9	67,9	1,6
2E	54,2	56,2	53,2	51,3	62,4	50,1	87,5	36,1	60,7	1,4
3E	65,8	68,4	65,1	62,2	70,6	60,7	99,9	34,3	65,7	1,7
4E	65,4	68,1	64,2	61,4	73	59,7	105	33,0	63,8	1,8
5E	66,8	68,2	63,8	61,8	78,1	59,7	105,1	33,1	67,4	2,3
6E	63,7	67,8	59,2	57,6	73	56,7	94,9	33,3	68,0	1,2
7E	61,7	64,8	59,9	56,8	66,5	54,8	84,7	35,9	61,0	1,0
8E	67,6	70,6	65,1	59	78,7	56,9	101,4	36,6	59,6	1,3
9E	63,8	65,8	63,4	60,9	69,1	60,2	100,6	36,0	60,2	1,8
10E	62,5	64,6	61,7	60,1	68,8	58,5	100,2	35,0	61,9	1,7

Fonte: Elaboração própria, 2024.

No que se refere aos aspectos visuais, os participantes apontaram que ponto 1E, Marco dos Corais, foi percebida uma menor visualização de veículos e edificações e maior visualização de céu e mar. O ponto 7E (Feirinha do Artesanato da Pajuçara), que se destacou pela maioria dos resultados menos favoráveis quanto à caracterização do ambiente acústico, foi julgado como menor visualização de vegetação, céu e mar (Figura 66). No Apêndice 11, é possível observar informações mais detalhadas, apresentadas nos gráficos das avaliações dos aspectos visuais em cada um dos pontos.

Figura 66: Aspectos visuais em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

4.6 CAMINHADA SONORA DO DIA 16 DE MARÇO DE 2024 (CS6)

A última caminhada sonora realizou-se no dia 16 de março de 2024 (sábado, período da manhã, das 9h às 12h). O trajeto da caminhada foi similar ao experimento anterior, com início no Marco dos Corais (ponto 1F), no bairro de Ponta Verde, e término no Memorial Teotônio Vilela (ponto 10F), no bairro de Pajuçara, com aproximadamente 2,4 km percorridos (Figura 67).

Figura 67: Pontos/localizações percorridos na caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

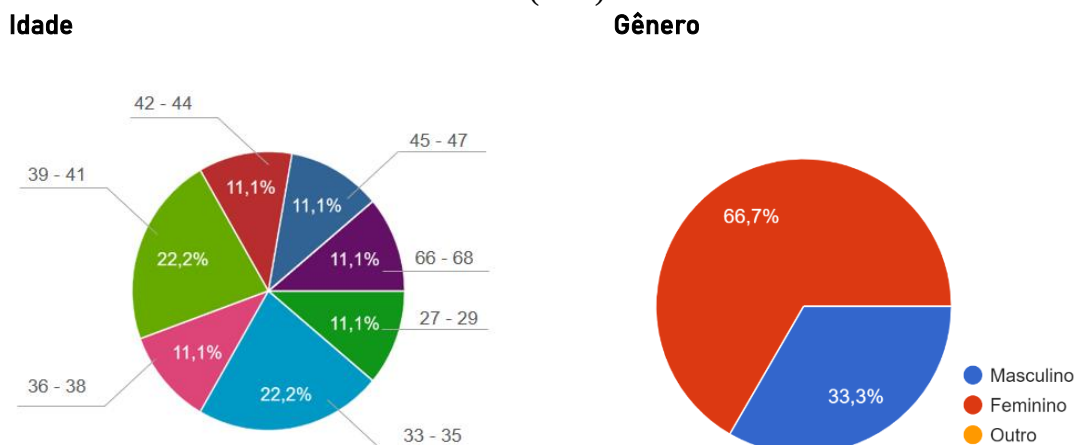
Assim como a caminhada sonora anterior, o experimento em questão também contou com a participação de um grupo heterogêneo, composto por 9 pessoas, no quesito idade e ocupação (profissão) (Figura 68 e Figura 69). A maioria dos respondentes corresponde à faixa etária compreendida entre 33 e 41 anos. Em relação ao gênero, a maioria dos participantes assinalou como pertencente ao gênero feminino, 66,7%. Foram identificados quatro respondentes residentes no bairro da Ponta Verde. Nenhum dos participantes declarou-se portador de deficiência auditiva.

Figura 68: Imagem da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).



Fonte: Acervo pessoal, 2024.

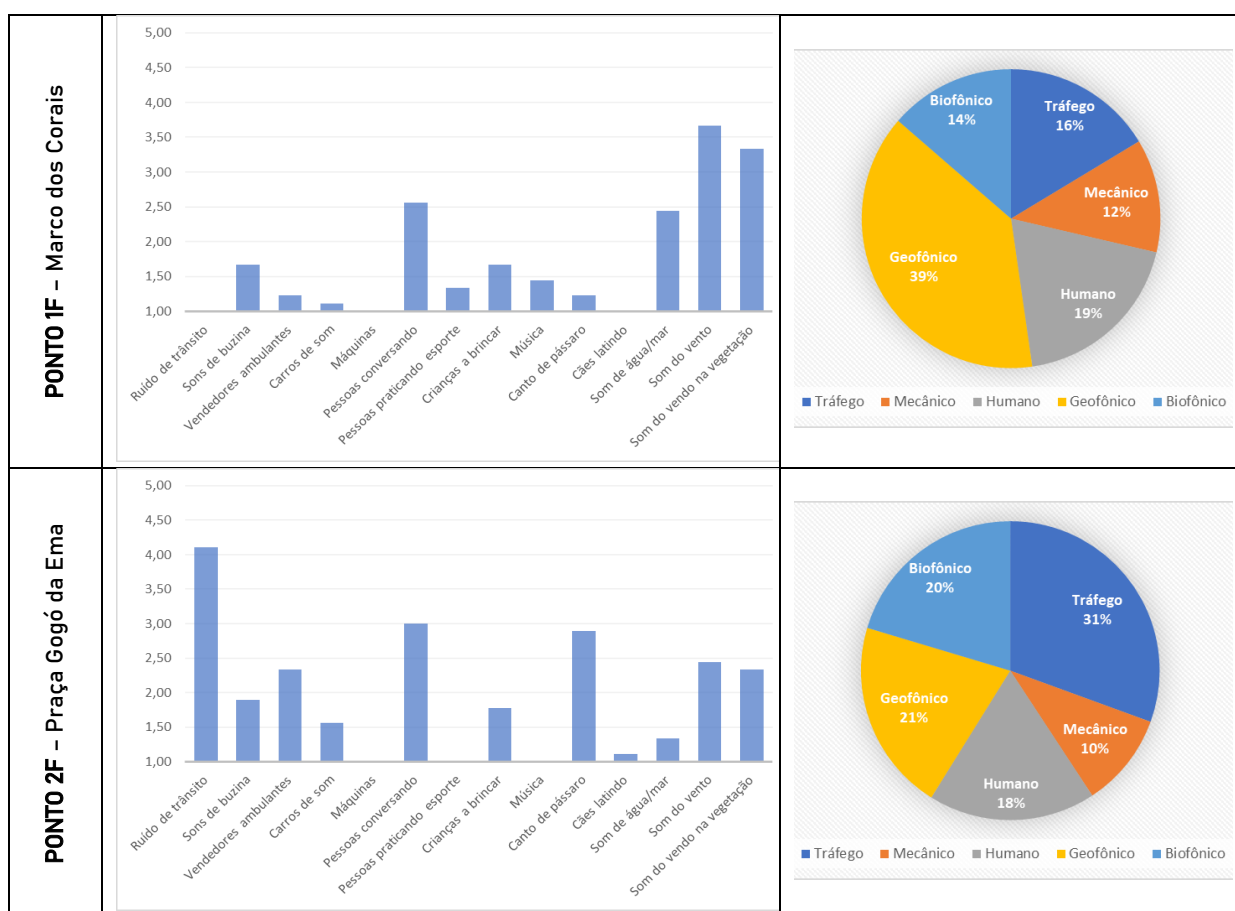
Figura 69: Idade e gênero dos participantes da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).

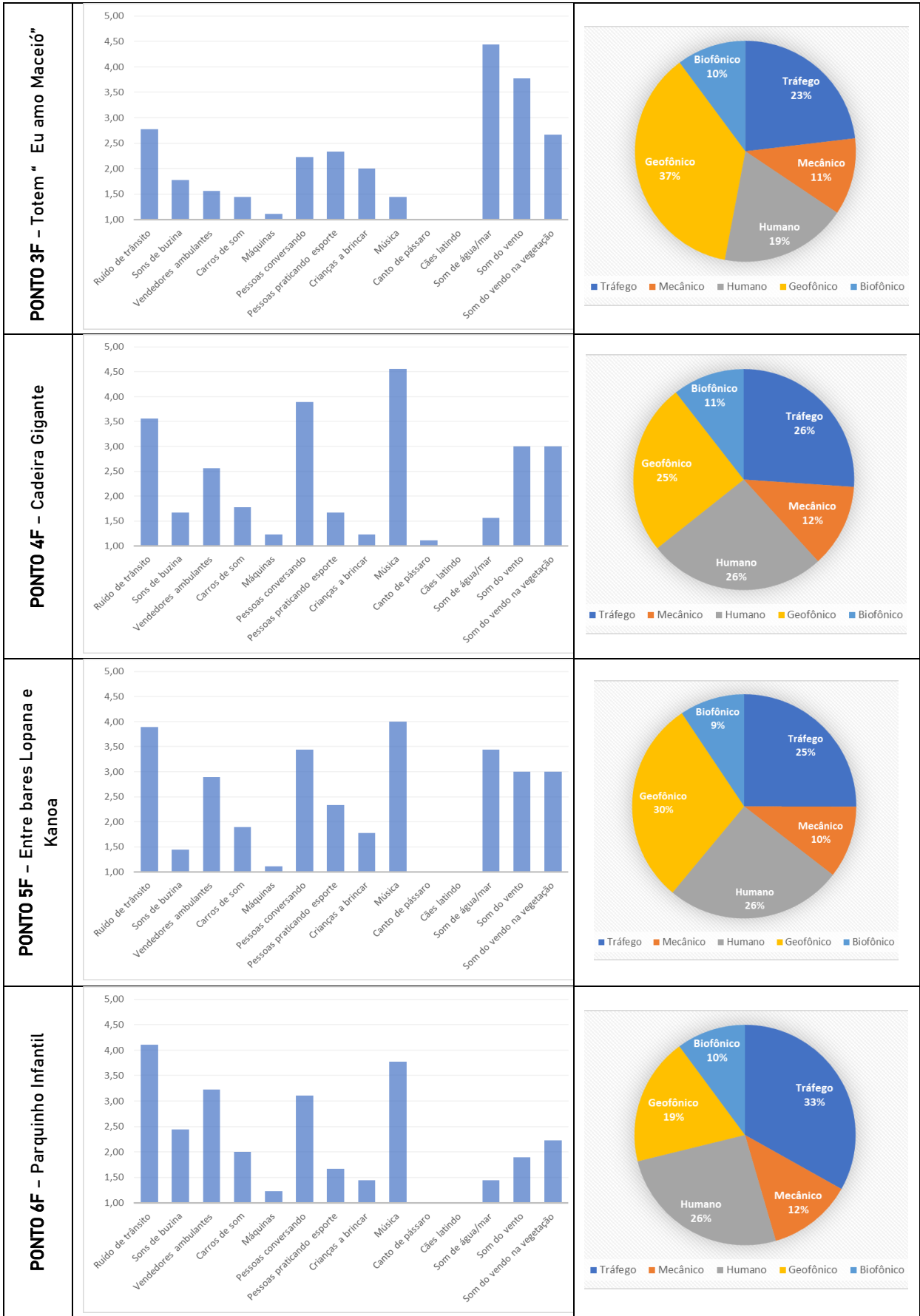


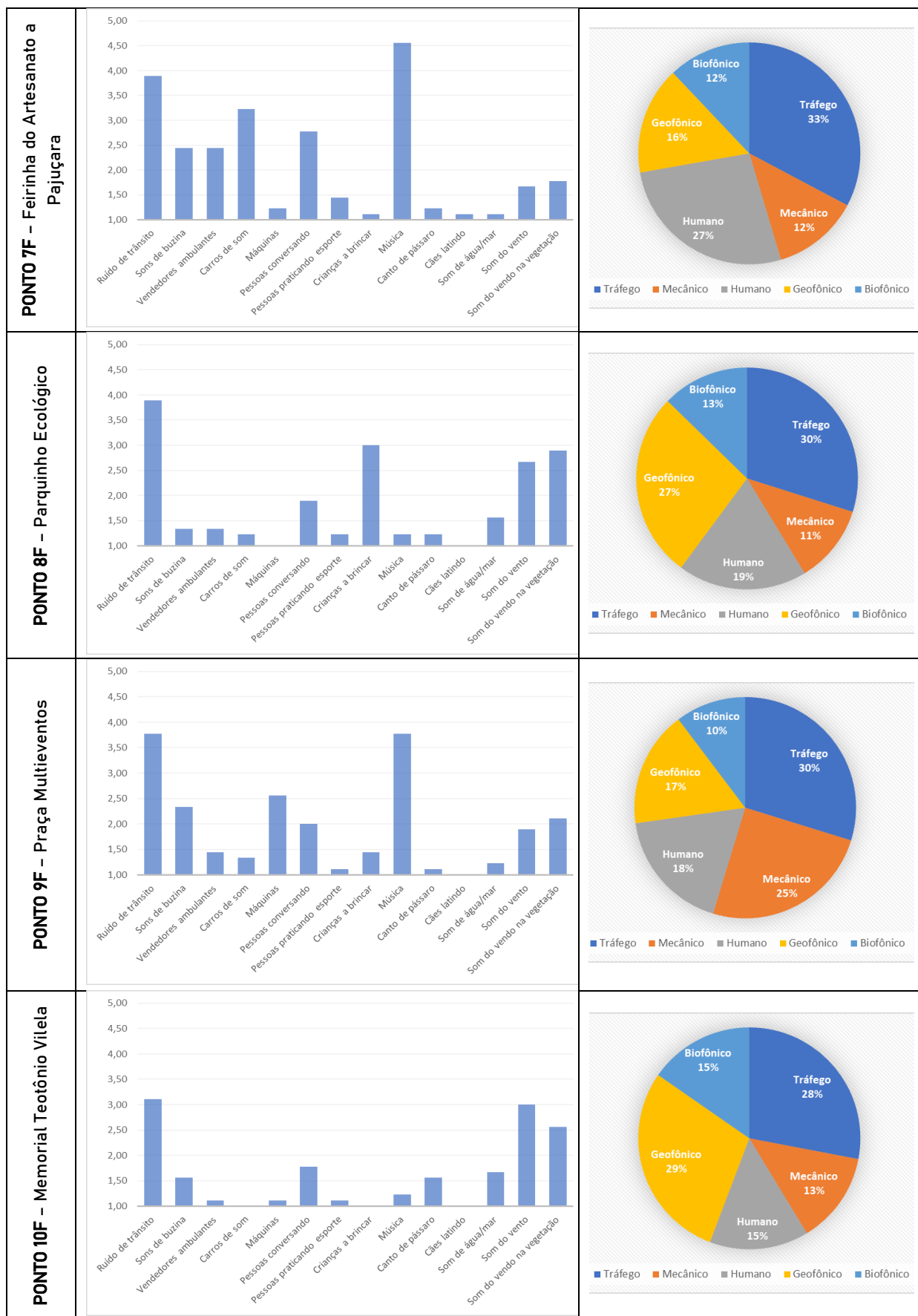
Fonte: Elaboração própria, 2024.

Na maior parte dos pontos/localizações avaliados, verifica-se a presença de sons provenientes do tráfego, tais como em 2F (Praça Gogó da Ema), 5F (Entre bares Lopana e Kanoa), 6F (Parquinho Infantil), 8F (Parquinho Ecológico), 9F (Praça Multieventos) e 10F (Memorial Teotônio Vilela) (Quadro 22). Os sons geofônicos (som de água/mar, som de vento e som de vento na vegetação) se sobressaíram nos pontos 1F (Marco dos Corais) e 3F (Totem “Eu amo Maceió”). A presença dos sons decorrentes de músicas foi marcante em quatro pontos/localizações: 4F (Cadeira Gigante), 5F (Entre bares Lopana e Kanoa), 7F (Feirinha do Artesanato da Pajuçara) e 9F (Praça Multieventos), aspecto que levanta a questão do uso de aparelhos particulares de som, que possuem grande capacidade de amplificação e que interferem na paisagem sonora local, além da circulação de carros de som.

Quadro 22: Identificação da fonte sonora em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).



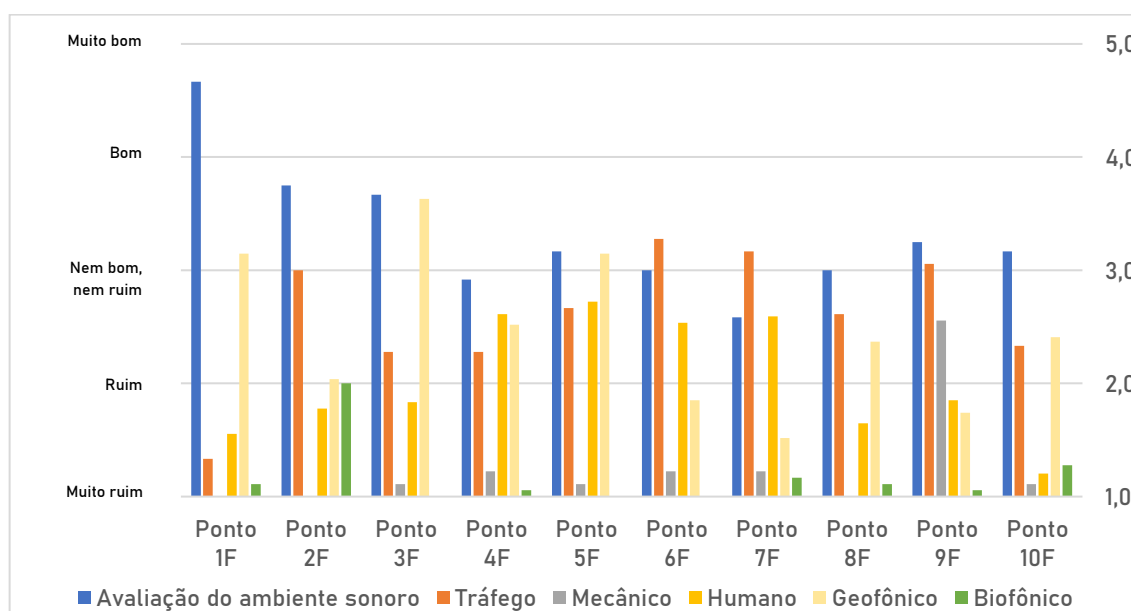




Fonte: Elaboração própria, 2024.

Conforme esperado, o ponto 1F, Marco dos Corais, apresentou a pontuação mais elevada no que se refere à avaliação do ambiente sonoro, seguido do ponto 2F (Praça Gogó da Ema), onde vale destacar a existência de canto de pássaros, classificado como som biofônico (Figura 70). De modo similar ao encontrado nos resultados da caminhada sonora CS5, o ponto 7F (Feirinha do Artesanato da Pajuçara) foi apontado como o local com menor pontuação em termos de avaliação do ambiente sonoro. A interferência de carros de som no ponto 7F, Feirinha do Artesanato, no momento da escuta pode ter afetado a experiência sonora.

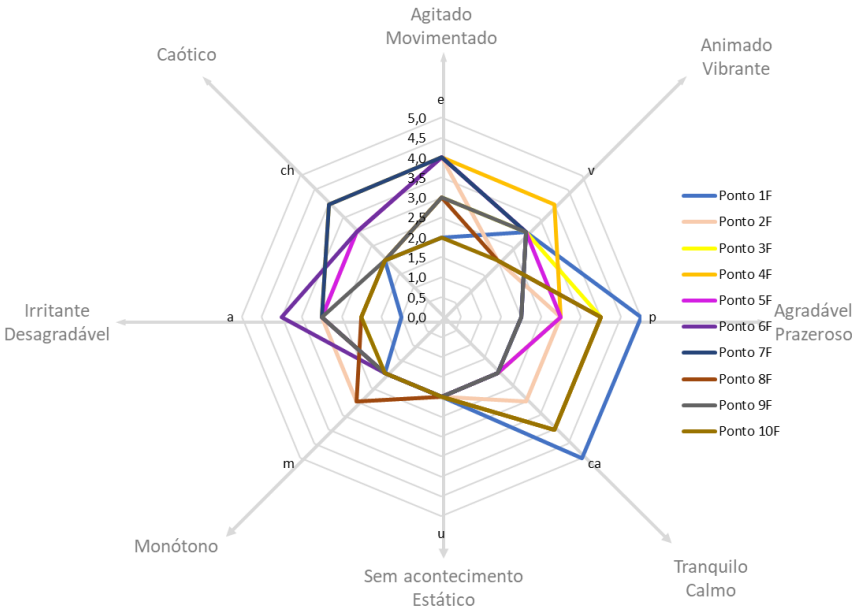
Figura 70: Classificação da fonte sonora x avaliação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

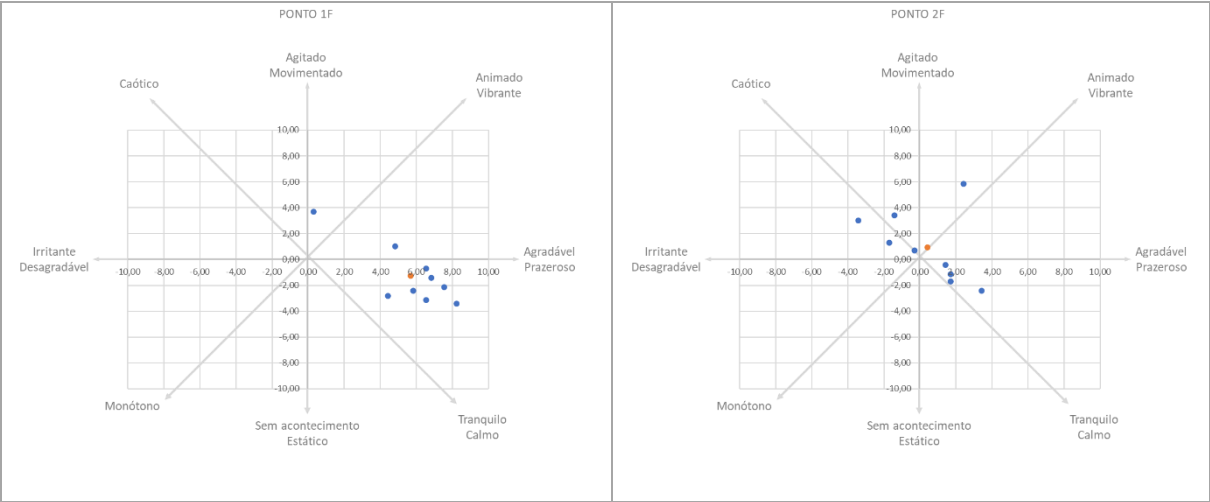
Os resultados voltados para a qualidade afetiva percebida reforçaram que o ponto 1F, situado no Marco dos Corais, apresenta a característica de ser percebido como um ambiente urbano agradável e tranquilo. Em contraponto, a localização 7F (Feirinha do Artesanato da Pajuçara), que apresentou os resultados menos favoráveis quanto à avaliação da qualidade do ambiente sonoro, foi interpretada predominantemente como agitada e caótica, justificado possivelmente pela interferência de carro de som no momento da escuta (Figura 71 e Quadro 23).

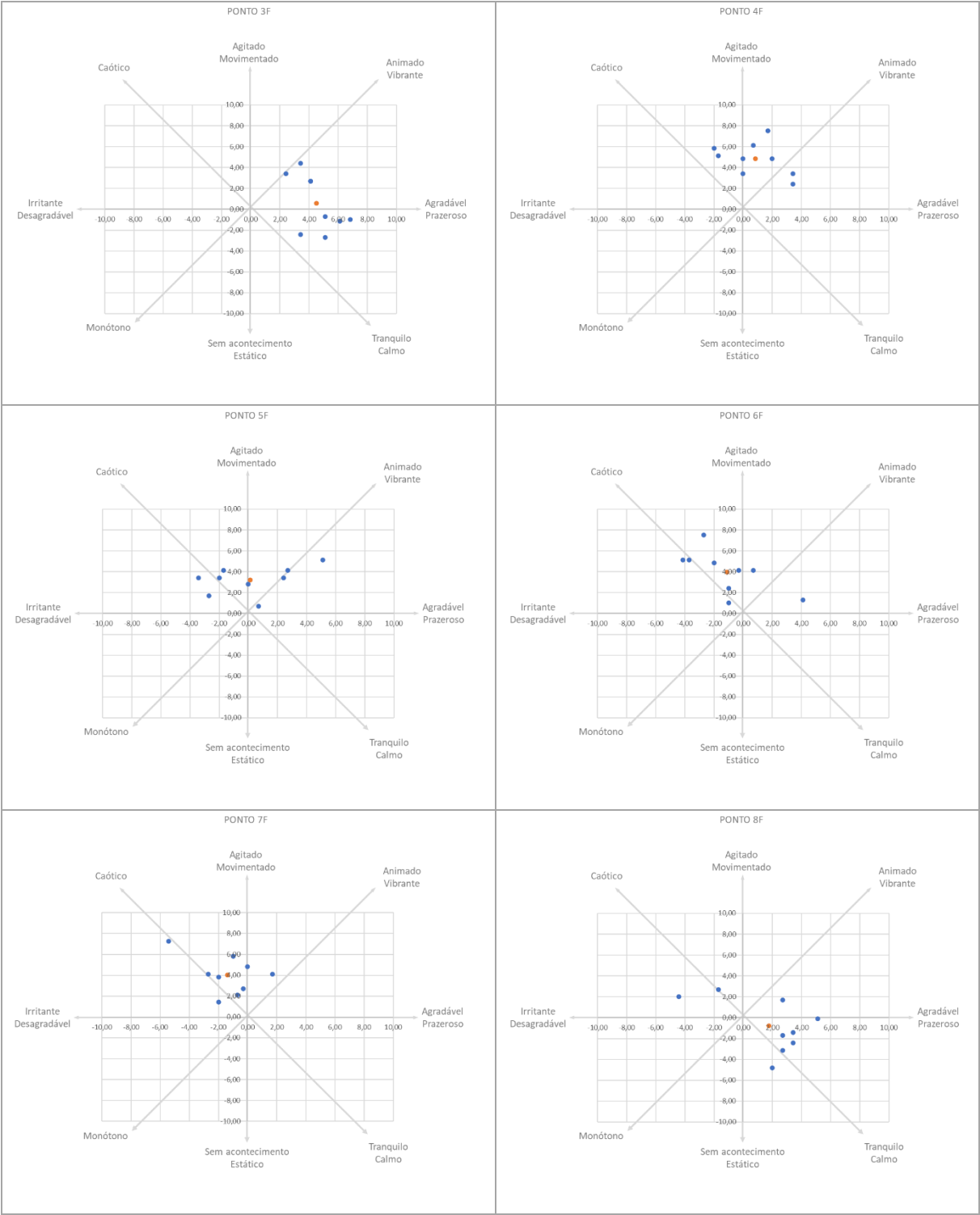
Figura 71: Valores da mediana para cada um dos atributos da qualidade afetiva percebida considerando cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).

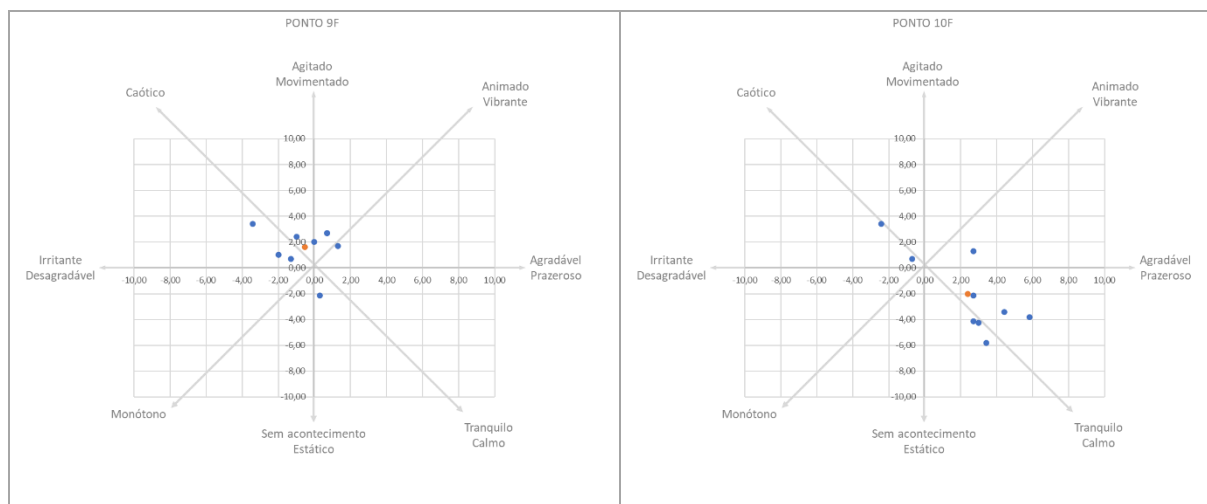


Fonte: Elaboração própria, 2024.

Quadro 23: Qualidade afetiva percebida em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).



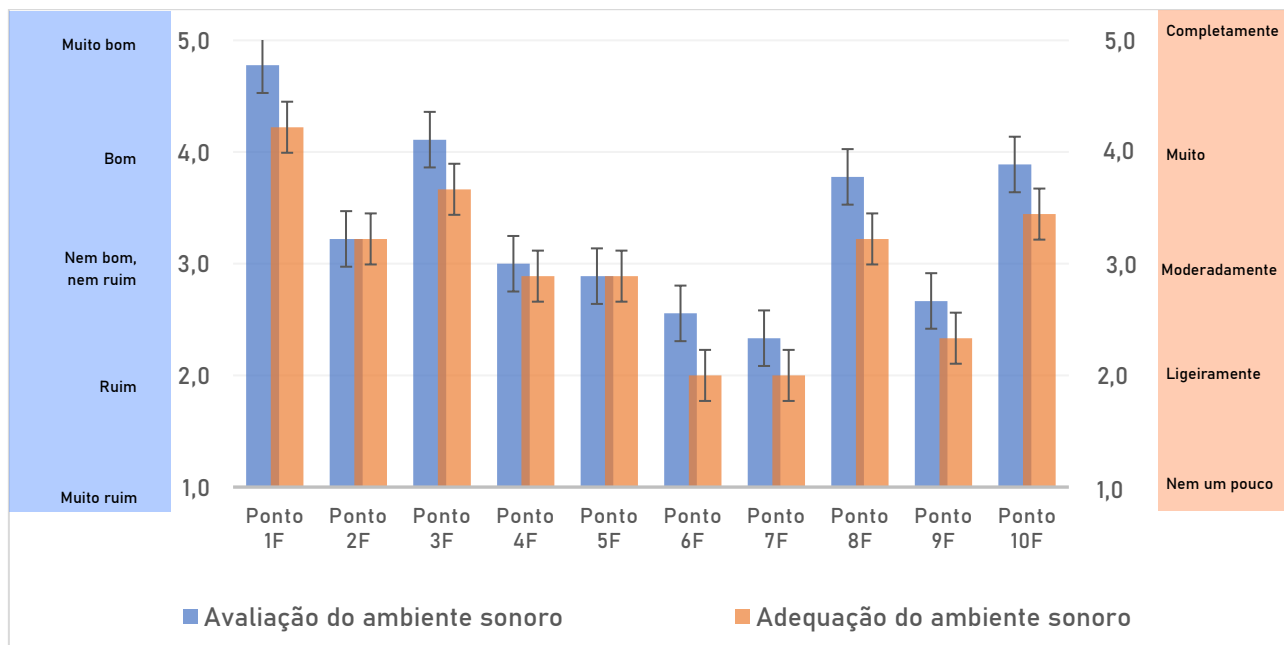




Fonte: Elaboração própria, 2024.

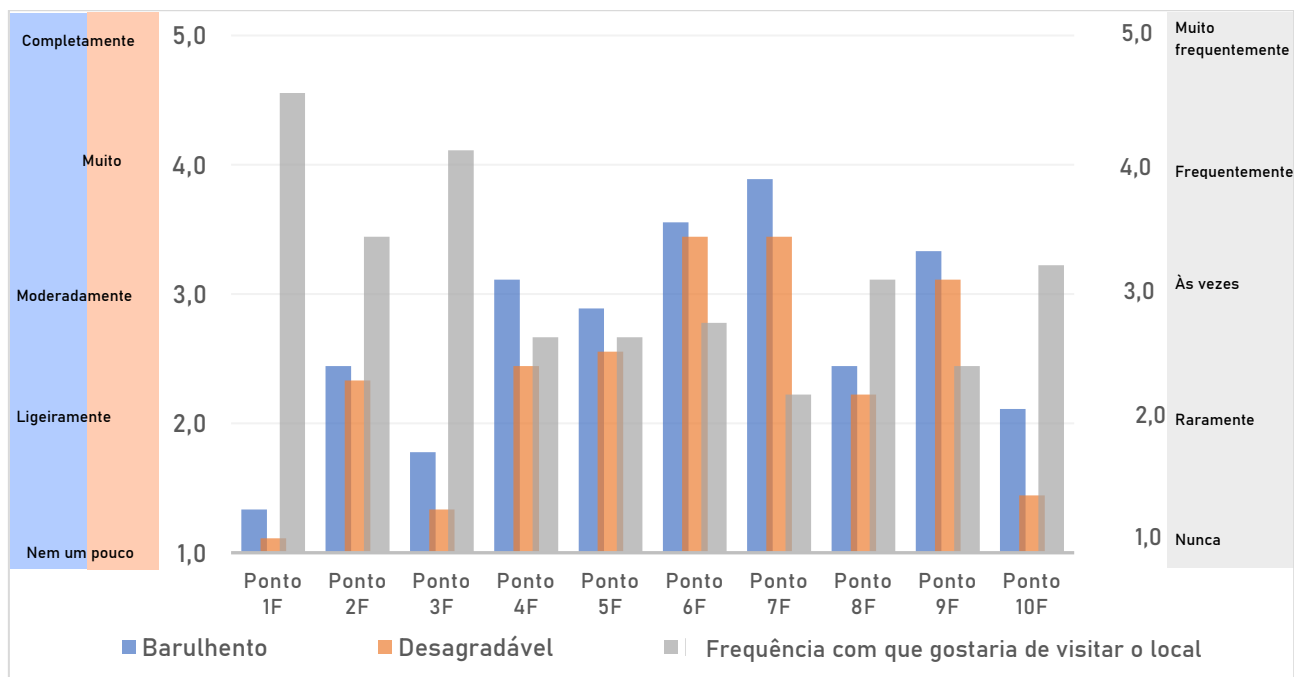
Os resultados referentes à avaliação da qualidade, adequação do ambiente sonoro, percepção da qualidade sonora (barulhento, desagradável) frequência com que gostaria de visitar o local novamente, são semelhantes aos resultados obtidos na caminhada sonora anterior (CS5), a exemplo do destaque positivo do ponto 1F, Marco dos Corais, com os resultados mais favoráveis, e ponto 7E (Feirinha do Artesanato da Pajuçara) com os piores resultados (Figura 72 e Figura 73). Em termos de percepção de barulhento e desagradável, o ponto 8F (Parquinho Ecológico) mostrou-se semelhante ao ponto 7F (Feirinha do Artesanato da Pajuçara) (Figura 73), no entanto, os resultados não repercutiram no ponto 8F, na avaliação e adequação do ambiente sonoro ao local, que por sua vez, foi julgado como quarto melhor ponto/localização para estes quesitos (Figura 72).

Figura 72: Avaliação e adequação do ambiente sonoro em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Figura 73: Percepção da qualidade sonora (barulhento, desagradável) x frequência com que gostaria de visitar o local novamente para cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Ao analisar os resultados dos parâmetros acústicos coletados, não foi possível apontar o local com níveis sonoros mais elevados, apenas o ponto 7F (Feirinha do Artesanato da Pajuçara) atingiu maiores valores de níveis sonoros em três dos sete parâmetros mensurados (Tabela 7). Lembrando que os pontos 7F (Feirinha do Artesanato da Pajuçara) e 8F (Parquinho Ecológico) foram apontados como os locais com maior percepção de barulhento, sendo predominante o som de música no ponto 7F, acima até mesmo do ruído de tráfego.

As temperaturas registradas durante o experimento tiveram a mínima de 31,80 °C e máxima de 37 °C. A umidade relativa do ar variou entre 55,8% e 70,2%, enquanto a velocidade do vento sofreu variação de 1,2 m/s a 1,9 m/s (Tabela 7).

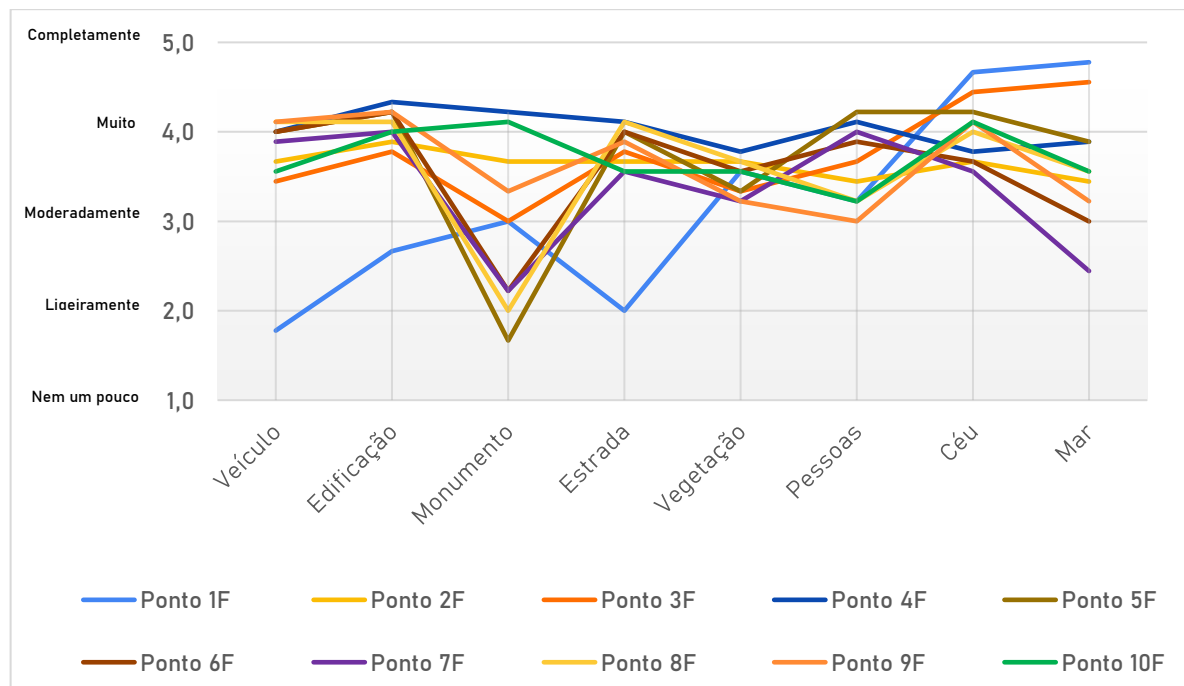
Tabela 7: Dados acústicos e ambientais medidos em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).

Ponto	LAeq [dB]	LA10 [dB]	LA50 [dB]	LA90 [dB]	LAfmax [dB]	LAfmin [dB]	Lc [dB]	Temperatura [C°]	Umidade [%]	Velocidade do vento [m/s]
1F	55,6	58,3	55,2	51,2	61,6	48,1	82,2	31,8	70,2	1,8
2F	59,3	62,0	54,8	51,6	68,6	50,3	87,2	33,2	67,7	1,4
3F	62,7	66,2	60,6	56,6	68,9	54,6	95,4	33,5	67,7	1,6
4F	65,3	67,8	64,1	61,2	73,3	59,0	99,7	33,8	66,2	1,3
5F	62,8	64,2	62,4	61,1	69,4	59,5	91,2	35,6	60,9	1,5
6F	65,1	66,8	60,8	58,1	86,6	55,3	114,1	35,7	60,5	1,2
7F	65,3	68,4	63,4	61,1	72,3	58,1	95,2	35,8	60,3	1,4
8F	61,0	62,8	60,2	58,4	66,6	57,2	91,8	36,9	57,8	1,9
9F	64,8	68,4	63,8	59,2	71,1	56	93,1	37,0	55,8	1,3
10F	61,7	65,1	60,2	57,6	68,7	55,3	99,7	36,1	59,2	1,4

Fonte: Elaboração própria, 2024.

O comportamento dos resultados relacionados aos aspectos visuais foi semelhante ao encontrado na caminhada sonora anterior, CS5, sendo o ponto 1F (Marco dos Corais) apontado como a localização com menor visualização de edificações, veículos e estradas e por outro lado, maior visualização de céu e mar (Figura 74). Ademais, o ponto 7F (Feirinha do Artesanato da Pajuçara), que foi julgado como o local mais barulhento, mais desagradável, com menor pontuação quanto à avaliação da qualidade e adequação do ambiente sonoro.

Figura 74: Aspectos visuais em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Os Apêndices 12 e 13 reúnem os gráficos detalhados em cada um dos pontos/localizações quanto aos aspectos sonoros e aos resultados dos aspectos visuais, respectivamente.

4.7 SÍNTESE DA CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE ACÚSTICO

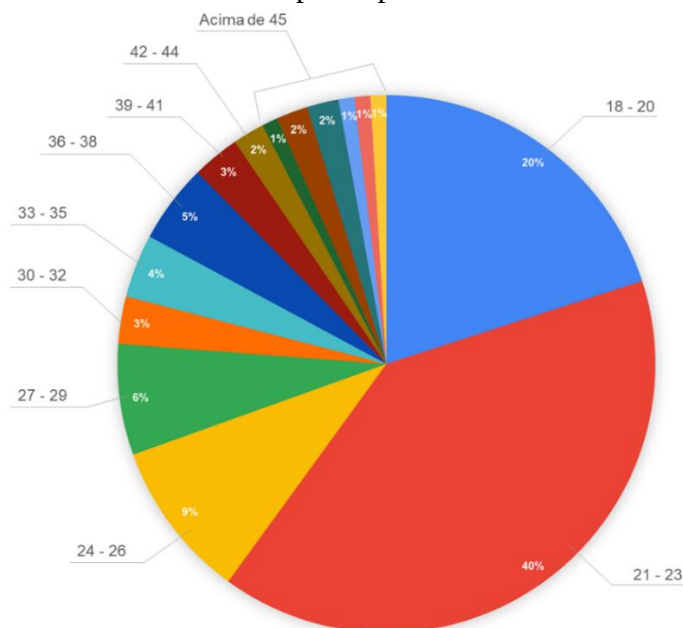
A síntese da caracterização do ambiente acústico apresenta os principais resultados acerca da caracterização do perfil dos participantes respondentes da pesquisa, além de informações sintetizadas de cada um dos pontos/localizações avaliados na corrente tese (Figuras Figura 77 a Figura 88), com auxílio de quadros ilustrativos e de um mapa síntese da caracterização do ambiente acústico da área em estudo (Figura 89). É possível consultar a síntese dos resultados da caracterização do ambiente sonoro em formato de tabelas, nos Apêndices 14 ao 25.

CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DOS PARTICIPANTES



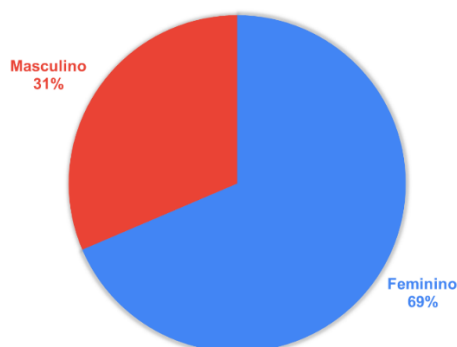
Foram contabilizados 105 participantes respondentes dos questionários aplicados durante as seis caminhadas sonoras. A faixa etária com maior número de participantes se enquadra entre 21 e 23 anos, o que corresponde a 40% do total, seguida da faixa etária entre 24 e 44 anos, que corresponde a 32% dos respondentes. Os participantes entre 18 e 20 anos totalizam 20% do total. As demais faixas etárias, que compreendem aos participantes acima de 45 anos somam-se 8% do total de participantes dos experimentos *in situ* (Figura 75). No que se refere ao gênero dos participantes, a maioria, ou seja, 69% se identificam como gênero “feminino” (Figura 76). É importante salientar que nenhum dos respondentes da pesquisa se identificou como portador de deficiência auditiva.

Figura 75: Faixas etárias dos participantes das caminhadas sonoras.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Figura 76: Gênero dos participantes das caminhadas sonoras.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

MARCO DOS CORAIS



Por meio das caminhadas sonoras realizadas, é possível caracterizar o Marco dos Corais como a localização com maior percepção de sons de origem geofônica, marcado pela presença de som de vento, som de vento na vegetação e água/mar (Figura 77, pág. 185). Em função da configuração espacial e disposição da referida intervenção urbana, que adentra o mar e se afasta das vias de tráfego, favorece a experiência de vivência dos sons da natureza.

No tocante à qualidade afetiva percebida, o ponto Marco dos Corais foi predominantemente avaliado com maior percepção de agradabilidade e tranquilidade, em função, possivelmente, da presença expressiva dos sons naturais.

Nos quesitos avaliação do ambiente sonoro (descrição do ambiente sonoro quanto à qualidade) e adequação do ambiente sonoro ao local, foi constatado que a localização em questão apresentou as pontuações mais favoráveis, predominantemente avaliado como menos barulhento, menos desagradável e com maior indicativo de expectativa de retorno ao local, por parte dos participantes.

Quanto aos aspectos visuais, a localização Marco dos Corais apresentou maiores valores relacionados à visualização de céu e mar, e menor visualização de veículos, vias de tráfego e edificações. Ademais, os dados acústicos medidos revelam o ponto Marco dos Corais como o ambiente com menores níveis de pressão sonora.

PRAÇA GOGÓ DA EMA



Os participantes caracterizaram o ponto/localização Praça Gogó da Ema como um ambiente com predominância de ruído de tráfego, além do destaque para a presença de sons provenientes de conversas (sons humanos) e de sons naturais (geofônicos e biofônicos) (Figura 78, pág. 186).

No que se refere à qualidade afetiva percebida, é possível apontar que em dois dos experimentos, CS3 e CS6, o referido ambiente foi julgado predominantemente como agitado, devido, possivelmente, à presença marcante do som decorrente do trânsito e de pessoas a conversar. Foi observado que no experimento ao qual houve uma maior percepção do canto de pássaros, depois do ruído de trânsito, o ambiente sonoro foi avaliado como agradável.

Em termos de aspectos visuais, a Praça Gogó da Ema foi apontada como ambiente de maior visualização de veículos, em função das proximidades com vias de tráfego, o que interfere também no aumento dos níveis de pressão sonora, além da proeminência de visualização de edificações.

TOTEM “EU AMO MACEIÓ”



Tendo em vista o ponto/localização Totem “Eu amo Maceió”, os participantes das caminhadas sonoras realizadas observaram a presença predominante do som proveniente de tráfego de veículos e de sons geofônicos, tais como sons de águas/mar, sons de vento e vento na vegetação (Figura 79, pág. 187). Trata-se de um ambiente que apresenta uma grande proximidade com as vias de tráfego e a faixa de areia da praia, e por isso, foi predominantemente percebido com maior visualização de mar e de veículos.

Em termos de qualidade afetiva percebida, os participantes julgaram como caótico, agitado e agradável, a depender do tipo de atividade predominante no momento da escuta em cada um dos experimentos realizados nesta localização. Por exemplo, em caminhadas as quais houve maior movimentação de pessoas, os indivíduos apontaram como animado ou agitado,

enquanto quando houve maior proeminência de sons de origem geofônica, os resultados apontaram mais para o atributo agradável.

CADEIRA GIGANTE



O monumento Cadeira Gigante foi majoritariamente apontado como um ambiente agitado e animado, em termos de qualidade afetiva percebida (Figura 80, pág. 188). Em relação às fontes sonoras predominantemente percebidas, o ruído de tráfego foi marcante em todas as caminhadas sonoras realizadas nessa localização.

Trata-se de uma atração turística, que costuma reunir pessoas que desejam ser fotografadas no monumento, e assim, formam-se filas, o que habitualmente causa aglomerações, de maneira que os sons humanos se destacaram, tais como sons de pessoas conversando e música.

Verificou-se que a Cadeira Gigante esteve entre os resultados menos favoráveis quanto aos quesitos de avaliação do ambiente sonoro e adequação do ambiente sonoro ao local, ao comparar com os pontos/localizações anteriores. Os maiores níveis sonoros registrados foram no ambiente em questão, com alcance de L_{Aeq} de 70,00 dB.

ENTRE BARES LOPANA E KANOA



O ponto/localização situado entre os bares Lopana e Kanoa apresenta uma diversidade de atividades em concomitante, decorrente do funcionamento dos estabelecimentos comerciais (bares), além de práticas esportivas, principalmente na faixa de areia (como o voleibol), e presença de vendedores ambulantes, o que acarreta na existência de inúmeras fontes sonoras no local (Figura 81, pág. 189). Como sons predominantes no referido ambiente, foram percebidos os sons de tráfego, sons geofônicos e sons humanos, decorrentes da prática de esportes, conversas, música e vendedores ambulantes. Em relação à qualidade afetiva percebida, o presente ponto foi proeminentemente percebido como agitado e animado.

PARQUINHO INFANTIL



No Parquinho Infantil, as fontes sonoras mais percebidas foram os sons de tráfego, sons de origem humana (pessoas conversando, vendedores ambulantes e música) e sons geofônicos (mar/água, vento e vento na vegetação) (Figura 82, pág. 190). No que se refere à avaliação da qualidade afetiva percebida, foi em maior parte, julgado como agitado e animado.

O ambiente em questão é envolto por barracas comerciais de pequeno porte e de ambulantes. Observa-se a utilização de aparelhos individuais de músicas, aspecto que pode interferir na paisagem sonora.

FEIRINHA DO ARTESANATO DA PAJUÇARA



Na Feirinha do Artesanato da Pajuçara, foi predominantemente observada a presença de fontes sonoras provenientes do tráfego, sons de máquinas (classificados como sons mecânicos) e sons de origem humana, tais como pessoas conversando, vendedores ambulantes, música, bem como a presença de carros de som no entorno (Figura 83, pág. 191).

Esta localização apresenta vocação fortemente comercial, com presença e circulação de pessoas e ambulantes. Nesse contexto, os participantes respondentes, em sua maioria, apontaram este ambiente como agitado, animado e caótico. Ao comparar com os pontos/localizações anteriores, a Feirinha do Artesanato da Pajuçara apresentou a pior classificação geral quanto ao aspecto barulhento, desagradável e frequência com que o participante gostaria de visitar o local novamente. Neste ponto, além da visualização predominante de veículos, foi percebido maior visualização de edificações.

SKATE PARK PAJUÇARA



No que se refere ao ponto/localização Skate Park Pajuçara, com base nas caminhadas sonoras realizadas, foi verificada a presença mais marcante do som de máquina, da operação de escavadeiras nas proximidades do referido ambiente, seguido da percepção de sons geofônicos e sons provenientes de tráfego (Figura 84, pág. 192). Mesmo diante de uma fonte sonora geralmente caracterizada como intrusiva, como o som de máquinas, os participantes apontaram predominantemente a qualidade afetiva percebida do ambiente como agradável e tranquila, o que pode ser influenciado pela maior visualização do mar.

PARQUINHO ECOLÓGICO



Os resultados gerais referentes à caracterização do ambiente acústico do Parquinho Ecológico foram semelhantes ao ambiente anterior (Skate Park Pajuçara), com proeminência dos sons de máquinas, seguido do som geofônico e som decorrente do tráfego de veículos (Figura 85, pág. 193). É possível pontuar que as avaliações gerais quanto aos aspectos barulhento e desagradável do presente ambiente alcançaram pontuações menos favoráveis, ao comparar com o Skate Park Pajuçara, o que consequentemente resultou em uma menor sinalização do desejo em retornar ao local novamente.

Embora tenha apresentado pontuações baixas quanto aos aspectos perceptivos de qualidade sonora, a qualidade afetiva percebida foi majoritariamente enquadrada como agradável e tranquila. Vale ressaltar que em uma das caminhadas sonoras, mais especificamente na CS4, os participantes avaliaram proeminentemente como caótico, em função do evento sonoro ocorrido no momento da escuta, que correspondeu à operação de escavadeiras no local, por parte dos órgãos públicos municipais.

PRAÇA MULTIEVENTOS



Ao longo da realização das caminhadas sonoras, foi possível acompanhar mudanças na paisagem visual da Praça Multieventos, visto que em meados do primeiro semestre de 2024, foram iniciadas as obras para instalação da atração turística roda gigante. A partir do quinto experimento, cerca de metade da praça estava contornada por tapumes, de modo que, no último experimento, verificou-se a presença de sons de máquinas, possivelmente decorrente das obras, o que impactou na avaliação da qualidade sonora percebida, com o julgamento como agitado (Figura 86, pág. 194). Nos demais experimentos realizados, nos quais foram percebidos os sons geofônicos, a classificação da qualidade afetiva percebida se enquadrou mais como agradável e tranquila.

Em termos de identificação das fontes sonoras, foi observado que os sons geofônicos foram menos percebidos depois da implantação da obra, e sons de tráfego passaram a ser mais proeminentes. Ademais, a obra interferiu na menor visualização do mar, por se tratar de uma barreira física.

MEMORIAL TEOTÔNIO VILELA



O Memorial Teotônio Vilela foi caracterizado predominantemente como agradável e tranquilo (Figura 87, pág. 195). Apesar de ter sido observada a presença de fonte sonora de tráfego, a presença de sons geofônicos, somado aos aspectos de visualização da vegetação, com a existência de árvores de grande porte, contribuíram para resultados favoráveis quanto às avaliações perceptivas da qualidade sonora, se destacando como a segunda melhor avaliação geral frente aos pontos de observação considerados.

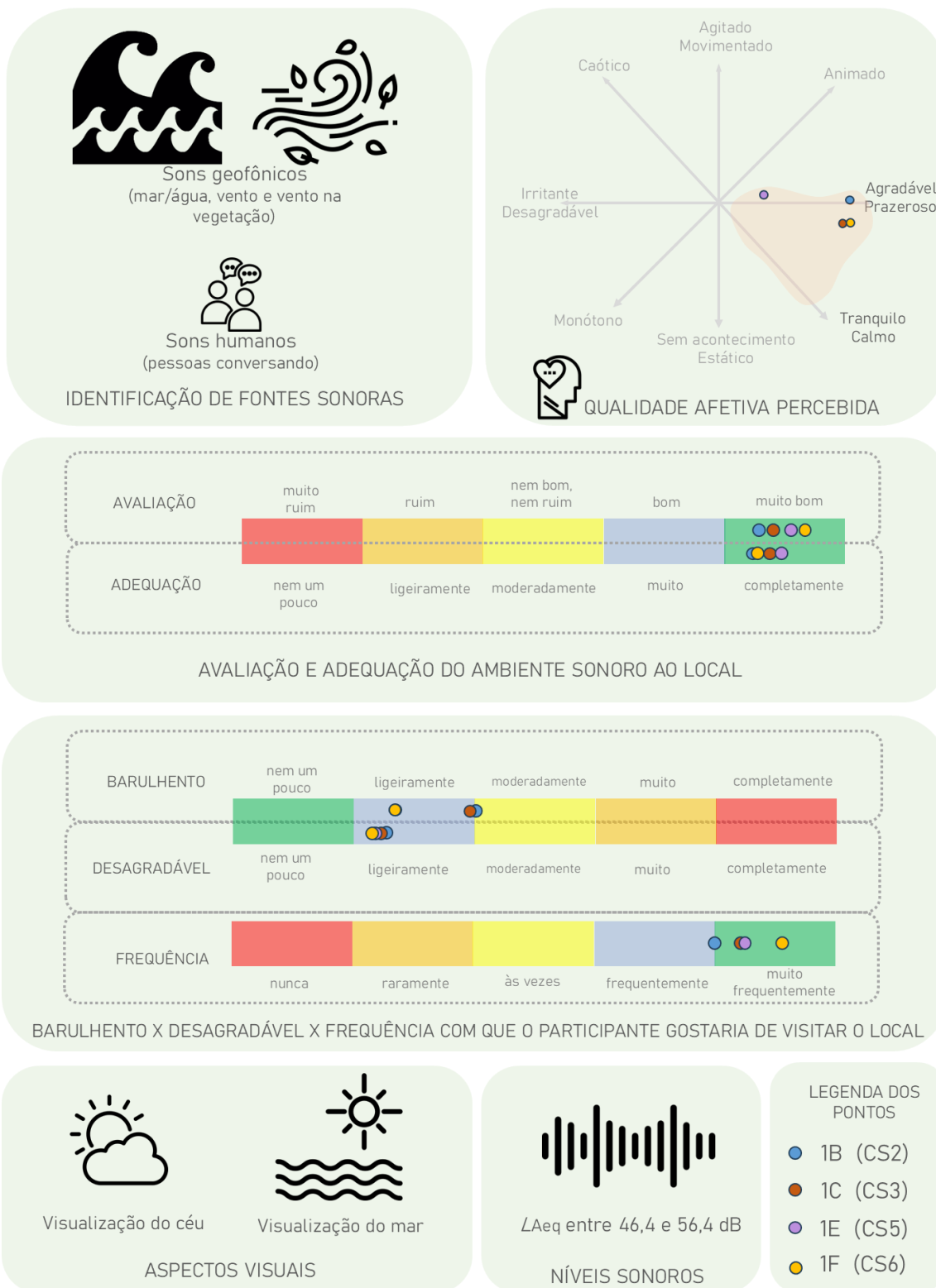
QUADRA DE AREIA DA PAJUÇARA



Nos experimentos realizados, a avaliação da qualidade afetiva percebida referente ao ambiente Quadra de Areia da Pajuçara caracterizou-se em agradável e animado (Figura 88, pág. 196). Percebeu-se a identificação de fontes sonoras de origem humana, da prática de atividades esportivas, o que pode ter influenciado para julgamento do ambiente como animado. No ambiente também é possível observar a existência de vegetação, que pode corroborar para a percepção do ambiente sonoro como agradável.

Figura 77: Síntese da caracterização do ambiente acústico Ponto 1: “Marco dos Corais”.

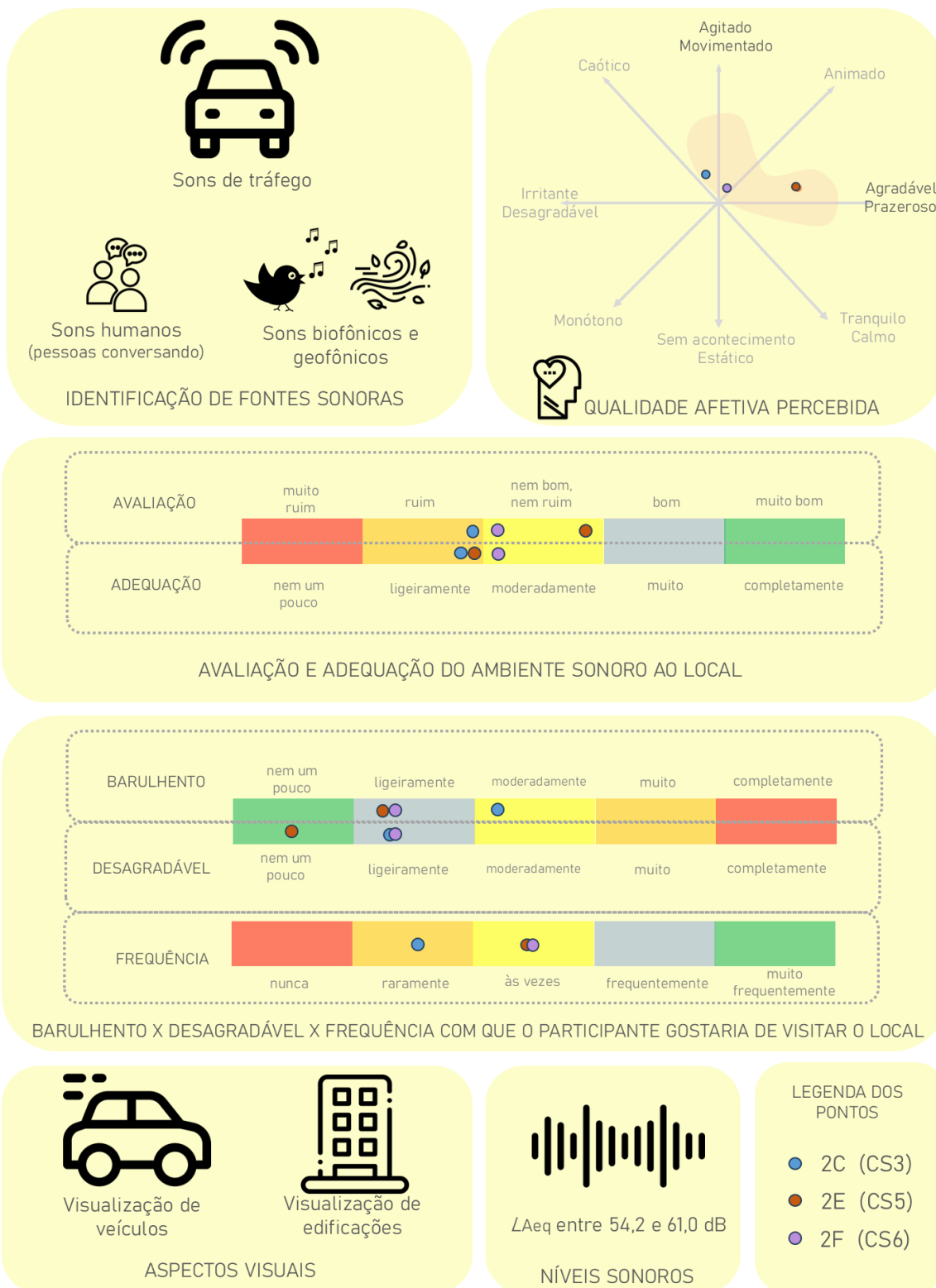
MARCO DOS CORAIS



Fonte: Elaboração própria, 2025.

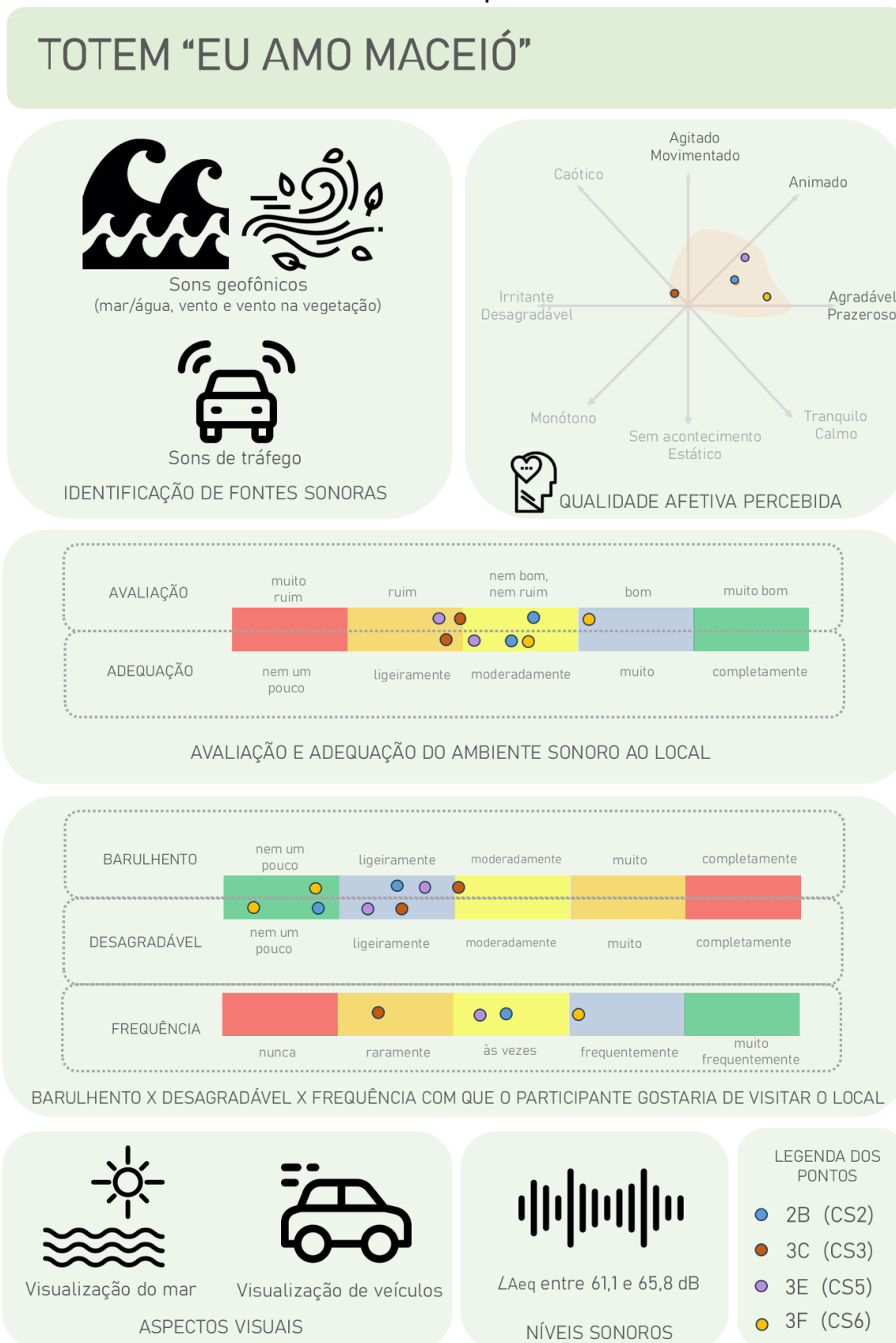
Figura 78: Síntese da caracterização do ambiente acústico Ponto 2: “Praça Gogó da Ema”.

PRAÇA GOGÓ DA EMA



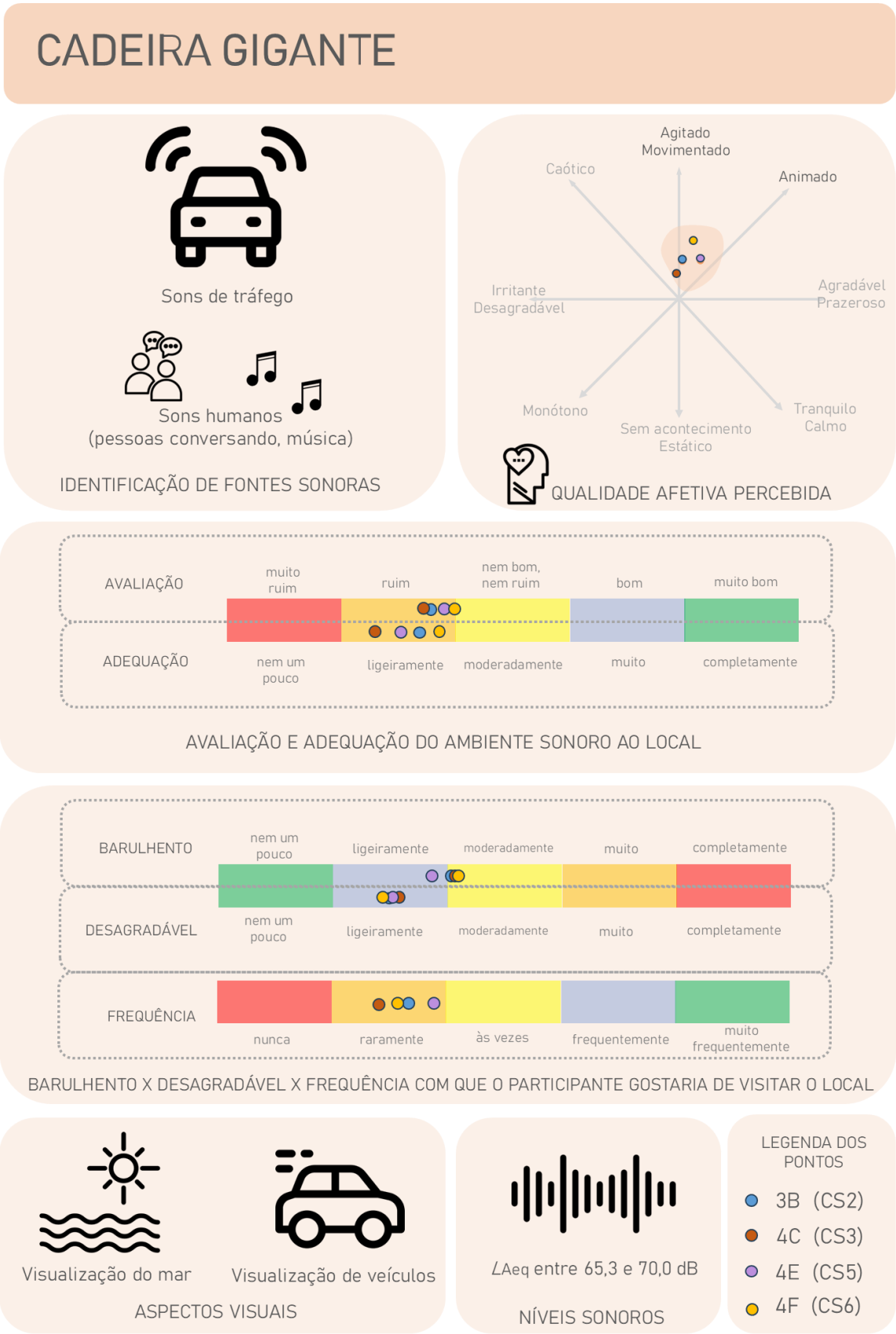
Fonte: Elaboração própria, 2025.

Figura 79: Síntese da caracterização do ambiente acústico Ponto 3: “Totem 'Eu Amo Maceió'”.



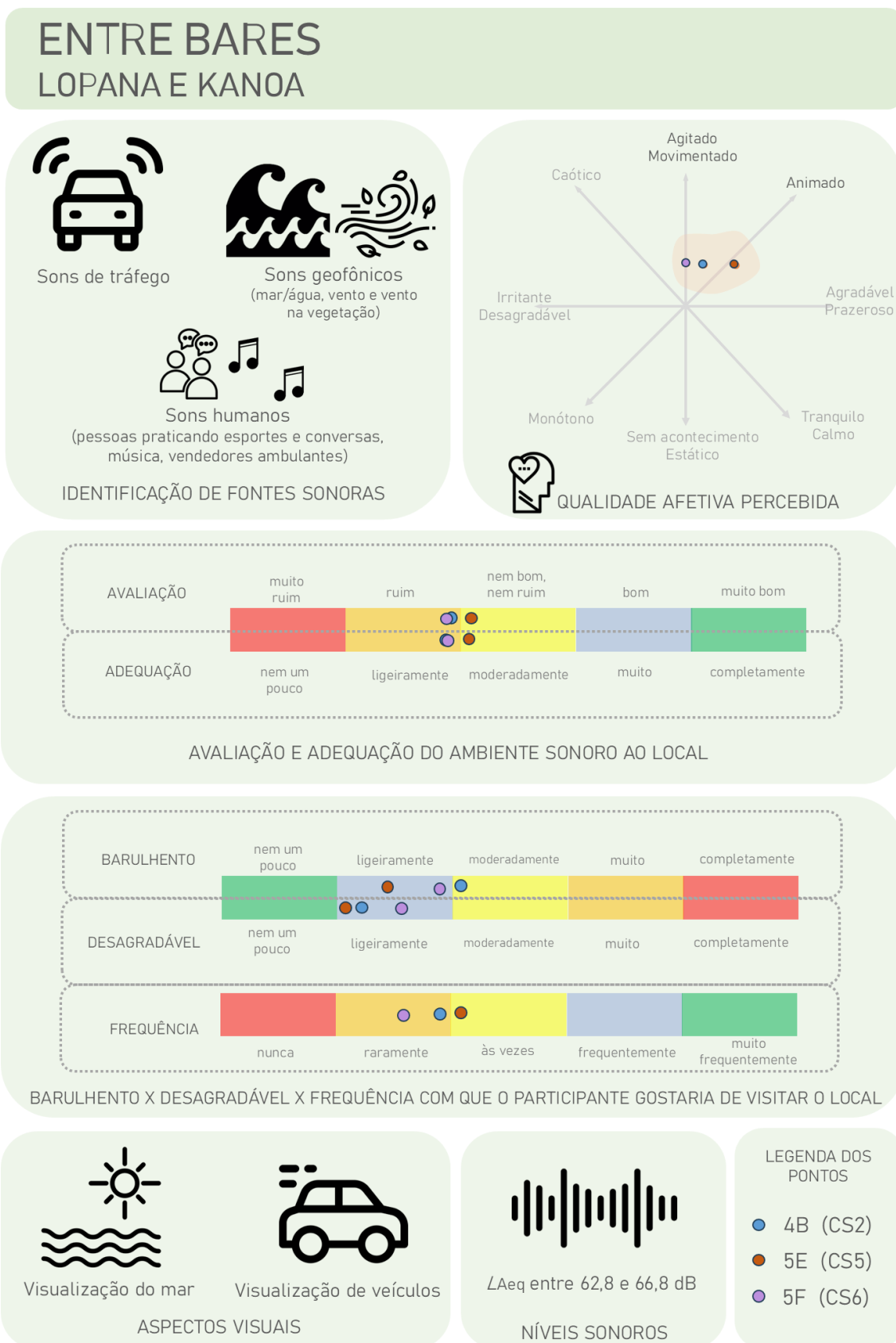
Fonte: Elaboração própria, 2025.

Figura 80: Síntese da caracterização do ambiente acústico Ponto 4: “Cadeira Gigante”.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

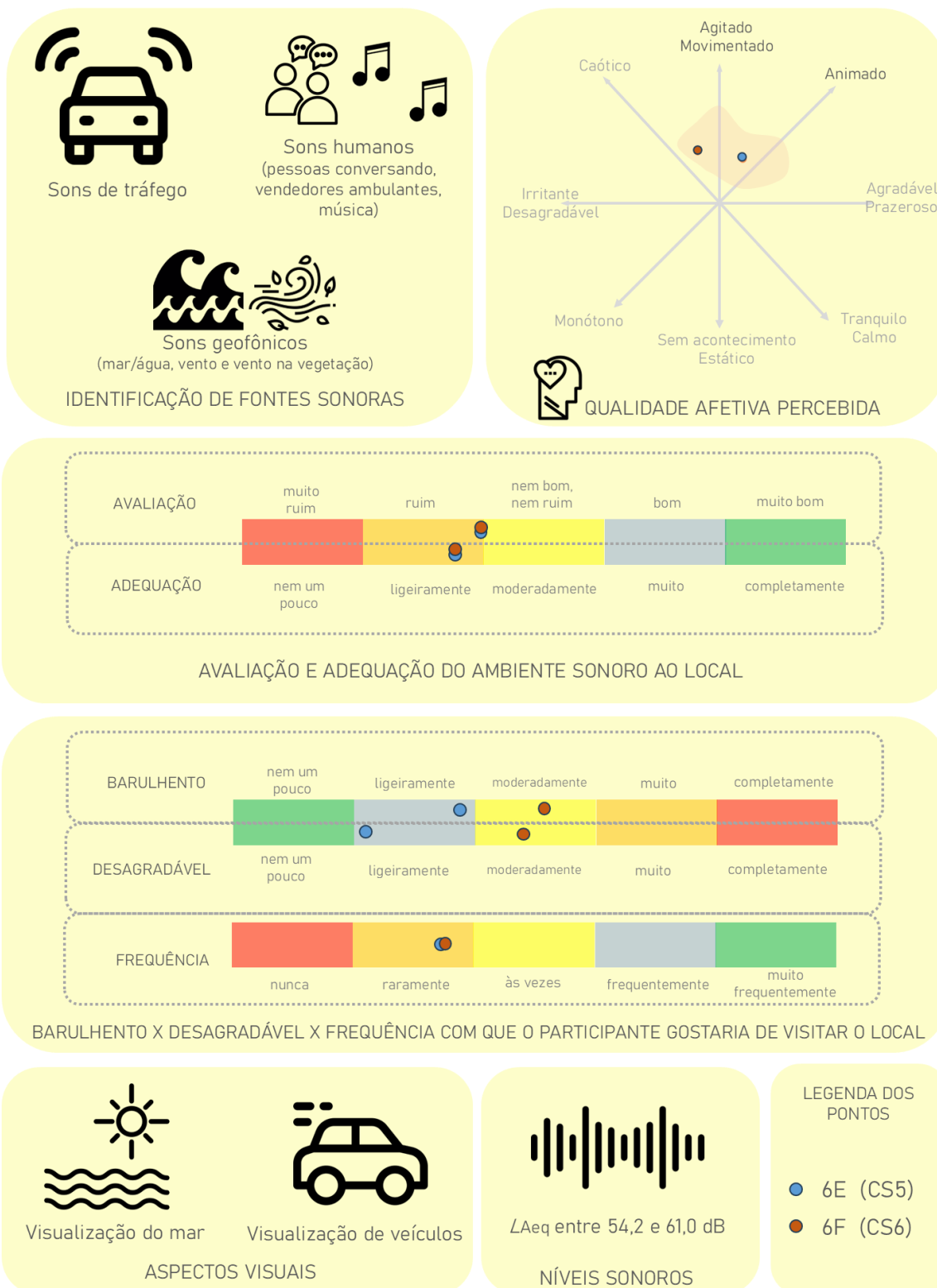
Figura 81: Síntese da caracterização do ambiente acústico Ponto 5: “Entre bares Lopana e Kanoa”.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

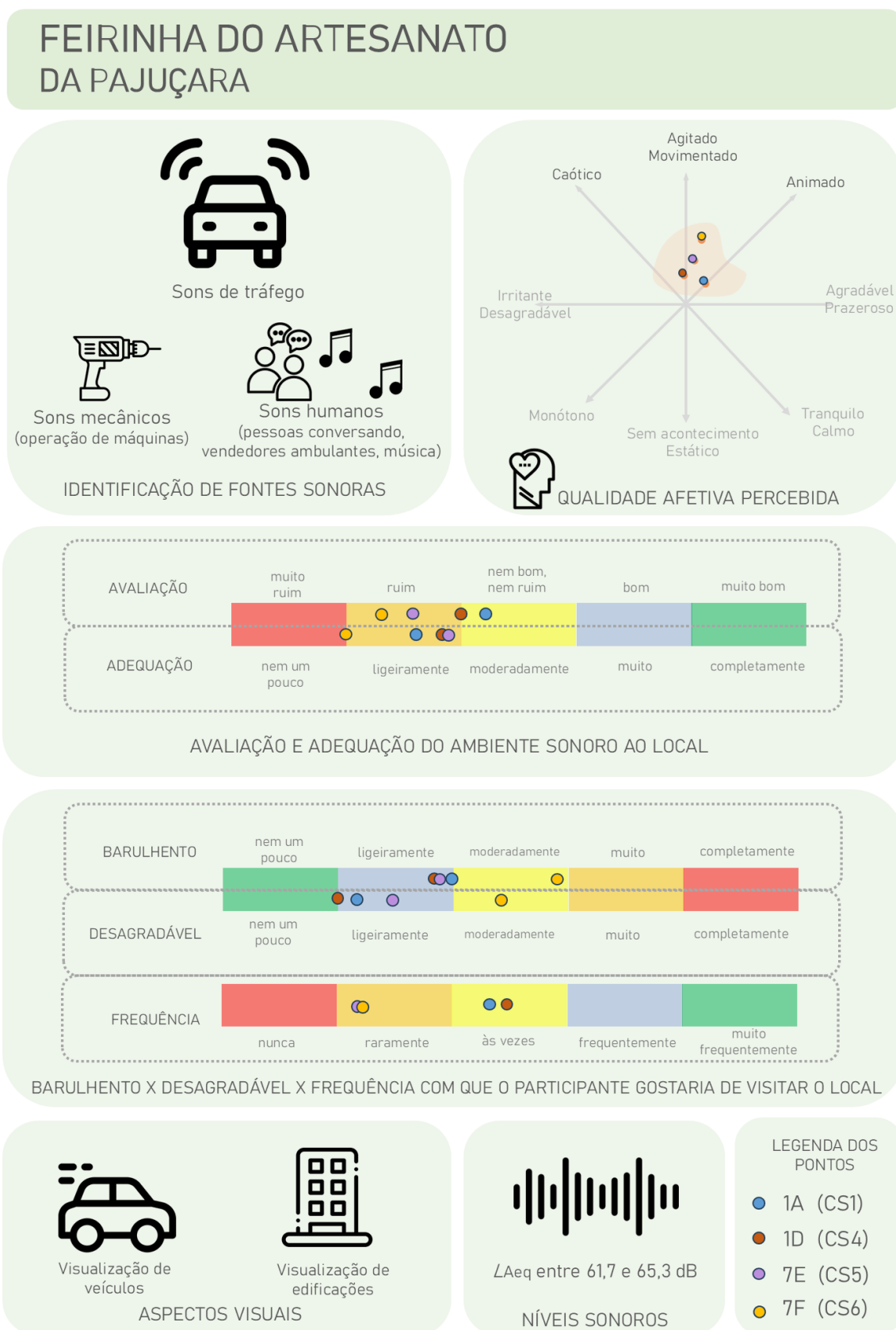
Figura 82: Síntese da caracterização do ambiente acústico Ponto 6: “Parquinho Infantil”.

PARQUINHO INFANTIL



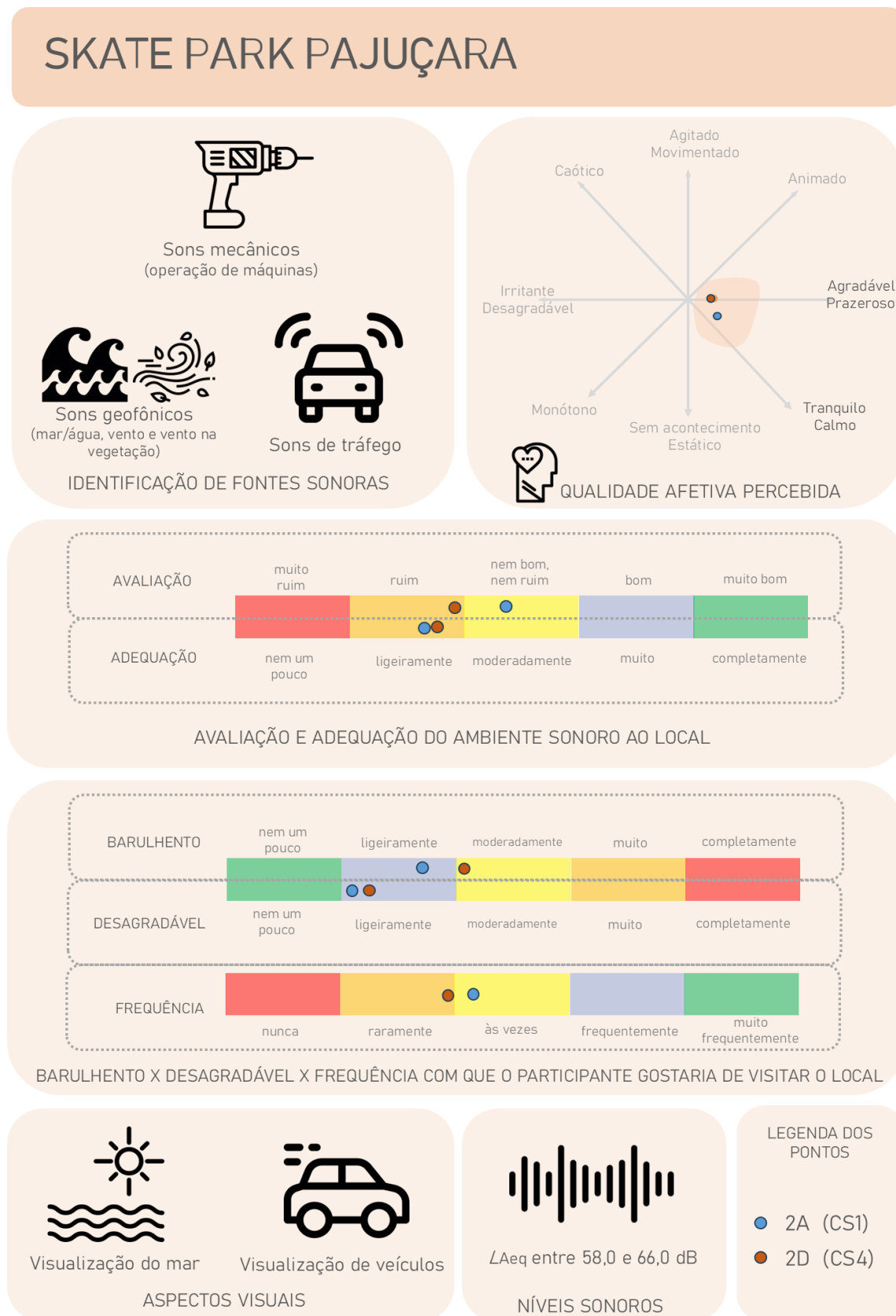
Fonte: Elaboração própria, 2025.

Figura 83: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico Ponto 7: “Feirinha do Artesanato da Pajuçara”.



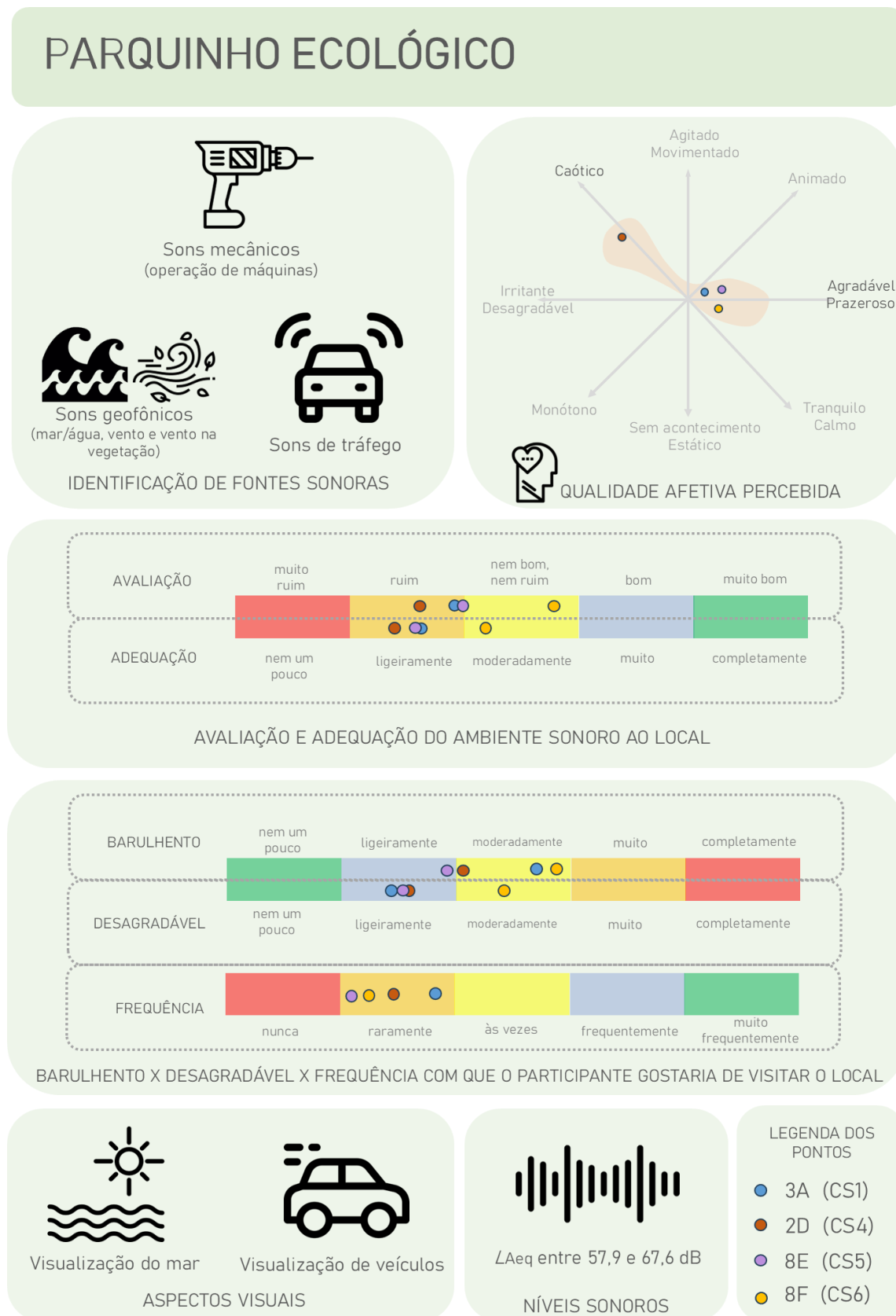
Fonte: Elaboração própria, 2025.

Figura 84: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico Ponto 8: "Skate Park Pajuçara".



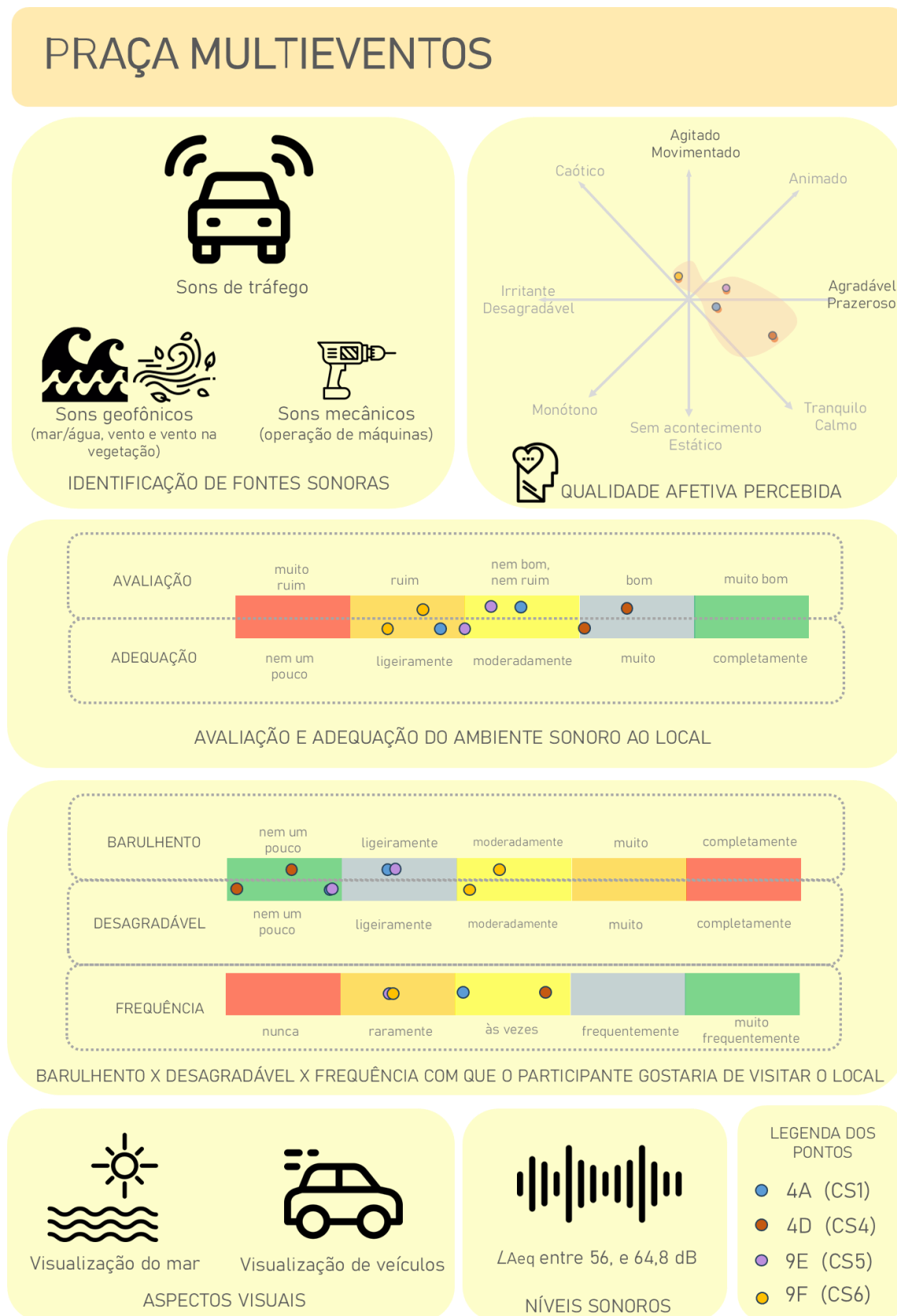
Fonte: Elaboração própria, 2025.

Figura 85: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico Ponto 9: “Parquinho Ecológico”.



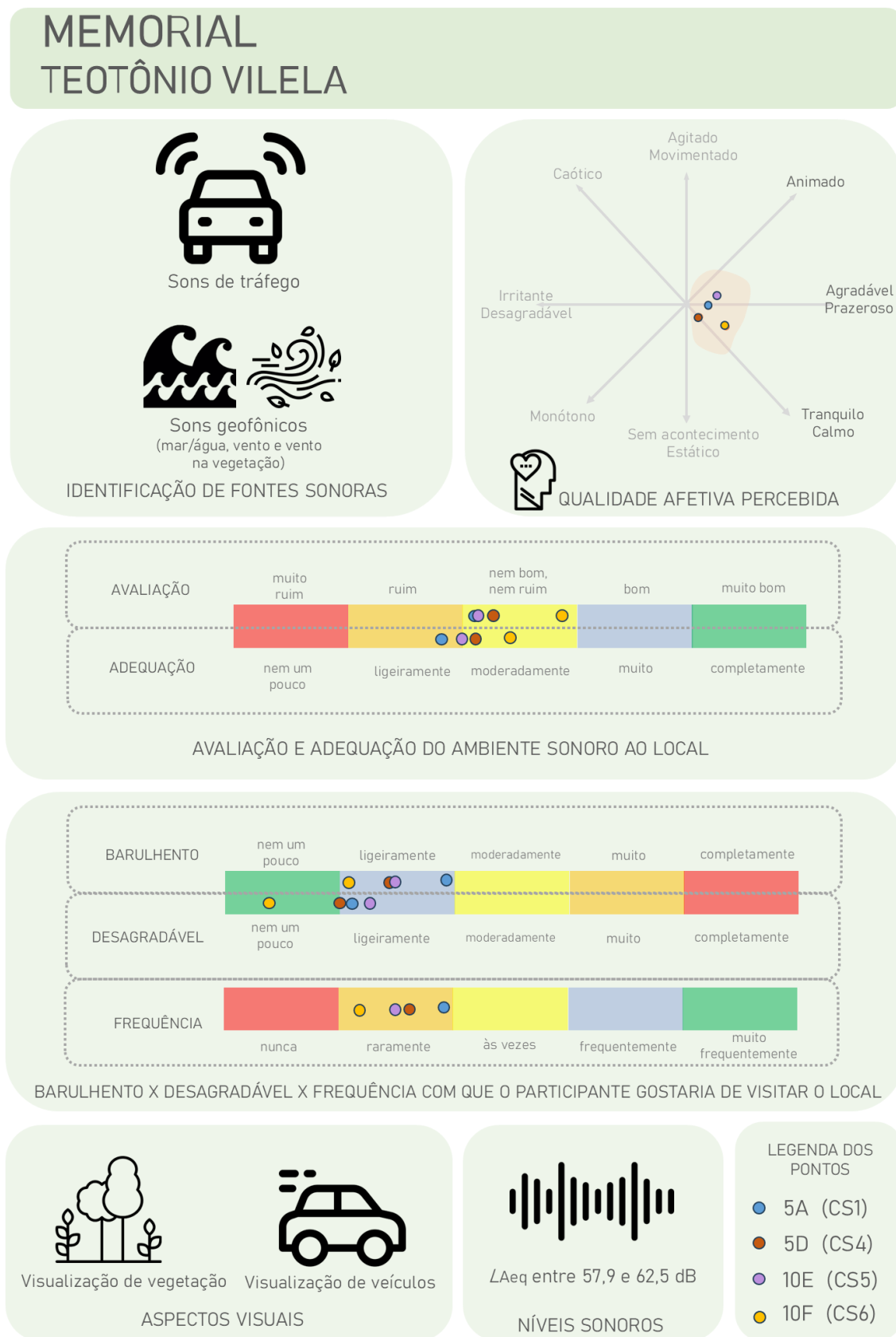
Fonte: Elaboração própria, 2025.

Figura 86: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico Ponto 10: "Praça Multieventos".



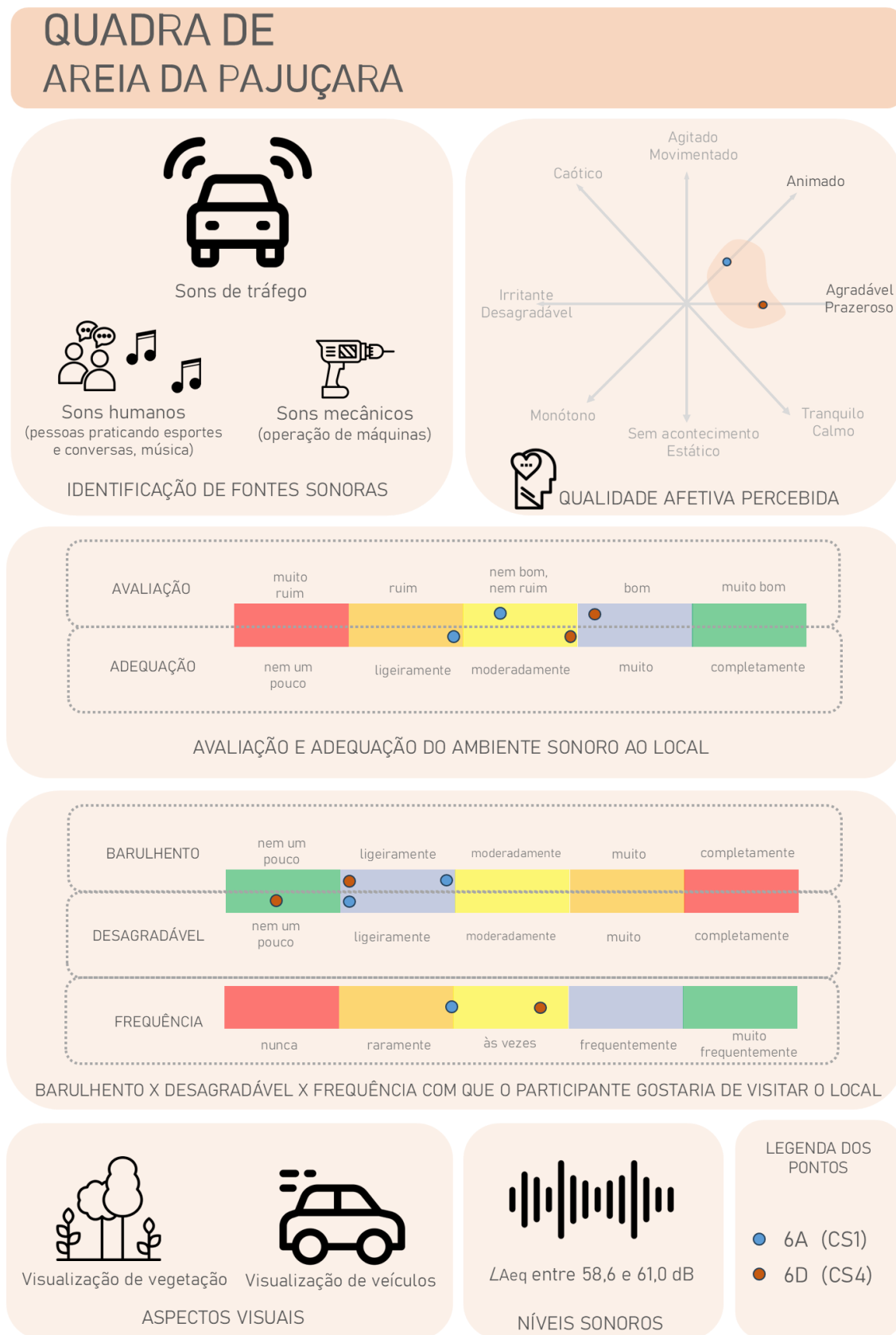
Fonte: Elaboração própria, 2025.

Figura 87: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico Ponto 11: “Memorial Teotônio Vilela”.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Figura 88: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico Ponto 12: “Quadra de Areia da Pajuçara”.



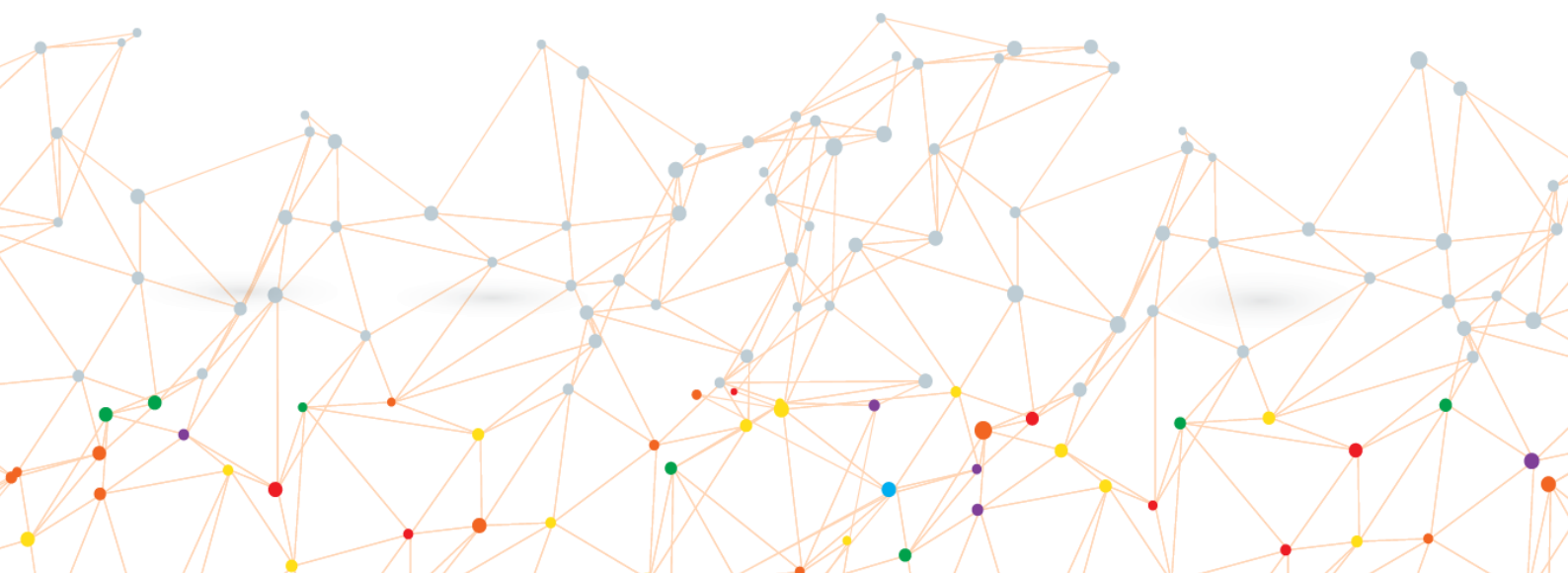
Fonte: Elaboração própria, 2025.

Figura 89: Mapa síntese da caracterização do ambiente acústico da área em estudo, orla marítima dos bairros Ponta Verde e Pajuçara, Maceió-AL.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

5 DESENVOLVIMENTO DE MODELOS PREDITIVOS DE PAISAGEM SONORA



5. DESENVOLVIMENTO DE MODELOS PREDITIVOS DE PAISAGEM SONORA

Para construção dos modelos preditivos de paisagem sonora do recorte urbano, foram considerados os dados obtidos por meio das caminhadas sonoras realizadas. No total, contou-se com 105 participantes respondentes, em 40 pontos de observação, distribuídos em seis experimentos descritos no capítulo anterior. Foram processadas 4480 perguntas respondidas, além dos dados objetivos medidos simultaneamente à aplicação do questionário.

A fim de facilitar a compreensão acerca da construção dos modelos preditivos, foram adotadas abreviações e nomenclaturas para os 18 indicadores considerados, como é possível conferir na Tabela 8, a seguir.

Tabela 8: Nomenclatura das siglas adotadas para os indicadores.

INDICADOR	NOMENCLATURA
Identificação de fonte sonora biofônica	FsBio
Identificação de fonte sonora geofônica	FsGeo
Identificação de fonte sonora humana	FsHum
Identificação de fonte sonora mecânica	FsMec
Identificação de fonte sonora ruído de tráfego	FsTraf
Visualização de vegetação	Vis_Veg
Visualização de veículos	Vis_Veic
Visualização do mar	Vis_Mar
Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A	L_{Aeq}
Nível de pressão sonora ponderado em A e excedido em 10% do tempo	L_{A10}
Nível de pressão sonora ponderada em A e excedido em 50% do tempo	L_{A50}
Nível de pressão sonora ponderado em A e excedido em 90% do tempo	L_{A90}
Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em C	L_C
Nível máximo de pressão sonora ponderada em A e em F	$L_{A_{fmax}}$
Nível mínimo de pressão sonora ponderada em A e em F	$L_{A_{fmin}}$
Temperatura do ar	Temp
Umidade relativa do ar	Hum
Velocidade do vento	Vento

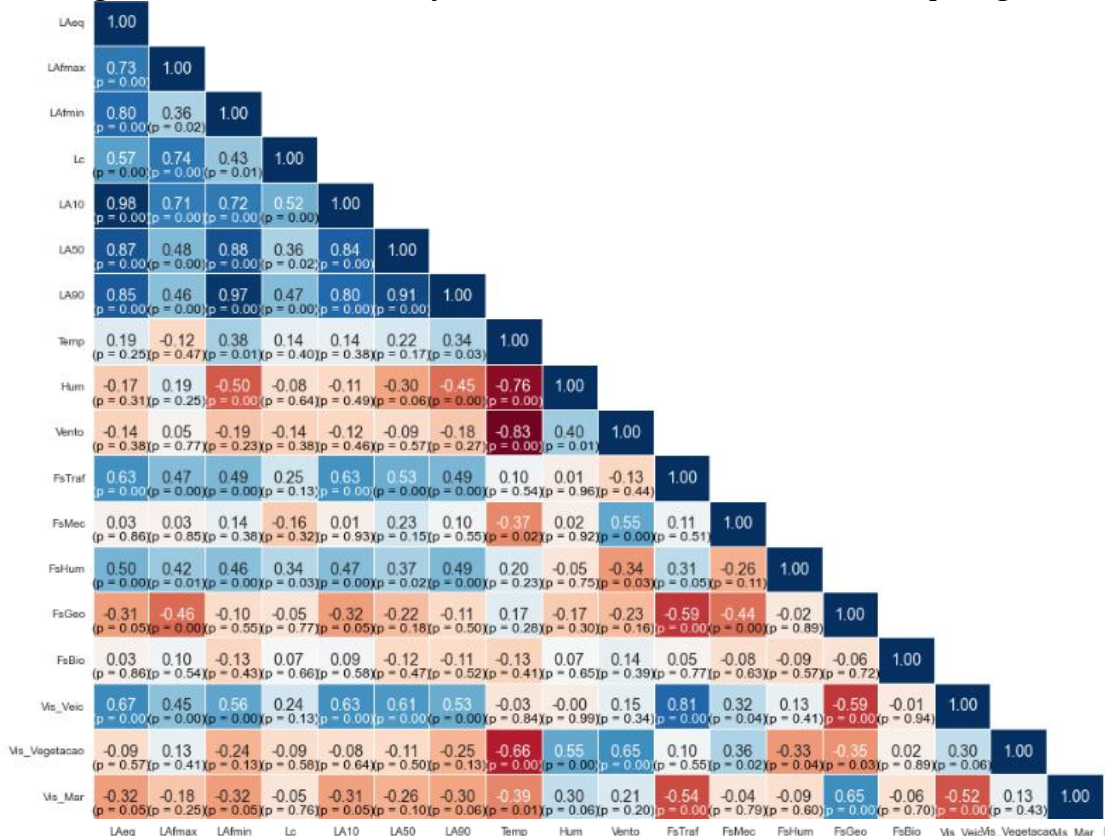
Fonte: Elaboração própria, 2024.

5.1 Avaliação da relevância dos indicadores e descritores com base na correlação dos dados coletados

A Figura 90 apresenta a matriz de correlação de Pearson, com a indicação do grau de linearidade entre os indicadores. Observa-se, por exemplo, que as métricas acústicas objetivas L_{Aeq} e o L_{A10} apresentam correlação de Pearson de 0,98, com *valor-p* = 0,00, o que sugere um elevado grau de linearidade entre esses indicadores, atendendo aos critérios do teste de hipótese.

Para a construção do modelo preditivo baseado em regressão linear múltipla, a literatura clássica, como em Bonamente (2017), recomenda atenção com o uso concomitante de variáveis colineares no mesmo modelo, ou seja, com coeficientes de Pearson superiores a 0,99, pois pode dificultar a convergência numérica dos modelos. No presente trabalho, todos os valores foram inferiores a 0,98, o que implica que não haverá problemas de convergência numérica, ou seja, verificou-se que é possível o emprego simultâneo de todos os 18 indicadores coletados para construção dos modelos preditivos. Adicionalmente, a Figura 90 apresenta os resultados dos índices de significância *valor-p* entre os indicadores empregados no estudo.

Figura 90: Matriz de correlação de Pearson entre os indicadores de paisagem sonora.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

A Tabela 9 apresenta os coeficientes de correlação de Spearman e o *valor-p* entre os descritores de paisagem sonora avaliados no corrente trabalho. Valores negativos indicam correlação inversa, por exemplo, o descritor *barulhento* apresenta correlação inversa com o descritor *agradabilidade* (-0,75, $p = 0,00$), o que presume que ambientes barulhentos interferem negativamente na percepção de agradabilidade da paisagem sonora, sendo que quanto mais próximo de -1, maior o impacto de correlação inversa. Valores positivos indicam correlação direta, por exemplo, ambientes percebidos como tranquilos tendem a ser compreendidos como agradáveis (0,93, $p = 0,00$).

Tabela 9: Correlação de Spearman e *valor-p* entre os descritores de paisagem sonora.

		Método A						Método B		
		Agradabilidade	Agitação	Animação	Tranquilidade	Av. Amb.Sonoro	Adeq. Amb.Sonoro	Barulhento	Desagradabilidade	Freq.Retorno
Método A	Agradabilidade	1,00	-0,66 $p = 0,00$	-0,17 $p = 0,30$	0,93 $p = 0,00$	0,93 $p = 0,00$	0,76 $p = 0,00$	-0,75 $p = 0,00$	-0,82 $p = 0,00$	0,72 $p = 0,00$
	Agitação	-0,66 $p = 0,00$	1,00	0,49 $p = 0,00$	-0,78 $p = 0,00$	-0,66 $p = 0,00$	-0,53 $p = 0,00$	0,65 $p = 0,00$	0,57 $p = 0,00$	-0,34 $p = 0,03$
	Animação	-0,17 $p = 0,30$	0,49 $p = 0,00$	1,00	-0,37 $p = 0,02$	-0,17 $p = 0,29$	0,04 $p = 0,79$	0,09 $p = 0,58$	0,13 $p = 0,41$	0,00 $p = 0,99$
	Tranquilidade	0,93 $p = 0,00$	-0,78 $p = 0,00$	-0,37 $p = 0,02$	1,00	0,90 $p = 0,00$	0,69 $p = 0,00$	-0,78 $p = 0,00$	-0,81 $p = 0,00$	0,69 $p = 0,00$
	Av. Amb.Sonoro	0,93 $p = 0,00$	-0,66 $p = 0,00$	-0,17 $p = 0,29$	0,90 $p = 0,00$	1,00	0,85 $p = 0,00$	-0,81 $p = 0,00$	-0,85 $p = 0,00$	0,74 $p = 0,00$
	Adeq. Amb.Sonoro	0,76 $p = 0,00$	-0,53 $p = 0,00$	0,04 $p = 0,79$	0,69 $p = 0,00$	0,85 $p = 0,00$	1,00	-0,77 $p = 0,00$	-0,74 $p = 0,00$	0,62 $p = 0,00$
Método B	Barulhento	-0,75 $p = 0,00$	0,65 $p = 0,00$	0,09 $p = 0,58$	-0,78 $p = 0,00$	-0,81 $p = 0,00$	-0,77 $p = 0,00$	1,00	0,89 $p = 0,00$	-0,76 $p = 0,00$
	Desagradabilidade	-0,82 $p = 0,00$	0,57 $p = 0,00$	0,13 $p = 0,41$	-0,81 $p = 0,00$	-0,85 $p = 0,00$	-0,74 $p = 0,00$	0,89 $p = 0,00$	1,00	-0,81 $p = 0,00$
	Freq.Retorno	0,72 $p = 0,00$	-0,34 $p = 0,03$	0,00 $p = 0,99$	0,69 $p = 0,00$	0,74 $p = 0,00$	0,62 $p = 0,00$	-0,76 $p = 0,00$	-0,81 $p = 0,00$	1,00

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Ao verificar as correlações quanto ao descritor *agitação* (Tabela 9), identifica-se correlação inversa com o descritor *tranquilidade* (-0,78, $p = 0,00$), o que indica que paisagens sonoras agitadas dificilmente serão associadas à tranquilidade e podem ser percebidas como barulhentas (0,65, $p = 0,00$).

No que se refere ao descritor *animação* (Tabela 9), as correlações com os demais descritores foram em sua maior parte, inferiores aos valores encontrados na presente análise, com o coeficiente de Spearman de no máximo 0,49, e $p = 0,00$. É importante ressaltar a

correlação inversa com o descritor *tranquilidade* (-0,37), o que sugere que paisagens sonoras percebidas como animadas não tendem a ser avaliadas como tranquilas.

Quanto às correlações do descritor *tranquilidade* (Tabela 9), vale destacar a correlação inversa com o descritor *barulhento* (-0,78, $p = 0,00$), sendo possível afirmar que paisagens sonoras tranquilas costumam não ser barulhentas. Ademais, foi encontrada correlação direta entre o descritor *tranquilidade* e *agradabilidade* (0,93), de modo que ambientes sonoros tranquilos tendem a ser julgados como agradáveis.

Ao analisar as correlações do descritor *avaliação do ambiente sonoro* (associado à qualidade do ambiente sonoro) com os demais descritores, é possível apontar que há correlação inversa com o descritor *desagradável* (-0,85) e correlação direta com o descritor *agradabilidade* (0,93, $p = 0,00$), além do descritor *tranquilidade* (0,90, $p = 0,00$). Tais apontamentos sinalizam que paisagens sonoras avaliadas como boas costumam ser julgadas como agradáveis e tranquilas.

O descritor *adequação do ambiente sonoro* apresenta correlação direta com o descritor relacionado à *avaliação do ambiente sonoro* (associado à qualidade do ambiente sonoro), com coeficiente de 0,85, $p = 0,00$, sendo assim, presume-se que ambientes sonoros avaliados como adequados ao local tendem a ser identificados como ambientes sonoros bons (Tabela 9). Além disso, ambientes sonoros que foram classificados adequados ao local têm a tendência de não ser avaliados como desagradáveis (-0,74, $p = 0,00$).

A respeito do descritor *barulhento* (Tabela 9), por meio das análises dos coeficientes de correlação de Spearman, verifica-se que há expressiva correlação direta com o descritor *desagradável* (0,89, $p = 0,00$), o que reforça a associação existente nas avaliações dos participantes de que paisagens sonoras barulhentas geralmente são percebidas como desagradáveis. Em contraponto, paisagens sonoras barulhentas tendem a ser julgadas como ruins quanto à qualidade do ambiente sonoro, em função da correlação inversa existente entre o descritor *barulhento* e a *avaliação do ambiente sonoro* (-0,81, $p = 0,00$).

De modo complementar, foi avaliado o fator relacionado à *frequência com que o participante respondente gostaria de visitar o local novamente*, pois está interligada com a percepção da experiência sonora no momento do experimento, bem como com as expectativas. Vale ressaltar que a *frequência com que o participante deseja retornar ao local* não foi

considerada como um descritor da paisagem sonora, mas foi incorporada a esta análise com o intuito de estabelecer relações com os demais aspectos avaliados.

Verifica-se na Tabela 9, que a *frequência com que o participante respondente gostaria de visitar o local novamente* está associada a maiores pontuações com a métrica de *avaliação do ambiente sonoro* (0,74, $p = 0,00$) e ambientes classificados como agradáveis (0,72, $p = 0,00$), ou seja, presume-se uma tendência maior de desejo de retorno aos locais percebidos como agradáveis. Ambientes com avaliação de *desagradabilidade* (-0,81, $p = 0,00$) e *barulhento* (-0,76, $p = 0,00$) apresentaram os maiores valores de aversão ao retorno ao local.

Foi observada uma elevada correlação existente entre descritores análogos derivados dos métodos A e B, conforme apresentado na Tabela 9, como por exemplo, o descritor *agradabilidade*, do método A e o descritor *desagradabilidade*, do método B. Assim, é possível presumir que tais resultados indicam que o emprego dos métodos A e B pode trazer resultados similares, conforme apontado no trabalho de Aletta *et al.* (2019) e Jo e Jeon (2021b).

5.2 Modelagem preditiva

Para a construção dos modelos preditivos, conforme discutido na seção 3.7.1 Avaliação da relevância dos indicadores e descritores com base na correlação dos dados coletados, no capítulo Metodologia, foram considerados como referência, a escolha de indicadores empregados nos modelos que apresentem coeficientes de correlação de Spearman superiores a 0,5, o que segundo a literatura (Morettin, 2013), é um indicador de provável forte correlação.

Para cada modelo preditivo linear construído, são avaliadas as correlações dos indicadores em relação aos descritores, o que possibilita selecionar cada um dos conjuntos dos indicadores que compõem os modelos. Métricas adicionais para os modelos lineares podem ser consultadas nos Apêndices 26 ao 33, entre as páginas 291 e 298.

Nos modelos não lineares, a seleção dos indicadores para cada modelo seguiu a mesma metodologia empregada no desenvolvimento dos modelos preditivos lineares, com base na relevância medida a partir do coeficiente de Spearman, de maneira que, as composições dos indicadores dos modelos preditivos lineares e não lineares são iguais, o que pode viabilizar a posterior comparação entre a modelagem preditiva linear e não linear.

5.2.1 Descritor *agradabilidade* (método A)

▪ Avaliação da relevância dos indicadores:

No desenvolvimento dos modelos preditivos para o descritor *agradabilidade*, inicialmente foram calculados os valores dos coeficientes de Spearman para cada um dos 18 indicadores considerados no estudo, dispostos em ordem decrescente, conforme apresentado na Tabela 10.

Tabela 10: Coeficientes de Spearman para cada indicador, considerando o descritor *agradabilidade*.

$L_{A_{fmax}}$	$L_{A_{eq}}$	FsGeo	L_{A10}	Vis_Mar	FsTraf	Vis_Veic	L_{A90}	L_{A50}	$L_{A_{fmin}}$	FsHum	L_c	FsMec	Vento	FsBio	Temp	Hum	Vis_Veg
-0,67	-0,64	0,63	-0,63	0,61	-0,60	-0,52	-0,49	-0,43	-0,40	-0,36	-0,33	-0,28	0,25	0,18	-0,10	0,06	-0,02

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Foram identificados sete indicadores com coeficientes de Spearman superiores a 0,5 (Tabela 10), o que pode sugerir uma moderada correlação com o descritor em questão. Os indicadores são os seguintes:

- $L_{A_{fmax}}$ = Nível máximo de pressão sonora ponderado em A e em F;
- $L_{A_{eq}}$ = Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A;
- FsGeo = Identificação de fonte sonora geofônica;
- L_{A10} = Nível de pressão sonora ponderada em A e excedido em 10% do tempo;
- Vis_Mar = Visualização do mar;
- FsTraf = Identificação de fonte sonora ruído de tráfego;
- L_{A10} = Nível de pressão sonora ponderada em A e excedido em 10% do tempo;
- Vis_Veic = Visualização de veículos.

Em relação ao impacto dos indicadores na construção do descritor *agradabilidade*, observa-se que os indicadores objetivos dos níveis sonoros, tais como $L_{A_{fmax}}$, $L_{A_{eq}}$, L_{A10} , apresentam coeficientes com sinais negativos (-), o que indica que os mesmos contribuem negativamente para a descritor em questão, ou seja, quanto maior os níveis acústicos, menor

poderá ser a percepção de agradabilidade do ambiente sonoro. Essa relação inversa também pode ser percebida na identificação de fonte sonora relacionada ao ruído de tráfego, bem como na visualização de veículos. Em contraponto, é possível verificar que os indicadores voltados para identificação de fontes sonoras de origem geofônica e de visualização do mar podem favorecer a percepção do descritor *agradabilidade*, uma vez que possuem valores com sinais positivos (+).

▪ Modelos lineares:

O modelo A1 para o descritor *agradabilidade* (Quadro 24), baseado na aplicação dos sete indicadores supracitados, apresentou resultado de R^2 igual a 0,78, com *Prob (F-statistic)* de $5,13 \times 10^{-9}$, indicando que o modelo explica 78% da variância do descritor *agradabilidade*, com base nos indicadores empregados.

Quadro 24: Modelos preditivos lineares para o descritor *agradabilidade*.

Descritor	Indicador	Modelo obtido	R^2	R^2 Ajustado	Prob (F-statistic)
Agradabilidade (A1)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ FsGeo $L_{A_{10}}$ Vis_Mar FsTraf Vis_Veic	Agradável = $-0,0114 L_{A_{fmax}} - 0,1845 L_{A_{eq}} + 0,4316 \text{ FsGeo} - 0,1122 L_{A_{10}} + 0,2358 \text{ Vis_Mar} - 0,1409 \text{ FsTraf} - 0,1435 \text{ Vis_Veic} + 6,2239$	0,78	0,74	$5,13 \times 10^{-9}$
Agradabilidade (A2)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ FsGeo $L_{A_{10}}$ Vis_Mar FsTraf Vis_Veic Vento	Agradável = $-0,0128 L_{A_{fmax}} - 0,1614 L_{A_{eq}} + 0,4989 \text{ FsGeo} + 0,0975 L_{A_{10}} + 0,1685 \text{ Vis_Mar} - 0,0598 \text{ FsTraf} + 0,0376 \text{ Vis_Veic} + 0,0618 \text{ Vento} + 5,9600$	0,79	0,74	$1,39 \times 10^{-8}$
Agradabilidade (A3)	$L_{A_{fmax}}$ FsGeo Vis_Veic	Agradável = $-0,0459 L_{A_{fmax}} + 0,2660 \text{ FsGeo} + 0,4039 \text{ Vis_Mar} + 4,4431$	0,66	0,63	$1,41 \times 10^{-8}$
Agradabilidade (A4)	$L_{A_{fmax}}$ FsGeo	Agradável = $-0,0459 L_{A_{fmax}} + 0,2660 \text{ FsGeo} + 4,8398$	0,61	0,59	$2,04 \times 10^{-8}$
Agradabilidade (A5)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ $L_{A_{10}}$	Agradável = $-0,0301 L_{A_{fmax}} - 0,1550 L_{A_{eq}} + 0,0803 L_{A_{10}} + 9,8549$	0,51	0,47	$7,75 \times 10^{-6}$
Agradabilidade (A6)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ FsGeo $L_{A_{10}}$ Vis_Mar FsTraf Vis_Veic $L_{A_{90}}$ $L_{A_{50}}$ $L_{A_{fmin}}$ FsHum L_C FsMec Vento FsBio Temp Hum Vis_Veg	Agradável = $-0,0097 L_{A_{fmax}} - 0,2850 L_{A_{eq}} + 0,1584 \text{ FsGeo} + 0,1527 L_{A_{10}} + 0,3979 \text{ Vis_Mar} - 0,0537 \text{ FsTraf} + 0,0742 \text{ Vis_Veic} - 0,0713 L_{A_{90}} + 0,0588 L_{A_{50}} + 0,0807 L_{A_{fmin}} - 0,2228 \text{ FsHum} + 0,0115 L_C - 0,2099 \text{ FsMec} + 0,1706 \text{ Vento} + 0,0608 \text{ FsBio} + 0,0380 \text{ Temp} + 0,0076 \text{ Hum} - 0,2719 \text{ Vis_Veg} + 4,3006$	0,84	0,72	$5,65 \times 10^{-5}$

Fonte: Elaboração própria, 2025.

O modelo A2 foi desenvolvido com o intuito de incorporar um indicador relacionado às métricas objetivas ambientais. Assim, foi inserida a informação de velocidade de vento (Vento) como indicador adicional para o modelo A2, passando a apresentar oito indicadores. Em termos de qualidade, o presente modelo obteve uma discreta melhora na qualidade do ajuste (R^2) de 0,79, *Prob (F-statistic)* de $1,39 \times 10^{-8}$.

Com o intuito de averiguar o impacto da aplicação de apenas três indicadores representativos dos aspectos visuais, acústicos objetivos e identificação de fonte sonora, foi desenvolvido o modelo A3 (Quadro 24). O referido modelo possui estrutura de indicadores mais simplificada, contendo apenas um indicador acústico objetivo ($L_{A_{fmax}}$), um indicador relacionado à identificação de fonte sonora de origem geofônica (FsGeo) e um indicador visual de visualização de veículos (Vis_Veic), o que implicou em R^2 igual a 0,66, *Prob (F-statistic)* de $1,41 \times 10^{-8}$. Ao remover o indicador relacionado à visualização de veículos (Vis_Veic), o desempenho do modelo A4 foi reduzido para 0,61 (R^2), *Prob (F-statistic)* de $2,04 \times 10^{-8}$, indicando que o acréscimo de informações perceptuais favorece o desempenho do modelo.

O modelo A5 (Quadro 24) foi construído com a finalidade de verificar a qualidade do modelo preditivo baseado apenas em métricas acústicas objetivas. Assim, o modelo A5 obteve R^2 de 0,51, com *Prob (F-statistic)* de $7,75 \times 10^{-6}$, o que reforça a necessidade em considerar não apenas informações obtidas em medições acústicas objetivas.

O modelo A6 contém o conjunto completo de indicadores (18) obtidos no presente estudo e seu desempenho correspondeu a R^2 de 0,84, *Prob (F-statistic)* de $5,65 \times 10^{-5}$, indicando um desempenho superior aos demais modelos do descritor, embora apresente um número elevado de parâmetros.

Os resultados de todos os modelos desenvolvidos para o descritor *agradabilidade* apresentaram relevância estatística, com valores de *Prob (F-statistic)* inferiores ao valor limite geralmente empregado na literatura *Prob (F-statistic)* < 0,05, conforme apontado por Montgomery (2003), que equivale a 5×10^{-2} , conforme apresentado no Quadro 24.

Em termos de desempenho do R^2 ajustado, que leva em consideração o equilíbrio entre o número de variáveis incluídas no modelo e a melhoria na capacidade preditiva, os modelos A1 e A2 apresentaram a melhor métrica, com um valor de 0,74. O modelo A6 apresentou um índice de 0,72.

- Modelos não lineares:

Para a construção do modelo não linear A1 referente ao descritor *agradabilidade*, foram empregados sete indicadores de entrada, aos quais três indicadores consistem em métricas objetivas acústicas ($L_{A_{fmax}}$, $L_{A_{eq}}$ e $L_{A_{10}}$), identificação de fonte sonora de origem geofônica (FsGeo) e de tráfego (FsTraf), além de indicadores perceptuais de visualização de mar (Vis_Mar) e de veículos (Vis_Veic). Vale lembrar que os referidos indicadores apresentam coeficientes de Spearman superiores a 0,5.

No âmbito do modelo A1, a RNA a qual apresentou melhor desempenho foi a RNA 3, que é composta por uma arquitetura de duas camadas ocultas, sendo a primeira com 7 neurônios e a segunda camada oculta com 4 neurônios, apresentando R^2 de 0,86 e RMSE de 0,0383 na fase de validação (Quadro 25).

Para o modelo A2, construído por meio da inclusão de um parâmetro objetivo ambiental (Vento), verifica-se que houve um incremento em qualidade nas três arquiteturas de redes, RNA 1, 2 e 3, o que indica que a consideração dos dados físicos ambientais, a exemplo da velocidade do vento, pode favorecer o desempenho do modelo não linear, assim como observado no modelo linear.

Dentre os modelos compostos por um menor número de indicadores na camada de entrada, tais como modelo A3, A4 e A5, as redes neurais que apresentaram desempenho mais favoráveis são compostas por 2 camadas intermediárias (RNA 3), conforme apresentado no Quadro 25.

Considerando o modelo preditivo que contém todos os 18 indicadores coletados, o modelo A6, baseado em redes neurais artificiais conseguiu atingir a desempenho (R^2) acima de 0,90, com destaque para a RNA 1, com o alcance de R^2 de 0,96.

Quadro 25: Modelos preditivos não lineares para o descritor *agradabilidade*.

Descritor	Indicador	RNA 1			RNA 2			RNA 3		
		Modelo empregado	R ² Trei.	RMSE Val.	Modelo empregado	R ² Trei.	RMSE Val.	Modelo empregado	R ² Trei.	RMSE Val.
Agradabilidade (A1)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ FsGeo L_{A10} Vis_Mar FsTraf Vis_Veic	Camada interm. (4) Função de ativação: tanh	0,82	0,0405	Camada interm. (7) Função de ativação: tanh	0,84	0,0436	Camadas interm. (7,4) Função de ativação: tanh	0,86	0,0383
Agradabilidade (A2)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ FsGeo L_{A10} Vis_Mar FsTraf Vis_Veic Vento	Camada interm. (4) Função de ativação: tanh	0,85	0,0423	Camada interm. (8) Função de ativação: tanh	0,87	0,0463	Camadas interm. (8,4) Função de ativação: tanh	0,89	0,0390
Agradabilidade (A3)	$L_{A_{fmax}}$ FsGeo Vis_Veic	Camada interm. (2) Função de ativação: tanh	0,68	0,0281	Camada interm. (3) Função de ativação: tanh	0,67	0,0264	Camadas interm. (3,2) Função de ativação: tanh	0,78	0,0261
Agradabilidade (A4)	$L_{A_{fmax}}$ FsGeo	Camada interm. (1) Função de ativação: tanh	0,57	0,0214	Camada interm. (2) Função de ativação: tanh	0,58	0,0207	Camadas interm. (2,1) Função de ativação: tanh	0,59	0,0216
Agradabilidade (A5)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ L_{A10}	Camada interm. (2) Função de ativação: tanh	0,55	0,0455	Camada interm. (3) Função de ativação: tanh	0,57	0,0427	Camadas interm. (3,2) Função de ativação: tanh	0,57	0,0429
Agradabilidade (A6)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ FsGeo L_{A10} Vis_Mar FsTraf Vis_Veic L_{A90} L_{A50} $L_{A_{fmin}}$ FsHum L_C FsMec Vento FsBio Temp Hum Vis_Veg	Camada interm. (18) Função de ativação: tanh	0,96	0,0799	Camada interm. (18) Função de ativação: tanh	0,90	0,0799	Camadas interm. (18,9) Função de ativação: tanh	0,91	0,0781

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Em linhas gerais, os modelos baseados em redes neurais artificiais para o descritor *agradabilidade* obtiveram desempenho superior aos modelos lineares, com melhoria no desempenho em torno de 10% a 18%, considerando as arquiteturas de redes com R² mais elevados. Apenas o modelo A4, composto por somente dois indicadores, alcançou desempenho menos favorável ao comparar com o modelo A4 linear, o que reforça a necessidade de

considerar uma maior variedade de indicadores, tais como físicos, perceptuais, visuais, entre outros.

5.2.2 Descritor *agitação* (método A)

▪ Avaliação da relevância dos indicadores:

No âmbito do descritor *agitação*, os resultados dos coeficientes de Spearman para cada um dos indicadores estão apresentados na Tabela 11. Os indicadores relacionados à presença de sons de origem geofônica e de percepção de visualização do mar, ajudam a minimizar o nível de percepção quanto ao descritor *agitação*.

Tabela 11: Coeficientes de Spearman para cada indicador, considerando o descritor *agitação*.

L_{Amax}	L_{Aeq}	FsHum	L_{A10}	FsTraf	L_{A90}	L_{Amin}	L_{A50}	Vis_Veic	FsGeo	L_c	FsMec	Vis_Mar	Hum	Temp	Vis_Veg	FsBio	Vento
0,68	0,64	0,61	0,60	0,52	0,52	0,44	0,42	0,42	-0,39	0,36	0,25	-0,17	0,15	-0,14	0,08	-0,08	-0,06

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Para construção dos modelos preditivos quanto ao descritor *agitação*, tomou-se como referência os indicadores com coeficientes de Spearman superiores a 0,5 (Tabela 11), que possivelmente apresentam moderada correlação com o referido descritor. Os indicadores são:

- L_{Amax} = Nível máximo de pressão sonora ponderado em A e em F;
- L_{Aeq} = Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A;
- FsHum = Identificação de fonte sonora humana;
- L_{A10} = Nível de pressão sonora ponderado em A e excedido em 90% do tempo;
- FsTraf = Identificação de fonte sonora ruído de tráfego;
- L_{A90} = Nível de pressão sonora ponderado em A e excedido em 90% do tempo.

Em princípio, com base no estudo da relevância dos indicadores em relação ao descritor *agitação*, verifica-se que os indicadores de maior importância são relacionados a alguns níveis sonoros (L_{Amax} , L_{Aeq} , L_{A10} e L_{A90}), a identificação de fonte sonora de origem humana (FsHum) e de tráfego (FsTraf). Com base na observação dos coeficientes de Spearman apresentados na Tabela 11, presume-se que a percepção do ambiente sonoro *agitação* pode aumentar diante da

interferência de níveis sonoros elevados, da presença de sons de origem humana e de tráfego, bem como de visualização de veículos.

▪ Modelos lineares:

O modelo AG1 é composto pelos indicadores que possuem coeficientes de Spearman acima de 0,5, supracitados, com desempenho de R^2 de 0,71, *Prob (F-statistic)* de $1,44 \times 10^{-7}$, o que aponta a necessidade de buscar a construção de modelos com desempenho mais favorável (Quadro 26).

Quadro 26: Modelos preditivos lineares para o descritor *agitação*.

Descritor	Indicador	Modelo obtido	R^2	R^2 <i>Ajustado</i>	<i>Prob</i> <i>(F-statistic)</i>
Agitação (AG1)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ Fs_{Hum} $L_{A_{10}}$ Fs_{Traf} $L_{A_{90}}$	Agitado = $0,0342 L_{A_{fmax}} + 0,0822 L_{A_{eq}} + 0,6430 Fs_{Hum} - 0,0525 L_{A_{10}} + 0,2390 Fs_{Traf} - 0,0216 L_{A_{90}} - 1,4292$	0,71	0,65	$1,44 \times 10^{-7}$
Agitação (AG2)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ Fs_{Hum} $L_{A_{10}}$ Fs_{Traf} $L_{A_{90}}$ Vis_Veic	Agitado = $0,0384 L_{A_{fmax}} + 0,0012 L_{A_{eq}} + 0,8053 Fs_{Hum} - 0,0090 L_{A_{10}} - 0,0125 Fs_{Traf} - 0,0142 L_{A_{90}} + 0,3849 Vis_Veic - 1,0628$	0,74	0,69	$7,19 \times 10^{-8}$
Agitação (AG3)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ Fs_{Hum} $L_{A_{10}}$ Fs_{Traf} $L_{A_{90}}$ Vis_Veic Temp	Agitado = $0,0263 L_{A_{fmax}} + 0,0688 L_{A_{eq}} + 0,7843 Fs_{Hum} - 0,0504 L_{A_{10}} + 0,0794 Fs_{Traf} - 0,0097 L_{A_{90}} + 0,2430 Vis_Veic - 0,0507 Temp + 0,0148$	0,77	0,71	$4,76 \times 10^{-8}$
Agitação (AG4)	$L_{A_{fmax}}$ Fs_{Hum} Vis_Veic	Agitado = $0,0346 L_{A_{fmax}} + 0,7232 Fs_{Hum} + 0,3103 Vis_Veic - 0,6842$	0,73	0,71	$1,92 \times 10^{-10}$
Agitação (AG5)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ $L_{A_{10}}$ $L_{A_{90}}$	Agitado = $0,0422 L_{A_{fmax}} + 0,1332 L_{A_{eq}} - 0,0693 L_{A_{10}} - 0,0078 L_{A_{90}} - 2,9492$	0,54	0,49	$1,23 \times 10^{-5}$
Agitação (AG6)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ Fs_{Geo} $L_{A_{10}}$ Vis_Mar Fs_{Traf} Vis_Veic $L_{A_{90}}$ $L_{A_{50}}$ $L_{A_{fmin}}$ Fs_{Hum} L_C Fs_{Mec} Vento Fs_{Bio} Temp Hum Vis_Veg	Agitado = $0,0335 L_{A_{fmax}} + 0,1653 L_{A_{eq}} - 0,1682 Fs_{Geo} - 0,1089 L_{A_{10}} + 0,1240 Vis_Mar - 0,0898 Fs_{Traf} + 0,3699 Vis_Veic + 0,0856 L_{A_{90}} - 0,0761 L_{A_{50}} - 0,0330 L_{A_{fmin}} + 0,6653 Fs_{Hum} - 0,0250 L_C + 0,0356 Fs_{Mec} - 0,1866 Vento + 0,3918 Fs_{Bio} - 0,1195 Temp - 0,0146 Hum + 0,0051 Vis_Veg + 3,9071$	0,84	0,70	$8,77 \times 10^{-5}$

Fonte: Elaboração própria, 2025.

A fim de contemplar os aspectos visuais, foi incorporado no modelo AG2 o indicador relativo à percepção da visualização de veículos (Vis_Veic), que consiste no indicador visual de maior relevância em relação ao descritor *agitação*. A qualidade do ajuste de AG2 aumentou discretamente, se comparado ao modelo AG1, passando para R^2 de 0,74, com *Prob (F-statistic)* de $7,19 \times 10^{-8}$.

O modelo AG3 possui o mesmo conjunto de indicadores do modelo AG2, com o acréscimo do indicador de temperatura do ar (Temp). Ao adicionar a métrica objetiva ambiental (Temp), o modelo AG3 apresentou uma melhoria no desempenho do modelo, de R^2 de 0,77, *Prob (F-statistic)* de $4,76 \times 10^{-8}$.

O modelo AG4 foi elaborado a fim de minimizar o número de indicadores, além de averiguar o impacto da aplicação de três indicadores mais relevantes, considerando os coeficientes de Spearman, sendo então aplicados: uma métrica objetiva acústica ($L_{A_{fmax}}$), um dado de identificação de fonte sonora de origem humana (FsHum), além do indicador visual (Vis_Veic). Como resultado, AG4 obteve R^2 de 0,73, *Prob (F-statistic)* de $1,92 \times 10^{-10}$, desempenho superior ao encontrado no modelo AG1, que possui os seis indicadores com coeficientes de Spearman acima de 0,5.

O modelo AG5, composto apenas de indicadores acústicos objetivos, apresenta desempenho de R^2 de 0,54, *Prob (F-statistic)* de $1,23 \times 10^{-5}$, ou seja, desempenho inferior aos modelos preditivos desenvolvidos do descritor *agitação*.

O modelo AG6 contém todos os indicadores considerados no estudo. O resultado da combinação de indicadores no modelo apresentou rendimento de R^2 de 0,84, com *Prob (F-statistic)* de $8,77 \times 10^{-5}$.

Os resultados mostraram que os modelos AG3 e AG4 apresentaram métricas de 0,71 em termos de R^2 ajustado, que leva em consideração o equilíbrio entre o número de variáveis adicionadas ao modelo e a melhoria no desempenho preditivo. O modelo AG6 apresentou um desempenho de 0,70.

▪ Modelos não lineares:

Quanto ao descritor *agitação*, considerando as três arquiteturas de redes neurais artificiais desenvolvidas para cada modelo preditivo, todas as configurações construídas apresentaram desempenho superior aos modelos preditivos lineares (Quadro 27).

Quadro 27: Modelos preditivos não lineares para o descritor *agitação*.

Descritor	Indicador	RNA 1			RNA 2			RNA 3		
		Modelo empregado	R ² Trei.	RMSE Val.	Modelo empregado	R ² Trei.	RMSE Val.	Modelo empregado	R ² Trei.	RMSE Val.
Agitação (AG1)	$L_{A_{fmax}}$	Camada (3) Função de ativação: tanh	0,84	0,0624	Camada (6) Função de ativação: tanh	0,86	0,0651	Camadas (6,3) Função de ativação: tanh	0,85	0,0734
	$L_{A_{eq}}$									
	FsHum									
	L_{A10}									
	FsTraf									
Agitação (AG2)	L_{A90}	Camada (4) Função de ativação: tanh	0,86	0,0551	Camada (7) Função de ativação: tanh	0,85	0,0620	Camadas (7,4) Função de ativação: tanh	0,86	0,0583
	$L_{A_{fmax}}$									
	$L_{A_{eq}}$									
	FsHum									
	L_{A10}									
Agitação (AG3)	FsTraf	Camada (4) Função de ativação: tanh	0,89	0,0620	Camada (7) Função de ativação: tanh	0,88	0,0552	Camadas (7,4) Função de ativação: tanh	0,89	0,0547
	L_{A90}									
	Temp									
	$L_{A_{fmax}}$									
	$L_{A_{eq}}$									
Agitação (AG4)	FsHum	Camada (2) Função de ativação: tanh	0,80	0,0532	Camada (3) Função de ativação: tanh	0,81	0,0401	Camadas (2,3) Função de ativação: tanh	0,82	0,0474
	Vis_Veic									
	$L_{A_{fmax}}$									
	$L_{A_{eq}}$									
	L_{A10}									
Agitação (AG5)	L_{A90}	Camada (2) Função de ativação: tanh	0,59	0,0427	Camada (4) Função de ativação: tanh	0,57	0,0407	Camadas (4,2) Função de ativação: tanh	0,59	0,0438
	$L_{A_{fmax}}$									
	$L_{A_{eq}}$									
	L_{A10}									
	L_{A90}									
Agitação (AG6)	$L_{A_{fmax}}$	Camada (9) Função de ativação: tanh	0,97	0,0893	Camada (18) Função de ativação: tanh	0,97	0,0859	Camadas (18,9) Função de ativação: tanh	0,97	0,0834
	$L_{A_{eq}}$									
	FsGeo									
	L_{A10}									
	Vis_Mar									
	FsTraf									
	Vis_Veic									
	L_{A90}									
	L_{A50}									
	$L_{A_{fmin}}$									
	FsHum									
	L_C									
	FsMec									
	Vento									
	FsBio									
	Temp									
	Hum									
	Vis_Veg									

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Ao comparar as três arquiteturas de rede neurais relativas ao modelo AG1, verifica-se que RNA 2 apresentou a arquitetura de melhor rendimento, com R^2 de 0,86 e RMSE de 0,0651, o que corresponde a um desempenho superior ao modelo preditivo linear em 21,12% quanto ao R^2 (Quadro 27). Vale lembrar que o modelo AG1 possui os indicadores que apresentaram coeficientes de Spearman superiores a 0,5.

Ao confrontar os modelos AG2 ao AG5, é possível apontar duas arquiteturas de redes neurais como mais favoráveis, sendo o modelo AG3, em RNA 3, com melhor configuração quanto ao desempenho, com alcance de R^2 de 0,89 e RMSE de 0,0547.

O modelo AG6, modelo que reúne todos os indicadores considerados no presente estudo, obteve o resultado de desempenho mais elevado, com alcance de 0,97 para R^2 nas três arquiteturas de redes neurais construídas. Ao considerar a combinação dos resultados de R^2 com o parâmetro RMSE, a arquitetura de melhor desempenho foi RNA 3 do modelo AG6, com RMSE de 0,0834. O modelo não linear AG6 apresentou desempenho 15% superior em relação ao modelo preditivo linear AG6.

5.2.3 Descritor *animação* (método A)

▪ Avaliação da relevância dos indicadores:

Os resultados dos coeficientes de Spearman quanto ao descritor *animação* estão organizados na Tabela 12, a seguir.

Tabela 12: Coeficientes de Spearman para cada indicador, considerando o descritor *animação*.

FsHum	L _{Aeq}	Vento	Vis_Veg	L _{A90}	L _{Amin}	L _{A10}	L _{A50}	L _{Amax}	Temp	L _c	FsMec	FsGeo	FsTraf	Vis_Veic	Vis_Mar	FsBio	Hum
0,80	0,45	-0,47	-0,44	0,42	0,41	0,39	0,30	0,30	0,28	0,27	-0,24	0,22	0,17	-0,16	0,06	0,01	-0,06

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Ao observar a Tabela 12, o único indicador com coeficiente de Spearman superior a 0,5 para o descritor *animação*, foi o FsHum, Identificação de fonte sonora humana. Por isso, foi necessário considerar os indicadores com coeficientes acima de 0,4, classificados como

moderada correlação, conforme discutido na seção 3.7.1 Avaliação de relevância dos indicadores e descritores com base na correlação dos dados coletados:

- L_{Aeq} = Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A;
- Vento = Velocidade do vento;
- Vis_Veg = Visualização da vegetação;
- L_{A90} = Nível de pressão sonora ponderado em A e excedido em 90% do tempo;
- $L_{A_{fmin}}$ = Nível máximo de pressão sonora ponderado em A e em F.

▪ Modelos lineares:

O Quadro 28 apresenta os modelos preditivos desenvolvidos quanto ao descritor *animação*. O modelo AN1 é composto pelo único indicador com coeficiente de Spearman superior a 0,5, FsHum, que corresponde à identificação sonora de origem humana. Como resultado, AN1 apresentou R^2 de 0,68, *Prob (F-statistic)* de $4,73 \times 10^{-11}$, evidenciando que a fonte sonora humana apresenta um impacto relevante na percepção de um ambiente animado. Vale lembrar que no corrente estudo, sons de conversa, de música, crianças a brincar são considerados sons de origem humana.

O modelo AN2 é composto pelos seis indicadores com coeficiente de Spearman acima de 0,4, que em sua maioria, são parâmetros objetivos. São indicadores relativos às métricas acústicas objetivas (L_{Aeq} , L_{A90} e $L_{A_{fmin}}$), indicador relativo à fonte sonora de origem humana (FsHum), velocidade do vento (Vento) e do indicador perceptual de visualização de vegetação (Vis_Veg). Tal combinação implicou em qualidade de ajuste de 0,71, *Prob (F-statistic)* de $1,15 \times 10^{-7}$, o que representou uma melhoria de qualidade, se comparado ao modelo anterior.

Quadro 28: Modelos preditivos lineares para o descritor *animação*.

Descritor	Indicador	Modelo obtido	R^2	R^2 Ajustado	<i>Prob (F-statistic)</i>
Animação (AN1)	FsHum	Animado = $0,9915 \text{ FsHum} + 0,9327$	0,68	0,68	$4,73 \times 10^{-11}$
Animação (AN2)	FsHum L_{Aeq} Vento Vis_Veg L_{A90} $L_{A_{fmin}}$	Animado = $0,9689 \text{ FsHum} - 0,0044 \text{ } L_{Aeq} - 0,0355 \text{ Vento} - 0,1095 \text{ Vis_Veg} - 0,0193 \text{ } L_{A90} + 0,0165 \text{ } L_{A_{fmin}} + 1,9339$	0,71	0,66	$1,15 \times 10^{-7}$

Animação (AN3)	FsHum L_{Aeq} Vento Vis_Veg FsGeo	Animado = $0,9550 \text{ FsHum} - 0,0026 \text{ } L_{Aeq} - 0,0344 \text{ Vento} - 0,0193 \text{ Vis_Veg} + 0,2193 \text{ FsGeo} + 0,3426$	0,75	0,72	$1,46 \times 10^{-9}$
Animação (AN4)	FsHum L_{Aeq} Vento	Animado = $0,9792 \text{ FsHum} - 0,0081 \text{ } L_{Aeq} - 0,0567 \text{ Vento} + 1,6021$	0,70	0,68	$1,11 \times 10^{-9}$
Animação (AN5)	L_{Aeq} L_{A90} L_{Amin}	Animado = $0,0166 \text{ } L_{Aeq} + 0,0290 \text{ } L_{A90} - 0,0002 \text{ } L_{Amin} + 0,1663$	0,14	0,07	0,133
Animação (AN6)	L_{Amax} L_{Aeq} FsGeo L_{A10} Vis_Mar FsTraf Vis_Veic L_{A90} L_{A50} L_{Amin} FsHum L_C FsMec Vento FsBio Temp Hum Vis_Veg	Animado = $-0,0017 \text{ } L_{Amax} + 0,0381 \text{ } L_{Aeq} - 0,1648 \text{ FsGeo} - 0,0200 \text{ } L_{A10} + 0,0083 \text{ Vis_Mar} + 0,2513 \text{ FsTraf} - 0,3160 \text{ Vis_Veic} - 0,0856 \text{ } L_{A90} + 0,0234 \text{ } L_{A50} + 0,0661 \text{ } L_{Amin} + 0,8747 \text{ FsHum} + 0,0016 \text{ } L_C - 0,0864 \text{ FsMec} - 0,0353 \text{ Vento} + 0,1235 \text{ FsBio} - 0,0550 \text{ Temp} - 0,0158 \text{ Hum} + 0,0356 \text{ Vis_Veg} + 2,8098$	0,81	0,66	$2,21 \times 10^{-4}$

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Com a finalidade de aumentar o emprego de indicadores perceptuais no modelo, foram excluídos os dois últimos indicadores objetivos acústicos do modelo AN2, seguido pela inclusão de um indicador perceptual relacionado à identificação de fonte sonora de origem geofônica (FsGeo), resultando no modelo AN3, com a obtenção de R^2 de 0,75 e de *Prob (F-statistic)* de $1,46 \times 10^{-9}$.

Para desenvolver o modelo AN4, foram excluídos os dois últimos indicadores de AN3, se tornando um modelo preditivo mais simples, o que resultou na perda de qualidade (R^2), de 0,75 para 0,70, com *Prob (F-statistic)* resultante de $1,11 \times 10^{-9}$.

Ao incorporar apenas métricas acústicas objetivas, o modelo AN5 não atendeu aos parâmetros de qualidade satisfatórios, visto que apresentou resultado de qualidade de ajuste (R^2) de apenas 0,14, com resultado de *Prob (F-statistic)* de 0,133, ou seja, superior ao valor máximo recomendado de *Prob (F-statistic)* de 0,05.

O modelo AN6, que contempla todos os indicadores considerados no estudo, apresentou o melhor resultado de qualidade de ajuste R^2 entre os modelos lineares para o descritor *animação*, com R^2 de 0,81 e *Prob (F-statistic)* de $2,21 \times 10^{-4}$.

O modelo AN3 apresentou resultado de 0,72 em termos de desempenho do R^2 ajustado, que leva em consideração o equilíbrio entre o número de variáveis adicionadas ao modelo e a melhoria no desempenho preditivo. O modelo AN6 apresentou um desempenho de 0,66.

Em termos de desempenho do R^2 ajustado, que leva em consideração o equilíbrio entre o número de variáveis incluídas no modelo e a melhoria na capacidade preditiva, o modelo AN3 apresentou a melhor métrica, com um valor de 0,72. O modelo AN6 apresentou um índice de 0,66.

- Modelos não lineares:

Ao comparar os resultados dos modelos não lineares com os modelos lineares, no que se refere ao descritor *animação*, verifica-se que o modelo AN1 obteve desempenho similar ao encontrado no modelo AN1 baseado em regressão múltipla linear, indicando que o emprego de apenas um indicador na construção do modelo não é adequado, o que reforça a necessidade de incorporação de outras variáveis para melhor caracterizar o descritor *animação* (Quadro 29).

O modelo AN5, composto exclusivamente de indicadores acústicos objetivos, apresentou resultados de desempenho R^2 insatisfatórios, entre 0,34 e 0,37, embora tenha apresentado um incremento de qualidade se comparado ao modelo linear, que alcançou apenas R^2 de 0,14.

Vale destacar o resultado expressivo do modelo AN6, configuração com conjunto completo de indicadores, que atingiu o melhor resultado de desempenho em RNA 1, com R^2 igual a 0,98, o que demonstrou um ganho de qualidade do modelo em 20,98%, ao comparar com o modelo AN6 desenvolvido pela aplicação de regressão múltipla linear.

Os demais modelos, AN2, AN3 e AN4 obtiveram um incremento de qualidade com base no parâmetro R^2 entre 10% e 28%, quando comparado aos modelos lineares desenvolvidos no presente trabalho.

Quadro 29: Modelos preditivos não lineares para o descritor *animação*.

Descritor	Indicador	RNA 1			RNA 2			RNA 3		
		Modelo empregado	R ² Trei.	RMSE Val.	Modelo empregado	R ² Trei.	RMSE Val.	Modelo empregado	R ² Trei.	RMSE Val.
Animação (AN1)	FsHum	Camada (1) Função de ativação: tanh	0,68	0,0167	Camada (2) Função de ativação: tanh	0,68	0,0169	Camadas (2,1) Função de ativação: tanh	0,68	0,0156
Animação (AN2)	FsHum L _{Aeq} Vento Vis_Veg L _{A90} L _{Afmin}	Camada (3) Função de ativação: tanh	0,79	0,0277	Camada (6) Função de ativação: tanh	0,75	0,0222	Camadas (6,3) Função de ativação: tanh	0,82	0,0389
Animação (AN3)	FsHum L _{Aeq} Vento Vis_Veg FsGeo	Camada (3) Função de ativação: tanh	0,81	0,0163	Camada (6) Função de ativação: tanh	0,78	0,0169	Camadas (6,3) Função de ativação: tanh	0,86	0,0335
Animação (AN4)	FsHum L _{Aeq} Vento	Camada (2) Função de ativação: tanh	0,71	0,0138	Camada (3) Função de ativação: tanh	0,77	0,0123	Camadas (3,2) Função de ativação: tanh	0,71	0,0137
Animação (AN5)	L _{Aeq} L _{A90} L _{Afmin}	Camada (2) Função de ativação: tanh	0,35	0,0627	Camada (3) Função de ativação: tanh	0,34	0,0632	Camadas (3,2) Função de ativação: tanh	0,37	0,0605
Animação (AN6)	L _{Afmax} L _{Aeq} FsGeo L _{A10} Vis_Mar FsTraf Vis_Veic L _{A90} L _{A50} L _{Afmin} FsHum L _C FsMec Vento FsBio Temp Hum Vis_Veg	Camada (9) Função de ativação: tanh	0,98	0,0320	Camada (18) Função de ativação: tanh	0,96	0,0354	Camadas (18,9) Função de ativação: tanh	0,92	0,0359

Fonte: Elaboração própria, 2025.

5.2.4 Descritor *tranquilidade* (método A)

▪ Avaliação da relevância dos indicadores:

O estudo das correlações dos indicadores em relação ao descritor *tranquilidade* indica que metade dos indicadores apresentaram coeficientes de Spearman superiores a 0,5, como é possível observar na Tabela 13. Presume-se que a percepção do ambiente tranquilo pode ser favorecida por meio da redução de níveis sonoros, redução de percepção de identificação de ruído de tráfego e de sons de origem humana, bem como a redução de percepção de visualização de veículos. Por outro lado, aspectos ligados à identificação de sons de origem geofônica e de visualização do mar, contribuem positivamente para a percepção do ambiente tranquilo.

Tabela 13: Coeficientes de Spearman para cada indicador, considerando o descritor *tranquilidade*.

L_{Aeq}	L_{Amax}	L_{A10}	L_{A90}	FsTraf	FsHum	L_{Amin}	FsGeo	L_{A50}	Vis_Mar	Vis_Veic	L_c	Vento	FsMec	FsBio	Temp	Hum	Vis_Veg
-0,72	-0,70	-0,69	-0,62	-0,58	-0,56	-0,54	0,53	-0,52	0,49	-0,45	-0,38	0,30	-0,25	0,24	-0,16	0,08	0,04

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Os indicadores de maior correlação quanto ao descritor *tranquilidade*, com coeficientes de Spearman superiores a 0,5 são:

- L_{Aeq} = Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A;
- L_{Amax} = Nível máximo de pressão sonora ponderado em A e em F;
- L_{A10} = Nível de pressão sonora ponderado em A e excedido em 10% do tempo;
- L_{A90} = Nível de pressão sonora ponderado em A e excedido em 90% do tempo;
- FsTraf = Identificação de fonte sonora ruído de tráfego;
- FsHum = Identificação de fonte sonora humana;
- L_{Amin} = Nível mínimo de pressão sonora ponderado em A e em F;
- FsGeo = Identificação de fonte sonora geofônica;
- L_{A50} = Nível de pressão sonora ponderado em A e excedido em 50% do tempo.

Os nove primeiros indicadores de maior relevância, de acordo com os resultados dos coeficientes de Spearman acima de 0,5, evidenciam que seis indicadores consistem em parâmetros acústicos objetivos relacionados aos níveis sonoros, e três indicadores perceptuais, voltados à identificação de fonte sonora, sendo de ruído de tráfego (FsTraf), de fonte sonora de origem humana (FsHum) e de fonte sonora de origem geofônica (FsGeo).

▪ Modelos lineares:

O primeiro modelo preditivo relacionado ao descritor *tranquilidade*, modelo T1 (Quadro 30), reúne todos os indicadores com coeficientes de Spearman superiores a 0,5. A qualidade do ajuste do modelo (R^2) correspondeu a 0,82, *Prob (F-statistic)* de $7,23 \times 10^{-9}$.

Quadro 30: Modelos preditivos lineares para o descritor *tranquilidade*.

Descritor	Indicador	Modelo obtido	R^2	R^2 Ajustado	<i>Prob (F-statistic)</i>
Tranquilidade (T1)	L_{Aeq} $L_{A_{fmax}}$ L_{A10} L_{A90} FsTraf FsHum $L_{A_{fmin}}$ FsGeo L_{A50}	Tranquilo = - 0,2489 L_{Aeq} + 0,0162 $L_{A_{fmax}}$ + 0,1285 L_{A10} - 0,0540 L_{A90} + 0,0184 FsTraf - 0,4757 FsHum + 0,0282 $L_{A_{fmin}}$ + 0,5660 FsGeo + 0,0431 L_{A50} + 7,4209	0,82	0,76	$7,23 \times 10^{-9}$
Tranquilidade (T2)	L_{Aeq} $L_{A_{fmax}}$ L_{A10} L_{A90} FsTraf FsHum $L_{A_{fmin}}$ FsGeo L_{A50} Vis_Mar	Tranquilo = - 0,2444 L_{Aeq} + 0,0112 $L_{A_{fmax}}$ + 0,1295 L_{A10} - 0,0439 L_{A90} + 0,0279 FsTraf - 0,4826 FsHum + 0,0299 $L_{A_{fmin}}$ + 0,4699 FsGeo + 0,0324 L_{A50} + 0,1186 Vis_Mar + 7,1682	0,82	0,76	$2,08 \times 10^{-8}$
Tranquilidade (T3)	L_{Aeq} FsTraf FsGeo Vis_Mar	Tranquilo = - 0,0935 L_{Aeq} - 0,0250 FsTraf + 0,3092 FsGeo + 0,1657 Vis_Mar + 7,4928	0,71	0,68	$4,26 \times 10^{-9}$
Tranquilidade (T4)	L_{Aeq} FsTraf FsGeo Vis_Mar Temp	Tranquilo = - 0,0890 L_{Aeq} - 0,0242 FsTraf + 0,4782 FsGeo + 0,0057 Vis_Mar - 0,0471 Temp + 8,9917	0,73	0,69	$7,68 \times 10^{-9}$
Tranquilidade (T5)	L_{Aeq} $L_{A_{fmax}}$ L_{A10} L_{A90} $L_{A_{fmin}}$ L_{50}	Tranquilo = - 0,2038 L_{Aeq} - 0,0204 $L_{A_{fmax}}$ + 0,0853 L_{A10} + 0,0189 L_{A90} - 0,0463 $L_{A_{fmin}}$ + 0,0381 L_{A50} + 10,7325	0,63	0,57	$3,94 \times 10^{-6}$

Tranquilidade (T6)	$L_{A_{fmax}}$	$\begin{aligned} \text{Tranquilo} = & -0,0131 L_{A_{fmax}} - 0,2128 L_{A_{eq}} + 0,2764 Fs_{Geo} + \\ & 0,1112 L_{A10} + 0,1276 Vis_Mar + 0,2429 Fs_{Traf} - 0,3166 \\ & Vis_Veic - 0,1127 L_{A90} + 0,0710 L_{A50} + 0,0740 L_{A_{fmin}} - 0,5060 \\ & Fs_{Hum} + 0,0186 L_C - 0,1560 Fs_{Mec} + 0,2109 Vento - 0,0087 \\ & Fs_{Bio} + 0,0125 Temp + 0,0029 Hum - 0,2218 Vis_Veg + \\ & 6,5963 \end{aligned}$	0,87	0,77	$5,41 \times 10^{-6}$
	$L_{A_{eq}}$				
	Fs_{Geo}				
	L_{A10}				
	Vis_Mar				
	Fs_{Traf}				
	Vis_Veic				
	L_{A90}				
	L_{A50}				
	$L_{A_{fmin}}$				
	Fs_{Hum}				
	L_C				
	Fs_{Mec}				
	$Vento$				
	Fs_{Bio}				
	$Temp$				
	Hum				
	Vis_Veg				

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Na tentativa de incrementar a qualidade, o modelo T2, que contou com o acréscimo do indicador perceptual de visualização do mar (Vis_Mar), o R^2 de qualidade foi igual ao alcançado em T1. Embora este indicador apresente moderada relevância em relação ao descritor *tranquilidade*, com coeficiente de 0,49, a combinação com os demais indicadores no modelo T2 não proporcionou a melhoria no desempenho.

Com o intuito de simplificar o modelo, foi desenvolvido o modelo T3 (Quadro 30), com o emprego de apenas um dos parâmetros acústicos objetivos ($L_{A_{eq}}$) e de três indicadores perceptuais ligados à percepção de fonte sonora de ruído de tráfego (Fs_{Traf}), de fonte sonora geofônica (Fs_{Geo}) e de visualização do mar (Vis_Mar). Consequentemente, o resultado de R^2 para modelo T3 foi de 0,71, com *Prob (F-statistic)* de $4,26 \times 10^{-9}$, inferior ao desempenho dos modelos anteriores.

O modelo T4 apresenta a mesma estrutura de indicadores de T3, porém, com acréscimo do indicador de temperatura do ar ($Temp$), o que revelou uma melhoria discreta no desempenho do modelo, passando para R^2 de 0,73 e *Prob (F-statistic)* de $7,68 \times 10^{-9}$.

O modelo T5 (Quadro 30), que contém apenas indicadores acústicos objetivos, obteve uma perda de qualidade no ajuste, implicando em R^2 de 0,63, com *Prob (F-statistic)* de $3,94 \times 10^{-6}$. Ao incorporar todos os indicadores considerados no estudo, o modelo T6 alcançou o maior valor quanto à qualidade, de R^2 igual a 0,87, com *Prob (F-statistic)* de $5,41 \times 10^{-6}$.

O modelo T6 obteve métrica a melhor métrica em termos de desempenho do R^2 ajustado, que considera o equilíbrio entre o número de variáveis adicionadas ao modelo e a melhoria no desempenho preditivo, com valor de 0,77.

Em termos de desempenho do R^2 ajustado, que leva em consideração o equilíbrio entre o número de variáveis adicionadas ao modelo e a melhoria no desempenho preditivo, o modelo T6 apresentou o melhor desempenho, atingindo métrica de 0,77.

▪ Modelos não lineares:

O modelo preditivo não linear T1 apresentou uma melhoria de qualidade em torno de 12%, quando comparado ao modelo linear, passando de R^2 0,82, para 0,92, considerando as três arquiteturas de redes neurais desenvolvidas (Quadro 31).

No modelo T2, a incorporação de um indicador perceptual relacionado à visualização do mar (Vis_Mar) indicou um incremento de qualidade em R^2 na ordem de 13%, ao comparar com o modelo preditivo linear. Dos modelos T3 ao T6 o ganho em termos de rendimento quanto ao R^2 correspondeu em torno de 10% a 13%.

Vale ressaltar que mesmo com a aplicação de modelos não lineares baseados em redes neurais artificiais, o modelo T5, composto exclusivamente de indicadores acústicos objetivos, não apresentou uma satisfatória aproximação para o descritor *tranquilidade*, o que pode presumir que há a necessidade de considerar não somente os níveis sonoros, mas também os dados perceptuais, tais como identificação de fontes sonoras.

A aplicação de todos os indicadores no modelo T6 revelou uma excelente aproximação, com obtenção de R^2 de 0,96, em RNA 3, o que reforça a importância do emprego de diversos indicadores, objetivos e perceptuais.

Quadro 31: Modelos preditivos não lineares para o descritor *tranquilidade*.

Descritor	Indicador	RNA 1			RNA 2			RNA 3		
		Modelo empregado	R ² Trei.	RMSE Val.	Modelo empregado	R ² Trei.	RMSE Val.	Modelo empregado	R ² Trei.	RMSE Val.
Tranquilidade (T1)	L _{Aeq}	Camada (5) Função de ativação: tanh	0,92	0,0259	Camada (9) Função de ativação: tanh	0,92	0,0337	Camadas (9,5) Função de ativação: tanh	0,92	0,0244
	L _{Afmax}									
	L _{A10}									
	L _{A90}									
	FsTraf									
	FsHum									
Tranquilidade (T2)	L _{Afmin}	Camada (5) Função de ativação: tanh	0,93	0,0435	Camada (10) Função de ativação: tanh	0,91	0,0445	Camadas (10,5) Função de ativação: tanh	0,91	0,0380
	L _{Aeq}									
	L _{Afmax}									
	L _{A10}									
	L _{A90}									
	FsTraf									
Tranquilidade (T3)	FsHum	Camada (2) Função de ativação: tanh	0,77	0,0295	Camada (2) Função de ativação: tanh	0,77	0,0413	Camadas (4,2) Função de ativação: tanh	0,79	0,0314
	L _{Afmin}									
	L _{Aeq}									
	FsGeo									
	Vis_Mar									
Tranquilidade (T4)	L _{Aeq}	Camada (3) Função de ativação: tanh	0,80	0,0330	Camada (5) Função de ativação: tanh	0,81	0,0423	Camadas (5,3) Função de ativação: tanh	0,82	0,0469
	FsTraf									
	FsGeo									
	Vis_Mar									
	Temp									
Tranquilidade (T5)	L _{Afmax}	Camada (3) Função de ativação: tanh	0,69	0,0346	Camada (6) Função de ativação: tanh	0,71	0,0315	Camadas (6,3) Função de ativação: tanh	0,71	0,0378
	L _{Aeq}									
	L _{A10}									
	L _{A90}									
	L _{Afmin}									
	L ₅₀									
Tranquilidade (T6)	L _{Afmax}	Camada (9) Função de ativação: tanh	0,95	0,0618	Camada (18) Função de ativação: tanh	0,95	0,0638	Camadas (18,9) Função de ativação: tanh	0,96	0,0673
	L _{Aeq}									
	FsGeo									
	L _{A10}									
	Vis_Mar									
	FsTraf									
	Vis_Veic									
	L _{A90}									
	L _{A50}									
	L _{Afmin}									
	FsHum									
	L _C									
	FsMec									
	Vento									
	FsBio									
	Temp									
	Hum									
	Vis_Veg									

Fonte: Elaboração própria, 2025.

5.2.5 Descritor *avaliação do ambiente sonoro* (método A)

▪ Avaliação da relevância dos indicadores:

Os coeficientes de Spearman dos indicadores em relação ao descritor *avaliação do ambiente sonoro* estão organizados na Tabela 14. Tais resultados sugerem que níveis sonoros elevados contribuem negativamente para a *avaliação do ambiente sonoro*, seguido pela maior percepção de identificação de fonte sonora de tráfego e de visualização de veículos. Em contraponto, a presença de fonte sonora de origem geofônica e aspectos de visualização do mar colaboram para uma melhor avaliação do ambiente acústico.

Tabela 14: Coeficientes de Spearman para cada indicador, considerando o descritor *avaliação do ambiente sonoro*.

$L_{A_{fmax}}$	$L_{A_{eq}}$	$L_{A_{10}}$	FsTraf	FsGeo	Vis_Veic	$L_{A_{90}}$	Vis_Mar	$L_{A_{50}}$	FsHum	$L_{A_{min}}$	FsMec	L_c	Temp	Vis_Veg	Hum	Vento	FsBio
-0,68	-0,67	-0,65	-0,62	0,59	-0,56	-0,51	0,49	-0,48	-0,43	-0,41	-0,39	-0,36	-0,07	-0,02	0,06	0,18	0,21

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Os indicadores de maior relevância, com coeficientes de Spearman superiores a 0,5 são:

- $L_{A_{fmax}}$ = Nível máximo de pressão sonora ponderado em A e em F;
- $L_{A_{eq}}$ = Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A;
- $L_{A_{10}}$ = Nível de pressão sonora ponderado em A e excedido em 10% do tempo;
- FsTraf = Identificação de fonte sonora ruído de tráfego;
- FsGeo = Identificação de fonte sonora geofônica;
- Vis_Veic = Visualização de veículos;
- $L_{A_{90}}$ = Nível de pressão sonora ponderado em A e excedido em 90% do tempo.

▪ Modelos lineares:

O Quadro 32 reúne os modelos preditivos desenvolvidos para o descritor *avaliação do ambiente sonoro*. O modelo AV1 contém todos os indicadores listados com coeficiente de Spearman acima de 0,5, sendo composto por indicadores acústicos objetivos ($L_{A_{fmax}}$, $L_{A_{eq}}$, $L_{A_{10}}$

e L_{A90}), indicador relativo à identificação da fonte sonora geofônica (FsGeo) e de tráfego (FsTraf) e indicador associado à Visualização de veículos (Vis_Veic). Como resultado, o modelo AV1 apresentou qualidade de ajuste R^2 igual a 0,77, *Prob (F-statistic)* de $1,47 \times 10^{-8}$.

Quadro 32: Modelos preditivos lineares para o descritor *avaliação do ambiente sonoro*.

Descritor	Indicador	Modelo obtido	R^2	R^2 Ajustado	Prob (F-statistic)
Av. Amb.Sonoro (AV1)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ L_{A10} FsTraf FsGeo Vis_Veic L_{A90}	Av. Amb.Sonoro = - 0,0122 $L_{A_{fmax}}$ - 0,1225 $L_{A_{eq}}$ + 0,0773 L_{A10} - 0,0258 FsTraf + 0,4964 FsGeo - 0,0940 Vis_Veic - 0,0238 L_{A90} + 7,3569	0,77	0,72	$1,47 \times 10^{-8}$
Av. Amb.Sonoro (AV2)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ L_{A10} FsTraf FsGeo Vis_Veic L_{A90} Temp	Av. Amb.Sonoro = - 0,0173 $L_{A_{fmax}}$ - 0,0960 $L_{A_{eq}}$ + 0,0612 L_{A10} + 0,0069 FsTraf + 0,4918 FsGeo - 0,1486 Vis_Veic - 0,0221 L_{A90} - 0,0201 Temp + 7,8104	0,77	0,72	$4,46 \times 10^{-8}$
Av. Amb.Sonoro (AV3)	$L_{A_{fmax}}$ FsTraf Vis_Veic	Av. Amb.Sonoro = - 0,0388 $L_{A_{fmax}}$ - 0,1649 FsTraf - 0,3765 Vis_Veic + 7,9668	0,65	0,63	$1,78 \times 10^{-8}$
Av. Amb.Sonoro (AV4)	$L_{A_{fmax}}$ FsTraf	Av. Amb.Sonoro = - 0,0425 $L_{A_{fmax}}$ - 0,4582 FsTraf + 7,5656	0,60	0,58	$3,81 \times 10^{-8}$
Av. Amb.Sonoro (AV5)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ L_{A10} L_{A90}	Av. Amb.Sonoro = - 0,0273 $L_{A_{fmax}}$ - 0,0842 L_{A10} - 0,1675 $L_{A_{eq}}$ - 0,0043 L_{A90} + 9,9165	0,55	0,51	$6,62 \times 10^{-6}$
Av. Amb.Sonoro (AV6)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ FsGeo L_{A10} Vis_Mar FsTraf Vis_Veic L_{A90} L_{A50} $L_{A_{fmin}}$ FsHum L_C FsMec Vento FsBio Temp Hum Vis_Veg	Av. Amb.Sonoro = - 0,0270 $L_{A_{fmax}}$ - 0,1713 $L_{A_{eq}}$ + 0,1491 FsGeo + 0,0957 L_{A10} + 0,1817 Vis_Mar + 0,0358 FsTraf - 0,2124 Vis_Veic - 0,0594 L_{A90} + 0,0424 L_{A50} + 0,0541 $L_{A_{fmin}}$ - 0,2022 FsHum + 0,0138 L_C - 0,2348 FsMec + 0,1142 Vento - 0,0788 FsBio + 0,0153 Temp + 0,0070 Hum - 0,0110 Vis_Veg + 55,575	0,83	0,69	$1,05 \times 10^{-4}$

Fonte: Elaboração própria, 2025.

No modelo AV2, que apresenta estrutura de indicadores similar ao modelo anterior, porém, com incremento do indicador de métrica ambiental associado à temperatura do ar

(Temp), não houve melhoria no desempenho do modelo, visto que o resultado de R^2 permaneceu igual ao modelo AV1.

Com objetivo de reduzir o número de indicadores no modelo, foi desenvolvido o modelo AV3, composto de uma métrica acústica objetiva ($L_{A_{fmax}}$), e dois indicadores perceptuais, um deles relacionado à fonte sonora de tráfego (FsTraf) e outro relativo aos aspectos visuais (Vis_Veic). Encontrou-se R^2 para AV3 correspondente a 0,65, com *Prob (F-statistic)* de $1,78 \times 10^{-8}$, isto é, inferior aos modelos anteriores.

O modelo AV4, composto por um indicador de nível sonoro ($L_{A_{fmax}}$) e um indicador relacionado à identificação de fonte sonora de tráfego (FsTraf) apresentou qualidade de ajuste (R^2) correspondente a 0,60. Caso considere apenas os parâmetros acústicos, observa-se uma significativa perda de qualidade de ajuste no modelo preditivo AV5 (Quadro 32), com R^2 de 0,55. Vale frisar que o descritor *avaliação do ambiente sonoro* tem relação com a percepção dos participantes quanto à qualidade do ambiente sonoro, ou seja, quão bom e quão ruim é o ambiente sonoro.

O modelo composto pelo conjunto completo de indicadores, modelo AV6, obteve o maior índice de qualidade entre os modelos construídos, com o alcance de R^2 correspondente a 0,83 e *Prob (F-statistic)* de $1,05 \times 10^{-4}$.

Em termos de desempenho do R^2 ajustado, que leva em consideração o equilíbrio entre o número de variáveis adicionadas ao modelo e a melhoria no desempenho preditivo, os modelos AV1 e AV2 apresentaram a melhor métrica, atingindo valor de 0,72, seguido pelo modelo AV6, com índice de 0,69.

- Modelos não lineares:

A aplicação de modelos não lineares para o descritor *avaliação do ambiente sonoro* apresentou melhoria na qualidade frente aos modelos lineares correspondentes a: 13% para o modelo AV1, 12% em se tratando do modelo AV2, 25% para o modelo AV3, 33% para o modelo AV4, 11% para o modelo AV5 e 9% para o modelo AV6 (Quadro 33).

Vale destacar que mesmo com o emprego de técnicas de inteligência artificial, a aplicação de modelos compostos exclusivamente por parâmetros acústicos objetivos, tais como os níveis

sonoros (modelo AV5), não implicou em expressiva capacidade preditiva, quando comparado com os demais modelos, apresentando R^2 máximo de 0,61 para o modelo AV5 não linear.

Conforme supracitado, o modelo AV4 linear passou de R^2 de 0,60 para o R^2 de 0,80 do modelo não linear, considerando a arquitetura de rede com desempenho mais favorável (RNA 2), o que indicou um incremento por volta de 33%. O modelo AV6, que reúne todos os indicadores, apresentou desempenho excelente, com o alcance de 0,90 para o R^2 na RNA 2 e 3.

Quadro 33: Modelos preditivos não lineares para o descritor *avaliação do ambiente sonoro*.

Descritor	Indicador	RNA 1			RNA 2			RNA 3		
		Modelo empregado	R^2 Trei.	RMSE Val.	Modelo empregado	R^2 Trei.	RMSE Val.	Modelo empregado	R^2 Trei.	RMSE Val.
Av. Amb.Sonoro (AV1)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ $L_{A_{10}}$ FsTraf FsGeo Vis_Veic $L_{A_{90}}$	Camada (4) Função de ativação: tanh	0,81	0,0400	Camada (7) Função de ativação: tanh	0,82	0,0455	Camadas (7,4) Função de ativação: tanh	0,84	0,0422
Av. Amb.Sonoro (AV2)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ $L_{A_{10}}$ FsTraf FsGeo Vis_Veic $L_{A_{90}}$ Temp	Camada (4) Função de ativação: tanh	0,84	0,0443	Camada (8) Função de ativação: tanh	0,85	0,0357	Camadas (8,4) Função de ativação: tanh	0,86	0,0343
Av. Amb.Sonoro (AV3)	$L_{A_{fmax}}$ FsTraf Vis_Veic	Camada (2) Função de ativação: tanh	0,80	0,0481	Camada (3) Função de ativação: tanh	0,81	0,0480	Camadas (3,2) Função de ativação: tanh	0,81	0,0448
Av. Amb.Sonoro (AV4)	$L_{A_{fmax}}$ FsTraf	Camada (2) Função de ativação: tanh	0,79	0,0515	Camada (3) Função de ativação: tanh	0,80	0,0410	Camadas (3,2) Função de ativação: tanh	0,80	0,0579
Av. Amb.Sonoro (AV5)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ $L_{A_{10}}$ $L_{A_{90}}$	Camada (2) Função de ativação: tanh	0,60	0,0365	Camada (4) Função de ativação: tanh	0,60	0,0377	Camadas (4,2) Função de ativação: tanh	0,61	0,0367
Av. Amb.Sonoro (AV6)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ FsGeo $L_{A_{10}}$ Vis_Mar FsTraf Vis_Veic $L_{A_{90}}$ $L_{A_{50}}$ $L_{A_{fmin}}$ FsHum L_C FsMec Vento FsBio Temp Hum Vis_Veg	Camada (9) Função de ativação: tanh	0,89	0,0570	Camada (18) Função de ativação: tanh	0,90	0,0628	Camadas (18,9) Função de ativação: tanh	0,90	0,0546

Fonte: Elaboração própria, 2025.

5.2.6 Descritor *adequação do ambiente sonoro* (método A)

▪ Avaliação da relevância dos indicadores:

No que diz respeito ao descritor *adequação do ambiente sonoro* ao local, é possível verificar os indicadores mais importantes para a construção dos modelos preditivos (Tabela 15). Os fatores que interferem negativamente na percepção quanto à adequação do ambiente sonoro ao local estão relacionados à identificação de fonte sonora mecânica (FsMec), visualização de veículos (Vis_Veic), além de níveis sonoros elevados ($L_{A\text{fmax}}$, $L_{A\text{eq}}$, L_{A10} , L_{A50}) e identificação de fonte sonora de tráfego (FsTraf). Entre os fatores que podem colaborar para uma maior percepção de adequação do ambiente sonoro ao local estão a presença de fonte sonora de origem geofônica (FsGeo), como som do vento, do mar, além de aspectos visuais, como a visualização do mar (Vis_Mar).

Tabela 15: Coeficientes de Spearman para cada indicador, considerando o descritor *adequação do ambiente sonoro*.

FsMec	FsGeo	Vis_Veic	$L_{A\text{fmax}}$	$L_{A\text{eq}}$	Vis_Mar	L_{A10}	FsTraf	L_{A50}	L_{A90}	$L_{A\text{fmin}}$	L_c	FsHum	Vis_Veg	FsBio	Vento	Hum	Temp
-0,64	0,64	-0,60	0,58	0,55	0,52	0,54	0,53	-0,50	0,42	-0,34	0,30	-0,20	-0,15	0,11	-0,03	0,00	0,05

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Os indicadores com resultados de coeficiente de Spearman superiores a 0,5 são:

- FsMec = Identificação de fonte sonora mecânica;
- FsGeo = Identificação de fonte sonora geofônica;
- Vis_Veic = Visualização de veículos;
- $L_{A\text{fmax}}$ = Nível máximo de pressão sonora ponderado em A e em F;
- $L_{A\text{eq}}$ = Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A;
- Vis_Mar = Visualização de mar;
- L_{A10} = Nível de pressão sonora ponderado em A e excedido em 10% do tempo;
- FsTraf = Identificação de fonte sonora ruído de tráfego;
- L_{A50} = Nível de pressão sonora ponderado em A e excedido em 50% do tempo;

▪ Modelos lineares:

São apresentados no Quadro 34 os modelos preditivos elaborados para o descritor *adequação do ambiente sonoro*. O modelo AD1, que contém nove indicadores classificados como relevantes, resultou em um modelo com qualidade de ajuste (R^2) correspondente a 0,84, com *Prob (F-statistic)* de $1,24 \times 10^{-9}$.

Quadro 34: Modelos preditivos lineares para o descritor *adequação do ambiente sonoro*.

Descritor	Indicador	Modelo obtido	R^2	R^2 Ajustado	Prob (F-statistic)
Adequação (AD1)	FsMec FsGeo Vis_Mar Vis_Veic $L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ $L_{A_{10}}$ FsTraf $L_{A_{50}}$	Adequação = - 0,2622 FsMec + 0,0417 FsGeo + 0,3341 Vis_Mar - 0,0258 Vis_Veic - 0,0152 $L_{A_{fmax}}$ - 0,1574 $L_{A_{eq}}$ + 0,0842 $L_{A_{10}}$ - 0,1348 FsTraf + 0,0171 $L_{A_{50}}$ + 6,7278	0,84	0,79	$1,24 \times 10^{-9}$
Adequação (AD2)	FsMec FsGeo Vis_Mar Vis_Veic $L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ $L_{A_{10}}$ FsTraf $L_{A_{50}}$ Temp	Adequação = - 0,2755 FsMec + 0,1089 FsGeo + 0,2158 Vis_Mar - 0,0658 Vis_Veic - 0,0209 $L_{A_{fmax}}$ - 0,1105 $L_{A_{eq}}$ + 0,0539 $L_{A_{10}}$ - 0,0988 FsTraf - 0,0181 Temp - 0,0393 $L_{A_{50}}$ + 7,9743	0,85	0,80	$2,03 \times 10^{-9}$
Adequação (AD3)	FsMec Vis_Mar $L_{A_{fmax}}$	Adequação = - 0,2645 FsMec + 0,4724 Vis_Mar - 0,0469 $L_{A_{fmax}}$ + 5,0273	0,76	0,74	$3,09 \times 10^{-11}$
Adequação (AD4)	Vis_Mar $L_{A_{fmax}}$	Adequação = 0,4890 Vis_Mar - 0,0478 $L_{A_{fmax}}$ + 4,5598	0,58	0,50	$9,53 \times 10^{-8}$
Adequação (AD5)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ $L_{A_{10}}$ $L_{A_{50}}$	Adequação = - 0,0285 $L_{A_{fmax}}$ - 0,1065 $L_{A_{eq}}$ + 0,0701 $L_{A_{10}}$ - 0,0403 $L_{A_{50}}$ + 9,5014	0,51	0,46	$3,58 \times 10^{-5}$
Adequação (AD6)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ FsGeo $L_{A_{10}}$ Vis_Mar FsTraf Vis_Veic $L_{A_{90}}$ $L_{A_{50}}$ $L_{A_{fmin}}$ FsHum L_C FsMec Vento FsBio Temp Hum Vis_Veg	Adequação = - 0,0153 $L_{A_{fmax}}$ - 0,1259 $L_{A_{eq}}$ + 0,0380 FsGeo + 0,0648 $L_{A_{10}}$ + 0,2942 Vis_Mar - 0,0114 FsTraf - 0,1289 Vis_Veic - 0,0188 $L_{A_{90}}$ + 0,0150 $L_{A_{50}}$ + 0,0300 $L_{A_{fmin}}$ - 0,1475 FsHum - 0,0011 L_C - 0,3388 FsMec + 0,1018 FsMec - 0,0361 Vento - 0,0173 FsBio - 0,0023 Temp - 0,1431 Hum + 7,5553	0,87	0,75	$1,33 \times 10^{-5}$

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Ao incorporar parâmetro adicional relacionado à temperatura do ar (Temp), o modelo AD2 alcançou uma discreta melhoria da qualidade do ajuste, passando a R^2 de 0,85, *Prob (F-statistic)* de $2,03 \times 10^{-9}$. Trata-se de um modelo que reúne mais da metade do número total de indicadores coletados no presente trabalho.

Os modelos AD3, AD4 e AD5 foram construídos com a finalidade de simplificação do modelo, ao reduzir o número de indicadores. Em AD3, observa-se o emprego de um indicador relacionado a um nível sonoro ($L_{A_{fmax}}$) e dois indicadores perceptuais (FsMec e Vis_Mar). Embora tenha sido utilizado apenas três indicadores, AD3 apresentou R^2 resultante de 0,76, *Prob (F-statistic)* de $3,09 \times 10^{-11}$.

Ao utilizar apenas parâmetros acústicos para construção do modelo preditivo de *adequação do ambiente sonoro*, modelo AD5, verificou-se uma drástica perda de qualidade no ajuste, com R^2 igual a 0,51, sugerindo que a avaliação da adequação do ambiente sonoro ao local está mais relacionada às questões de percepção humana do que às métricas acústicas.

O modelo AD6 apresentou o melhor desempenho de R^2 igual a 0,87, *Prob (F-statistic)* de $1,33 \times 10^{-5}$ e este modelo reúne todos os 18 indicadores considerados no estudo.

Em termos de desempenho do R^2 ajustado, que leva em consideração o equilíbrio entre o número de variáveis incluídas no modelo e a melhoria na capacidade preditiva, os modelos AD2 e AD1 apresentaram a melhor métrica, com um valor de 0,80 e 0,79, seguidos pelo modelo AD6, que obteve um índice de 0,75.

- Modelos não lineares:

A aplicação da modelagem não linear para o modelo AD1 revelou um aumento na qualidade da aproximação por volta de 10%, comparativamente ao modelo linear (Quadro 36). Já no modelo AD2, com o acréscimo do indicador relativo à temperatura do ar (Temp), chegou a obter R^2 correspondente a 0,94 na RNA 3, o que indica uma excelente aproximação para o modelo. Presume-se que os resultados de desempenho elevados dos modelos AD1 e AD2 podem ser justificados em função do expressivo número e tipos de indicadores aplicados.

O modelo AD5, que reúne quatro indicadores objetivos acústicos, apresentou R^2 de 0,51 e 0,52, a depender da arquitetura da rede neural, com os piores resultados entre os modelos testados. Ao comparar o modelo AD5 linear e não linear, o ganho de desempenho foi discreto,

Em se tratando do modelo com o conjunto de indicadores mais completo, modelo AD6, a rede neural de melhor desempenho foi RNA 3, com obtenção de R^2 de 0,94, o que representou cerca de 8% de melhoria, se comparado ao modelo AD6 linear. Até então, os melhores resultados de desempenho dos modelos preditivos não lineares correspondiam aos modelos que reúnem todos os 18 indicadores, no entanto, observou-se que para o descritor *adequação do ambiente sonoro* ao local, foi no modelo AD2, em RNA 3 o alcance do resultado similar. Lembrando que o modelo AD2 contém 10 indicadores, dentre os quais 9 indicadores foram classificados como relevantes.

Quadro 35: Modelos preditivos não lineares para o descritor *adequação do ambiente sonoro*.

Descritor	Indicador	RNA 1			RNA 2			RNA 3		
		Modelo empregado	R ² Trei.	RMSE Val.	Modelo empregado	R ² Trei.	RMSE Val.	Modelo empregado	R ² Trei.	RMSE Val.
Adequação (AD1)	FsMec	Camada (5) Função de ativação: tanh	0,92	0,0425	Camada (9) Função de ativação: tanh	0,90	0,0642	Camadas (9,5) Função de ativação: tanh	0,92	0,0399
	FsGeo									
	Vis_Mar									
	Vis_Veic									
	L _{Afmax}									
	L _{Aeq}									
Adequação (AD2)	L _{A10}	Camada (5) Função de ativação: tanh	0,91	0,0337	Camada (10) Função de ativação: tanh	0,92	0,0287	Camadas (10,5) Função de ativação: tanh	0,94	0,0320
	FsTraf									
	L _{A50}									
	FsMec									
	FsGeo									
	Vis_Mar									
Adequação (AD3)	Vis_Veic	Camada (2) Função de ativação: tanh	0,78	0,0251	Camada (3) Função de ativação: tanh	0,81	0,0301	Camadas (3,2) Função de ativação: tanh	0,81	0,0361
	L _{Afmax}									
Adequação (AD4)		Camada (1) Função de ativação: tanh	0,69	0,0563	Camada (2) Função de ativação: tanh	0,70	0,0589	Camadas (2,1) Função de ativação: tanh	0,70	0,0553
	Vis_Mar									
Adequação (AD5)	L _{Afmax}	Camada (2) Função de ativação: tanh	0,51	0,0342	Camada (4) Função de ativação: tanh	0,52	0,0300	Camadas (4,2) Função de ativação: tanh	0,51	0,0318
	L _{Aeq}									
	L _{A10}									
	L _{A50}									

Adequação (AD6)	L_{AFmax}	Camada (9) Função de ativação: tanh	0,93	0,0598	Camada (18) Função de ativação: tanh	0,93	0,0603	Camadas (18,9) Função de ativação: tanh	0,94	0,0626
	L_{Aeq}									
	FsGeo									
	L_{A10}									
	Vis_Mar									
	FsTraf									
	Vis_Veic									
	L_{A90}									
	L_{A50}									
	L_{Amin}									
	FsHum									
	L_C									
	FsMec									
	Vento									
	FsBio									
	Temp									
	Hum									
	Vis_Veg									

Fonte: Elaboração própria, 2025.

5.2.7 Descritor *barulhento* (método B)

▪ Avaliação da relevância dos indicadores:

A Tabela 16 reúne em ordem decrescente, os coeficientes de correlação de Spearman de cada um dos indicadores considerados no presente trabalho, relativo ao descritor *barulhento*. Verifica-se que a identificação de fonte sonora de origem geofônica (FsGeo) é um fator que ajuda a minimizar a percepção do ambiente *barulhento*. Por outro lado, níveis sonoros elevados (L_{AFmax} , L_{Aeq} , L_{A10}), aspectos ligados à visualização de veículos (Vis_Veic) e identificação de fonte sonora proveniente de tráfego (FsTraf), contribuem para aumentar a percepção do ambiente *barulhento*.

Tabela 16: Coeficientes de Spearman para cada indicador, considerando o descritor *barulhento*.

FsGeo	L_{AFmax}	Vis_Veic	FsTraf	L_{Aeq}	L_{A10}	L_{A90}	L_{A50}	Vis_Mar	FsMec	L_{Amin}	FsHum	FsBio	L_C	Vis_Veg	Vento	Hum	Temp
-0,67	0,62	0,59	0,58	0,54	0,53	0,45	0,44	-0,39	0,37	0,36	0,32	-0,28	0,28	0,18	-0,07	-0,05	0,02

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Conforme observado na Tabela 16, os indicadores com forte correlação para o descritor *barulhento* são:

- $FsGeo$ = Identificação de fonte sonora geofônica;
- L_{Afmax} = Nível máximo de pressão sonora ponderado em A e em F;
- Vis_Veic = Visualização de veículos;
- $FsTraf$ = Identificação de fonte sonora ruído de tráfego;
- L_{Aeq} = Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A;
- L_{A10} = Nível de pressão sonora ponderado em A e excedido em 10% do tempo.

▪ Modelos lineares:

O modelo B1 apresentou métrica de qualidade de ajuste (R^2) de 0,71, sendo composto de indicadores de identificação de tipo de fonte sonora predominante ($FsGeo$ e $FsTraf$), parâmetros acústicos (L_{Afmax} , L_{Aeq} e L_{A10}) e visual (Vis_Veic) (Quadro 36).

Quadro 36: Modelos preditivos lineares para o descritor *barulhento*.

Descritor	Indicador	Modelo obtido	R^2	R^2 Ajustado	Prob (F- statistic)
Barulhento (B1)	$FsGeo$ L_{Afmax} Vis_Veic $FsTraf$ L_{Aeq} L_{A10}	$Barulhento = -0,5599 FsGeo + 0,0041 L_{Afmax} + 0,1128 Vis_Veic - 0,0705 FsTraf + 0,2091 L_{Aeq} - 0,1379 LA10 - 0,5244$	0,71	0,66	$1,09 \times 10^{-7}$
Barulhento (B2)	$FsGeo$ L_{Afmax} Vis_Veic $FsTraf$ L_{Aeq} L_{A10} Vento	$Barulhento = -0,5757 FsGeo + 0,0079 L_{Afmax} + 0,2119 Vis_Veic - 0,1526 FsTraf + 0,1828 L_{Aeq} - 0,1224 L_{A10} - 0,5244 - 0,0556 Vento - 0,1408$	0,72	0,66	$2,87 \times 10^{-7}$
Barulhento (B3)	$FsTraf$ L_{Afmax} Vis_Veic	$Barulhento = 0,0569 FsTraf + 0,0348 L_{Afmax} + 0,4305 Vis_Veic - 1,5782$	0,56	0,53	$1,25 \times 10^{-6}$
Barulhento (B4)	$FsGeo$ L_{Afmax}	$Barulhento = 0,3923 FsTraf + 0,0390 L_{Afmax} - 1,1195$	0,49	0,46	$3,82 \times 10^{-6}$
Barulhento (B5)	L_{Afmax} L_{Aeq} L_{A10}	$Barulhento = 0,0285 L_{Afmax} + 0,1915 L_{Aeq} - 0,1210 LA10 - 3,3191$	0,47	0,43	$3,67 \times 10^{-5}$
Barulhento (B6)	L_{Afmax} L_{Aeq} $FsGeo$ L_{A10} Vis_Mar $FsTraf$ Vis_Veic L_{A90} L_{A50} L_{Afmin} $FsHum$ L_C $FsMec$ Vento $FsBio$ Temp Hum Vis_Veg	$Barulhento = -2,1745 L_{Afmax} + 0,0200 L_{Aeq} + 0,0849 FsGeo - 0,6752 L_{A10} - 0,0704 Vis_Mar + 0,2748 FsTraf - 0,2088 Vis_Veic + 0,4307 L_{A90} + 0,0695 L_{A50} - 0,0144 L_{Afmin} - 0,0548 FsHum + 0,3711 L_C - 0,0106 FsMec + 0,0607 Vento - 0,0023 FsBio - 0,0545 Temp + 0,0769 Hum - 0,0074 Vis_Veg + 0,1056$	0,80	0,63	$5,15 \times 10^{-4}$

Fonte: Elaboração própria, 2025.

A incorporação de um parâmetro físico de velocidade do vento (Vento) no modelo B2 (Quadro 36) representou uma melhoria de desempenho discreta, de R^2 0,71 para R^2 0,72, indicando uma baixa influência do parâmetro físico de velocidade do vento na percepção do descritor em questão.

Objetivando verificar a possibilidade de simplificação do modelo com a redução do número de parâmetros acústicos objetivos, verificou-se que o desempenho dos modelos B3, B4 e B5, quanto à qualidade de ajuste, foram semelhantes, com R^2 entre 0,47 e 0,56. No modelo B5, observa-se que o emprego exclusivo de parâmetros acústicos objetivos para predição do descritor *barulhento* mostrou-se inadequado.

No modelo B6 foram aplicados todos os 18 indicadores, o que representou resultado de qualidade de ajuste R^2 de 0,80, indicando que para avaliação da paisagem sonora, é necessária a incorporação de diversos indicadores, objetivos e perceptuais.

Em termos de desempenho do R^2 ajustado, que leva em consideração o equilíbrio entre o número de variáveis incluídas no modelo e a melhoria na capacidade preditiva, os modelos B1 e B2 apresentaram a melhor métrica, com um valor de 0,66, seguidos pelo modelo B6, que obteve um índice de 0,63.

▪ Modelos não lineares:

A aplicação de redes neurais artificiais nos modelos preditivos para o descritor *barulhento* impactaram na melhora do rendimento dos modelos, sendo encontrado um ganho em torno de 8 a 35%, em relação aos modelos lineares (Quadro 37).

O modelo B1, constituído pelos indicadores com coeficientes de Spearman superiores a 0,5, apresentou resultado quanto ao R^2 de 0,77 em RNA 3, composta por duas camadas intermediárias, sendo caracterizada como a melhor arquitetura de rede entre as três arquiteturas de B1 testadas. Ao acrescentar o indicador relacionado à velocidade de vento (Vento), o modelo B2 apresentou uma melhoria discreta nas três arquiteturas de redes neurais testadas.

De maneira similar aos modelos preditivos anteriores, o emprego de somente indicadores acústicos não trouxe melhorias significativas, mesmo com o uso de redes neurais artificiais, a exemplo do modelo B5. Ao considerar todos os indicadores na construção do

modelo preditivo, o modelo B6 apresentou resultado de qualidade (R^2) de 0,96, o que representa um ganho de 20% da qualidade em relação ao modelo linear.

Quadro 37: Modelos preditivos não lineares para o descritor *barulhento*.

Descritor	Indicador	RNA 1			RNA 2			RNA 3		
		Modelo empregado	R^2 Trei.	RMSE Val.	Modelo empregado	R^2 Trei.	RMSE Val.	Modelo empregado	R^2 Trei.	RMSE Val.
Barulhento (B1)	FsGeo $L_{A_{fmax}}$ Vis_Veic FsTraf $L_{A_{eq}}$ $L_{A_{10}}$	Camada (3) Função de ativação: tanh	0,76	0,0549	Camada (6) Função de ativação: tanh	0,76	0,0536	Camadas (6,3) Função de ativação: tanh	0,77	0,0678
Barulhento (B2)	FsGeo $L_{A_{fmax}}$ Vis_Veic FsTraf $L_{A_{eq}}$ $L_{A_{10}}$ Vento	Camada (4) Função de ativação: tanh	0,79	0,0698	Camada (7) Função de ativação: tanh	0,78	0,0560	Camadas (7,4) Função de ativação: tanh	0,79	0,0563
Barulhento (B3)	FsTraf $L_{A_{fmax}}$ Vis_Veic	Camada (2) Função de ativação: tanh	0,74	0,0447	Camada (3) Função de ativação: tanh	0,74	0,0461	Camadas (3,2) Função de ativação: tanh	0,75	0,0447
Barulhento (B4)	FsGeo $L_{A_{fmax}}$	Camada (2) Função de ativação: tanh	0,66	0,0490	Camada (3) Função de ativação: tanh	0,65	0,0506	Camadas (3,2) Função de ativação: tanh	0,64	0,0508
Barulhento (B5)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ $L_{A_{10}}$	Camada (2) Função de ativação: tanh	0,53	0,0562	Camada (3) Função de ativação: tanh	0,53	0,0564	Camadas (3,2) Função de ativação: tanh	0,54	0,0549
Barulhento (B6)	$L_{A_{fmax}}$ $L_{A_{eq}}$ FsGeo $L_{A_{10}}$ Vis_Mar FsTraf Vis_Veic $L_{A_{90}}$ $L_{A_{50}}$ $L_{A_{fmin}}$ FsHum L_C FsMec Vento FsBio Temp Hum Vis_Veg	Camada (9) Função de ativação: tanh	0,94	0,0882	Camada (18) Função de ativação: tanh	0,96	0,0924	Camadas (18,9) Função de ativação: tanh	0,96	0,0951

Fonte: Elaboração própria, 2025.

5.2.8 Descritor *desagradabilidade* (método B)

▪ Avaliação da relevância dos indicadores:

No âmbito do descritor *desagradabilidade*, os resultados dos coeficientes de Spearman para cada um dos indicadores estão apresentados na Tabela 17. Dentre os principais aspectos que colaboram para a percepção do ambiente desagradável, são: a presença de elevados níveis sonoros (L_{Aeq} , $L_{A_{fmax}}$, L_{A10} , L_{A90}), aspectos de identificação de ruído de tráfego (Fs_{Traf}) e de visualização de veículos (Vis_{Veic}). Os aspectos ligados à identificação sonora de origem geofônica contribui para minimização da percepção do ambiente desagradável.

Tabela 17: Coeficientes de Spearman para cada indicador, considerando o descritor *desagradabilidade*.

L_{Aeq}	$L_{A_{fmax}}$	Fs_{Geo}	L_{A10}	Fs_{Traf}	Vis_{Veic}	L_{A90}	Vis_{Mar}	L_{A50}	$L_{A_{fmin}}$	Fs_{Hum}	L_c	Fs_{Bio}	Vento	Fs_{Mec}	Temp	Hum	Vis_{Veg}
0,61	0,59	-0,54	0,58	0,53	0,51	0,50	-0,49	0,48	0,40	0,38	0,29	-0,25	-0,24	0,20	0,20	-0,13	0,02

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Conforme exposto na Tabela 17, os indicadores com no mínimo moderada correlação para o descritor *desagradabilidade* são:

- L_{Aeq} = Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A;
- $L_{A_{fmax}}$ = Nível máximo de pressão sonora ponderado em A e em F;
- Fs_{Geo} = Identificação de fonte sonora geofônica;
- L_{A10} = Nível de pressão sonora ponderado em A e excedido em 10% do tempo;
- Fs_{Traf} = Identificação de fonte sonora ruído de tráfego;
- Vis_{Veic} = Visualização de veículos;
- L_{A90} = Nível de pressão sonora ponderado em A e excedido em 90% do tempo.

▪ Modelos lineares:

O primeiro modelo preditivo desenvolvido para o descritor *desagradabilidade*, modelo D1, conforme consta no Quadro 38, possui os sete indicadores encontrados de maior correlação: níveis de pressão sonora (L_{Aeq} , $L_{A_{fmax}}$, L_{A10} e L_{A90}), identificação da fonte sonora de origem

geofônica (FsGeo) e de tráfego de veículos (FsTraf) e informação perceptual relativa à visualização de veículos (Vis_Veic). A combinação de tais indicadores implicou em R^2 de 0,63 para o modelo D1. Diante de tal resultado, surgiu a necessidade de incremento da qualidade do modelo.

Quadro 38: Modelos preditivos lineares para o descritor *desagradabilidade*.

Descritor	Indicador	Modelo obtido	R^2	R^2 Ajustado	Prob (F- statistic)
Desagradabilidade (D1)	L_{Aeq} $L_{A_{fmax}}$ FsGeo L_{A10} FsTraf Vis_Veic L_{A90}	Desagradável = $0,2188 L_{Aeq} + 0,0021 L_{A_{fmax}} - 0,5651 \text{ FsGeo} - 0,1441 L_{A10} + 0,0204 \text{ FsTraf} - 0,1203 \text{ Vis_Veic} - 0,0181 L_{A90} - 1,4668$	0,63	0,55	$1,70 \times 10^{-5}$
Desagradabilidade (D2)	L_{Aeq} $L_{A_{fmax}}$ FsGeo L_{A10} FsTraf Vis_Veic L_{A90} Vento	Desagradável = $0,1280 L_{Aeq} + 0,0144 L_{A_{fmax}} - 0,6058 \text{ FsGeo} - 0,0955 L_{A10} + 0,1773 \text{ FsTraf} - 0,1248 \text{ Vis_Veic} - 0,0317 L_{A90} - 0,1319 \text{ Vento} - 0,6056$	0,67	0,58	$1,01 \times 10^{-5}$
Desagradabilidade (D3)	L_{Aeq} FsGeo Vis_Veic	Desagradável = $0,0684 L_{Aeq} - 0,5019 \text{ FsGeo} - 0,0384 \text{ Vis_Veic} - 0,6883$	0,56	0,53	$1,08 \times 10^{-6}$
Desagradabilidade (D4)	L_{Aeq} FsGeo	Desagradável = $0,0655 L_{Aeq} - 0,4835 \text{ FsGeo} - 0,7001$	0,56	0,53	$1,95 \times 10^{-7}$
Desagradabilidade (D5)	L_{Aeq} $L_{A_{fmax}}$ L_{A10} L_{A90}	Desagradável = $0,2037 L_{Aeq} + 0,0241 L_{A_{fmax}} - 0,1264 L_{A10} - 0,0013 L_{A90} - 3,8828$	0,45	0,40	$2,04 \times 10^{-4}$
Desagradabilidade (D6)	$L_{A_{fmax}}$ L_{Aeq} FsGeo L_{A10} Vis_Mar FsTraf Vis_Veic L_{A90} L_{A50} $L_{A_{fmin}}$ FsHum L_C FsMec Vento FsBio Temp Hum Vis_Veg	Desagradável = $0,0086 L_{A_{fmax}} + 0,2043 L_{Aeq} - 0,4584 \text{ FsGeo} - 0,1378 L_{A10} + 0,0543 \text{ Vis_Mar} - 0,1308 \text{ FsTraf} + 0,1636 \text{ Vis_Veic} + 0,1139 L_{A90} - 0,0120 L_{A50} - 0,1318 L_{A_{fmin}} + 0,3703 \text{ FsHum} - 0,0067 L_C + 0,1421 \text{ FsMec} - 0,0092 \text{ Vento} + 0,0609 \text{ FsBio} + 0,1233 \text{ Temp} + 0,0029 \text{ Hum} + 0,2915 \text{ Vis_Veg} - 5,7328$	0,75	0,54	$3,54 \times 10^{-3}$

Fonte: Elaboração própria, 2025.

O modelo D2 apresentou resultado ligeiramente mais favorável em termos de qualidade de ajuste, R^2 de 0,67. A estratégia consistiu em utilizar os indicadores do modelo D1, com o acréscimo do indicador ambiental de velocidade do vento (Vento). Ao reduzir o modelo para

três indicadores, o modelo D3, sendo um indicador de nível sonoro (L_{Aeq}), um indicador de identificação de fonte sonora de origem geofônica (FsGeo) e de visualização de veículos (Vis_Veic), há um decréscimo na qualidade do modelo preditivo, passando a apresentar R^2 de 0,56. O modelo D4 apresentou R^2 de 0,56, composto de dois indicadores, de nível sonoro (L_{Aeq}) e de identificação de fonte sonora de origem geofônica (FsGeo).

A fim de avaliar o desempenho do modelo preditivo para o descritor *desagradabilidade*, que apresente como indicadores apenas as métricas acústicas objetivas, foi elaborado o modelo D5, composto por L_{Aeq} , $L_{A_{fmax}}$, L_{A10} e L_{A90} . Como resultado, a qualidade de ajuste do modelo D5 resultou em 0,45, o que evidencia que a aplicação de apenas indicadores acústicos objetivos desfavorece o modelo drasticamente. Por fim, o modelo D6, que reúne todos os indicadores empregados no estudo, alcançou qualidade de ajuste (R^2) de 0,75.

Em termos de desempenho do R^2 ajustado, que leva em consideração o equilíbrio entre o número de variáveis incluídas no modelo e a melhoria na capacidade preditiva, o modelo D2 apresentou a melhor métrica, com um valor de 0,58, seguido pelo modelo D1, que obteve um índice de 0,55.

▪ Modelos não lineares:

Os resultados dos modelos não lineares para o descritor *desagradabilidade* apresentaram uma melhoria de desempenho variando entre 9% e 35% em comparação aos modelos lineares, em termos de R^2 (Quadro 39).

O modelo D1, que possui todos os indicadores classificados como mais relevantes em relação ao descritor em questão, com coeficientes de Spearman superiores a 0,5, apresentou R^2 de 0,74 na melhor arquitetura de rede neural testada, o que representa um incremento de cerca de 17% em relação ao modelo linear. O acréscimo do indicador de velocidade do vento (Vento) no modelo D2, impactou na melhoria da qualidade do ajuste do modelo em RNA 3, passando para R^2 de 0,90, o que revela que para o descritor *desagradabilidade*, os parâmetros físicos ambientais podem influenciar na percepção da paisagem sonora.

Ao tentar simplificar os modelos em relação ao número de indicadores na camada de entrada, observa-se que os modelos AD3 e AD4 apresentaram perda de qualidade em relação aos modelos AD1 e AD2. Em se tratando do modelo composto por apenas indicadores acústicos objetivos, modelo AD5, o resultado do desempenho foi pior entre os modelos não lineares do

descriptor *desagradável*, embora tenha apresentado um ganho em relação ao modelo linear, de cerca de 9%.

O desenvolvimento do modelo contendo todos os 18 indicadores, com o emprego simultâneo de diversos aspectos, contextuais, visuais, acústicos e ambientais dos indicadores coletados no presente trabalho, foram suficientes para permitir uma excelente capacidade preditiva dos modelos preditivos, principalmente com o uso de técnicas de redes neurais artificiais, conforme resultados obtidos no modelo AD6, com alcance de R^2 de 0,96.

Quadro 39: Modelos preditivos não lineares para o descriptor *desagradabilidade*.

Descritor	Indicador	RNA 1			RNA 2			RNA 3		
		Modelo empregado	R ² Trei.	RMSE Val.	Modelo empregado	R ² Trei.	RMSE Val.	Modelo empregado	R ² Trei.	RMSE Val.
Desagradabilidade (D1)	L_{Aeq} $L_{A_{fmax}}$ FsGeo L_{A10} FsTraf Vis_Veic L_{A90}	Camada (4) Função de ativação: tanh	0,66	0,0638	Camada (7) Função de ativação: tanh	0,68	0,0691	Camadas (7,4) Função de ativação: tanh	0,74	0,0596
Desagradabilidade (D2)	L_{Aeq} $L_{A_{fmax}}$ FsGeo L_{A10} FsTraf Vis_Veic L_{A90} Vento	Camada (4) Função de ativação: tanh	0,82	0,0797	Camada (8) Função de ativação: tanh	0,83	0,0803	Camadas (8,4) Função de ativação: tanh	0,90	0,0900
Desagradabilidade (D3)	L_{Aeq} FsGeo Vis_Veic	Camada (2) Função de ativação: tanh	0,64	0,0631	Camada (3) Função de ativação: tanh	0,64	0,0628	Camadas (3,2) Função de ativação: tanh	0,66	0,0617
Desagradabilidade (D4)	L_{Aeq} FsGeo	Camada (1) Função de ativação: tanh	0,61	0,0621	Camada (2) Função de ativação: tanh	0,64	0,0649	Camadas (2,1) Função de ativação: tanh	0,64	0,0669
Desagradabilidade (D5)	L_{Aeq} $L_{A_{fmax}}$ L_{A10} L_{A90}	Camada (2) Função de ativação: tanh	0,47	0,0750	Camada (4) Função de ativação: tanh	0,49	0,0770	Camadas (4,2) Função de ativação: tanh	0,49	0,0728
Desagradabilidade (D6)	$L_{A_{fmax}}$ L_{Aeq} FsGeo L_{A10} Vis_Mar FsTraf Vis_Veic L_{A90} L_{A50} $L_{A_{fmin}}$ FsHum L_c FsMec Vento FsBio Temp Hum Vis_Veg	Camada (9) Função de ativação: tanh	0,95	0,1039	Camada (18) Função de ativação: tanh	0,96	0,1435	Camadas (18,9) Função de ativação: tanh	0,95	0,1252

Fonte: Elaboração própria, 2025.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou o desenvolvimento de metodologia para avaliação de paisagens sonoras urbanas por meio da elaboração de modelos preditivos. O recorte urbano selecionado localiza-se na cidade de Maceió, Alagoas, Brasil, parte da orla marítima dos bairros Ponta Verde e Pajuçara. Tratou-se de uma pesquisa aplicada, para construção de metodologia de avaliação de paisagem sonora, tendo como base, dados coletados em ambiente real, com aplicação de experimentos *in situ* (caminhadas sonoras).

Foi possível construir a base para proposição da estrutura teórica-conceitual de metodologia para avaliação de paisagem sonora, necessária para elaboração de modelos preditivos, por meio da revisão de literatura, bem como das experiências vivenciadas no processo de coleta, tratamento de dados e modelagem.

Foram delineadas as etapas que envolvem a construção de modelos preditivos, voltadas aos estudos *in situ*, a citar: (i) **caracterização espacial do recorte urbano** (área objeto de estudo), com definição dos pontos/localizações, em se tratando da aplicação de caminhadas sonoras; (ii) **definição dos descritores**, que por sua vez impacta na escolha dos indicadores a serem coletados; (iii) **elaboração do questionário**; (iv) **coleta de dados**, de acordo com diretrizes presentes na ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), que pode contar com a realização das caminhadas sonoras, com aplicação do questionário e realização de medições físicas, a exemplo da obtenção de dados objetivos acústicos e ambientais (temperatura, umidade relativa do ar e velocidade de vento); (v) **caracterização do ambiente acústico**, processamento de dados obtidos durante a etapa de coleta de dados, aplicação da ISO/TS 12913-3 (ISO, 2019), para tratamento e análise dos dados, além do estudo das interrelações entre os aspectos, como métricas objetivas e de percepção; (vi) **modelagem**, com construção de modelos preditivos, com base no grau de relevância dos indicadores e descritores de paisagem sonora.

A proposta metodológica teve como base a coleta de dados tendo em vista a aplicação de questionário misto, que integra os protocolos dos métodos A e B estabelecidos pela ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), além de incorporação de informações relacionadas aos aspectos sociodemográficos, visuais e de contexto dos participantes, ou seja, informações objetivas e de percepção. Os resultados obtidos reforçam a forte correlação entre descritores análogos dos métodos A e B, sugerindo que ambos podem gerar resultados semelhantes, conforme indicado por Aletta *et al.* (2019) e Jo e Jeon (2021b).

A etapa de caracterização do ambiente acústico tem como ponto de partida a aplicação da parte 3 da ISO/TS 12912-3 (ISO, 2019), com o tratamento e análise dos conjuntos de dados derivados da aplicação dos métodos A e B, além da proposição dos demais aspectos incorporados, tais como o estudo das interrelações entre as métricas objetivas e de percepção dos participantes (o que inclui aspectos sonoros, visuais, de contexto, entre outros). Para construção dos modelos preditivos, a metodologia proposta incorpora a avaliação do grau de relevância dos indicadores na construção dos modelos, de forma a obter um equilíbrio entre modelos mais aprimorados e de maior facilidade em implementação.

Os desenvolvimentos indicam que a metodologia proposta apresenta resultados consistentes para a construção de modelos preditivos de paisagem sonora, com base na modelagem linear, por regressão linear múltipla, principalmente quando são empregados de forma simultânea indicadores acústicos, visuais e de contexto da paisagem sonora. Durante o processo de modelagem preditiva, foi possível compreender a importância dos indicadores perceptivos na construção dos modelos, sendo considerados essenciais na compreensão entre a interpretação e reação aos sons presentes na paisagem. Os resultados mostram que o emprego de somente indicadores objetivos acústicos não é suficiente para modelar a compreensão da paisagem sonora, sendo necessária a incorporação de variáveis perceptivas.

Vale ressaltar que os modelos lineares desenvolvidos são fortemente influenciados pela amostra de dados, ou seja, aspectos como perfil do público participante, condições da paisagem sonora no momento da escuta no experimento. Porém, os modelos preditivos baseados em inteligência artificial possuem maior capacidade de generalização, visto que durante a fase de treinamento do modelo, são incorporados diversos aspectos relacionados ao perfil do público e condições de paisagem sonora.

Os modelos não lineares, baseados em redes neurais artificiais apresentaram excelentes resultados, com ganho de desempenho em relação aos modelos lineares na ordem de: 10% a 18% em se tratando do descritor *agradabilidade*, 15% a 21% para o descritor *agitação*, 10% a 28% para o descritor *animação*, 10% a 13% para o descritor *tranquilidade*, 9% a 33% para o descritor *avaliação do ambiente sonoro*, entre 2% a 21% para o descritor *adequação do ambiente sonoro ao local*, de 8% a 35% para o descritor *barulhento* e entre 9% a 35% para o descritor *desagradabilidade*.

Embora tenham sido empregadas metodologias e indicadores distintos em modelos preditivos desenvolvidos em trabalhos anteriores, por meio da comparação do parâmetro de qualidade do modelo (R^2), é possível ressaltar os seguintes pontos:

- Em se tratando do descritor *agradável*, enquanto Lavandier *et al.* (2016) chegaram a R^2 de 0,88, Fan *et al.* (2016) obtiveram R^2 de 0,55 e Aumond *et al.* (2017) alcançaram R^2 de 0,90, os modelos desenvolvidos no presente trabalho chegaram a R^2 de 0,96;
- Para o descritor *agitado*, Fan *et al.* (2016) obtiveram R^2 de 0,82, Fan *et al.* (2018) obtiveram 0,62, os modelos preditivos construídos no presente trabalho chegaram a R^2 de 0,97;
- Em relação ao descritor *animado*, Aletta e Kang (2018) alcançaram R^2 de 0,76, enquanto no corrente trabalho, os modelos preditivos construídos chegaram a R^2 de 0,98;
- Para o descritor *tranquilo*, Pheasant *et al.* (2010) alcançaram R^2 de 0,82, Watts *et al.* (2013) com R^2 de 0,89, Yu e Kang (2009) com alcance de valores de R^2 de 0,31, os modelos preditivos construídos no presente trabalho alcançaram R^2 de 0,96;
- Para o descritor *avaliação do ambiente sonoro*, Ricciardi *et al.* (2015) alcançaram R^2 de 0,52, Çakir Aydin e Yilmaz (2016) obtiveram R^2 de 0,77, Puyana Romero *et al.* (2016) alcançaram R^2 de 0,62 e Marystani *et al.* (2016) obtiveram R^2 de 0,88, os modelos preditivos construídos no presente trabalho alcançaram R^2 de 0,90;
- Quanto ao descritor *desagradável*, Kang *et al.* (2018) obtiveram R^2 de 0,52, enquanto no corrente trabalho, houve o alcance de R^2 de 0,96.

A paisagem sonora da orla marítima dos bairros Ponta Verde e Pajuçara, em Maceió, é uma diversa composição de sons que reflete as dinâmicas e as identidades culturais da cidade. Esses bairros, conhecidos por sua proximidade com o mar e por serem áreas turísticas de grande movimentação, apresentam uma paisagem sonora multifacetada, onde se misturam sons da natureza, da cidade e das interações sociais cotidianas.

No tocando à aplicação da metodologia para avaliação do recorte urbano selecionado, verifica-se que o ambiente com melhor avaliação global da paisagem sonora foi o Marco dos

Corais. Trata-se de uma intervenção urbana que se caracteriza pelo avanço em relação ao mar, o que proporcionou aos participantes da pesquisa a experiência de fuga do ambiente urbano marcado pelos sons de tráfego, com a contemplação do som do mar/água, predominantemente avaliado como som positivo, que proporciona bem-estar e restauração. Em contraponto, os ambientes sonoros com avaliação mais negativa se referem aos locais próximos aos bares, além de locais com maior presença de sons de tráfego e sons de máquina. A fim de auxiliar a síntese, representação e visualização dos resultados alcançados por meio da caracterização do ambiente acústico, foram construídos quadros-sínteses e um mapa que ilustra resumidamente os principais resultados da caracterização do ambiente acústico, além da utilização de amostras audiovisuais em 360°, que podem ser acessados por meio de *QR codes*.

Considerando que o corrente trabalho focou no desenvolvimento do arcabouço metodológico, como trabalhos futuros, sugere-se a aplicação da metodologia desenvolvida em outros ambientes sonoros, incluindo novos perfis de participantes e diferentes contextos, a exemplo de estudos que tratem da paisagem sonora noturna, visto que o presente trabalho se debruçou ao estudo da paisagem sonora diurna. Além disso, seria interessante a realização de pesquisas que abordem a paisagem sonora dos finais de semana, como no caso do domingo, quando um trecho da orla de Ponta Verde é temporariamente fechado para a passagem de veículos, configurando-se como um espaço exclusivo para lazer e diversão da população. Esse fenômeno pode gerar uma dinâmica sonora distinta, marcada pela maior concentração de pessoas e atividades de lazer, proporcionando um espaço sonoro único que merece ser analisado para entender melhor as mudanças no uso e nas percepções da paisagem sonora ao longo da semana.

Os modelos obtidos indicam o grau de relevância de cada indicador na construção do modelo preditivo, o que pode servir de base para políticas de intervenção urbana visando a melhoria de qualidade sonora do ambiente. Por exemplo, o descritor *avaliação do ambiente sonoro* aponta que além dos elevados níveis sonoros, a identificação de fonte sonora de tráfego, bem como o fator de visualização de veículos são elementos de alto impacto negativo no modelo. Nesse sentido, umas das formas de intervenção seria a aplicação de técnicas de mascaramento de sons desagradáveis e/ou inclusão de elementos visuais secundários para redução do impacto desses elementos na qualidade de paisagem sonora.

A avaliação de paisagem sonora envolve inúmeras correlações complexas, que interligam as variáveis físicas, objetivas, além de variáveis subjetivas, acústicas e visuais, relacionadas à

percepção dos usuários. O emprego de técnicas de modelagem que simulem o comportamento do pensar do ser humano, trazem resultados importantes para construção de modelos preditivos, que por sua vez, auxiliam nas soluções e estratégias de planejamento urbano, levando em consideração as diretrizes propostas pela ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018) e ISO/TS 12913-3 (ISO, 2019), comprovando a hipótese levantada pela presente tese.

A tese se destaca pelo ineditismo ao elaborar um questionário adaptado para a língua portuguesa, combinando os métodos A e B da ISO/TS 12913-2 (2018), incluindo questões sobre aspectos sonoros, visuais, sociodemográficos e contextuais. Desenvolveu ainda uma metodologia para caracterização do ambiente acústico, integrando as diretrizes da ISO/TS 12913-3 (2019) e explorando as interações entre métricas objetivas e perceptivas. Além disso, criou uma metodologia para estudar a relevância entre indicadores e descritores de paisagem sonora e aplicou essa metodologia em Maceió, Alagoas, a fim de gerar modelos preditivos, caracterizar o ambiente sonoro urbano e identificar os principais elementos que influenciam a paisagem sonora, com potencial para subsidiar políticas públicas.

A pesquisa sobre a paisagem sonora da orla de Ponta Verde e Pajuçara pode ajudar a identificar aspectos que podem ser aprimorados para tornar esses espaços mais agradáveis e funcionais. Por exemplo, pode-se analisar como o excesso de ruído urbano (trânsito, comércio) impacta a experiência dos frequentadores da praia ou como os sons naturais podem ser preservados ou potencializados para criar uma atmosfera mais relaxante. Esse tipo de estudo também pode contribuir para o planejamento urbano mais sensível às necessidades sensoriais das pessoas, além de promover práticas de gestão que levem em conta a harmonia sonora no uso do espaço público.

A implementação da abordagem da paisagem sonora nas cidades visa proporcionar qualidade sonora, o que pode influenciar também na qualidade de vida das pessoas. A capacidade de prever a avaliação da paisagem sonora de um ambiente é determinante para possibilitar a aplicação prática do conceito no planejamento urbano, com a construção de modelos preditivos.

Em suma, o desenvolvimento da metodologia de análise colabora para o campo tecnológico em avaliação de paisagens sonoras em espaços urbanos, a fim de auxiliar no processo de tomada de decisões por parte dos pesquisadores e gestores. A presente pesquisa representa um passo importante para o campo de estudo em paisagem sonora e oferece novas perspectivas para caracterização e modelagem preditiva de paisagens sonoras urbanas.

REFERÊNCIAS

ALETTA, F. et al. Soundscape assessment: Towards a validated translation of perceptual attributes in different languages. In: **Proceedings of the 50th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, INTER-NOISE 2020**, 23-25 jul. 2020, p. 23-250.

ALETTA, F. et al. Soundscape descriptors in eighteen languages: Translation and validation through listening experiments. **Applied Acoustics**, v. 224, n. 110109, 5 set. 2024. DOI: doi.org/10.1016/j.apacoust.2024.110109

ALETTA, F.; GUATTARI, C.; EVANGELISTI, L.; ASDRUBALI, F.; OBERMAN, T.; KANG, J. Exploring the compatibility of “Method A” and “Method B” data collection protocols reported in the ISO/TS 12913-2:2018 for urban soundscape via a soundwalk. **Applied Acoustics**, v. 155, p. 190–203, dez. 2019. DOI: doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.05.024

ALETTA, F.; KANG, J. Towards an urban vibrancy model: A soundscape approach. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 8, p. 1712, 2018. DOI: doi.org/10.3390/ijerph15081712

ALETTA, F.; KANG, J.; AXELSSON, Ö. Soundscape descriptors and a conceptual framework for developing predictive soundscape models. **Landscape and Urban Planning**, v. 149, p. 65–74, maio 2016. DOI: doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.02.001

ALETTA, F.; OBERMAN, T.; KANG, J. Associations between positive health-related effects and soundscapes perceptual constructs: A systematic review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 11, p. 2392, 29 out. 2018. DOI: doi.org/10.3390/ijerph15112392

ANTUNES, S. M.; MICHALSKI, R. L. X. N.; CARVALHO, M. L. de U.; ALVES, S.; RIBEIRO, L. C. A European and Brazilian cross-national investigation into the Portuguese translation of soundscape perceptual attributes within the SATP project. **Applied Acoustics**, v. 211, n. 211, p. 109472–109472, 1 ago. 2023. DOI: doi.org/10.1016/j.apacoust.2023.109472

ANTUNES, S. M.; MICHALSKI, R. L. X. N.; CARVALHO, M. L. de U.; ALVES, S. Validated translation into Portuguese of perceptual attributes for soundscape assessment. In: **Proceedings of the Euronoise**, 2021, Madeira, Portugal. <https://documentacion.sea-acustica.es/publicaciones/Madeira21/ID207.pdf>

AUMOND, P.; CAN, A.; DE COENSEL, B.; BOTTELDOOREN, D.; RIBEIRO, C.; LAVANDIER, L. Modeling soundscape pleasantness using perceptual assessments and acoustic measurements along paths in urban context. **Acta Acustica United with Acustica**, v. 103, n. 3, p. 430–443, 2017.

AXELSSON, Ö. How to measure soundscape quality. In: **Proceedings of the Euronoise**, 2015, Maastricht, Países Baixos. <https://www.conforg.fr/euronnoise2015/proceedings/data/articles/000067.pdf>

AXELSSON, Ö.; NILSSON, M. E.; BERGLUND, B. A principal components model of soundscape perception. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 128, n. 5, p. 2836–2846, nov. 2010. DOI: doi.org/10.1121/1.3493436

AXELSSON, Ö.; NILSSON, M. E.; BERGLUND, B. The Swedish soundscape-quality protocol. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 131, n. 4_Supplement, p. 3476, 2012. DOI: doi.org/10.1121/1.4709112

BONAMENTE, M. **Statistics and analysis of scientific data**. New York, NY: Springer New York, 2017.

BOTTELDOOREN, D.; DE COENSEL, B.; DE MUER, T. The temporal structure of urban soundscapes. **Journal of Sound and Vibration**, v. 292, p. 105–123, abr. 2006. DOI: 10.1016/j.jsv.2005.07.026.

BRAMBILLA, G.; MAFFEI, L.; DI GABRIELE, M.; GALLO, V. Merging physical parameters and laboratory subjective ratings for the soundscape assessment of urban squares. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 134, n. 1, p. 782–790, 2013. DOI: 10.1121/1.4768792.

CAIN, R.; JENNINGS, P.; POXON, J. The development and application of the emotional dimensions of a soundscape. **Applied Acoustics**, v. 74, n. 2, p. 232–239, fev. 2013. DOI: 10.1016/j.apacoust.2011.11.006.

ÇAKIR AYDIN, D.; YILMAZ, S. Assessment of sound environment pleasantness by sound quality metrics in urban spaces. **A/Z ITU Journal of Faculty of Architecture**, v. 13, n. 2, p. 87–99, 2016. DOI: 10.5505/itujfa.2016.75547.

CAO, J.; KANG, J. The influence of companion factors on soundscape evaluations in urban public spaces. **Sustainable Cities and Society**, v. 69, p. 102860, jun. 2021. DOI: 10.1016/j.scs.2021.102860.

CASSINA, L.; FREDIANELLI, L.; MENICHINI, I.; CHIARI, C.; LICITRA, G. Audio-visual preferences and tranquillity ratings in urban areas. **Environments**, v. 5, n. 1, p. 1, 22 dez. 2017. DOI: 10.3390/environments5010001.

DAVIES, W. J.; BRUCE, N. S.; MURPHY, J. E. Soundscape reproduction and synthesis. **Acta Acustica United with Acustica**, v. 100, n. 2, p. 285–292, 1 mar. 2014. DOI: 10.3813/AAA.918708.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Good practice guide on quiet areas**. 2014. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/publications/good-practice-guide-on-quiet-areas>. Acesso em: 10 jun. 2023.

EUROPEAN RESEARCH COUNCIL. **Soundscape Indices (SSID)**. 2022. Disponível em: <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/environmental-design/research-projects/2022/jun/soundscape-indices-ssid>. Acesso em: 3 ago. 2023.

FAN, J.; THOROGOOD, M.; PASQUIER, P. Automatic soundscape affect recognition using a dimensional approach. **Journal of the Audio Engineering Society**, v. 64, n. 9, p. 646–653, 2016.

FAN, J.; THOROGOOD, M.; PASQUIER, P. Emo-soundscapes: a dataset for soundscape emotion recognition. In: **7th International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction, ACII 2017**. 2017. [s.l.], 2017.

FERNANDES, M. E. **Proposição de metodologia de análise da influência de um corpo d'água na paisagem sonora urbana: estudo de caso na cidade de Piracicaba - SP**. 2024. 144 f. Tese (Doutorado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2024.

HASELHOFF, T.; LAWRENCE, B.; HORNBERG, J.; AHMED, S.; SUTCLIFFE, R.; GRUEHN, D.; MOEBUS, S. The acoustic quality and health in urban environments (SALVE) project: Study design, rationale and methodology. **Applied Acoustics**, v. 188, p. 108538, jan. 2022. DOI: 10.1016/j.apacoust.2021.108538.

HIRASHIMA, S. Q. da S. **Percepção sonora e térmica e avaliação de conforto em espaços urbanos abertos do município de Belo Horizonte - MG, Brasil**. 2014. 246 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

HONG, J. Y.; JEON, J. Y. Influence of urban contexts on soundscape perceptions: A structural equation modeling approach. **Landscape and Urban Planning**, v. 141, p. 78–87, set. 2015. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2015.05.004.

HONG, J. Y.; JEON, J. Y. Relationship between spatiotemporal variability of soundscape and urban morphology in a multifunctional urban area: A case study in Seoul, Korea. **Building and Environment**, v. 126, p. 382–395, dez. 2017. DOI: 10.1016/j.buildenv.2017.10.021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 12913. Acoustics – Soundscape. Part 1: Definition and conceptual framework*, ISO 12913-1 (2014).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO/TS 12913. Acoustics – Soundscape. Part 2: Data collection and reporting requirements*, ISO/TS 12913-2 (2018).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO/TS 12913. Acoustics – Soundscape. Part 3: Data analysis*, ISO/TS 12913-3 (2019).

JAIN, A. K.; MAO, J.; MOHIUDDIN, K. *Artificial neural networks: A tutorial*. p. 31–44, 1996. Disponível em: <https://csc.lsu.edu/~jianhua/nn.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2019.

JEON, J. Y.; HONG, J. Y.; LAVANDIER, C.; LAFON, J.; AXELSSON, Ö.; HURTIG, M. A cross-national comparison in assessment of urban park soundscapes in France, Korea, and Sweden through laboratory experiments. *Applied Acoustics*, v. 133, p. 107–117, abr. 2018. DOI: 10.1016/j.apacoust.2017.12.016.

JEON, J. Y.; JO, H. I. Effects of audio-visual interactions on soundscape and landscape perception and their influence on satisfaction with the urban environment. *Building and Environment*, v. 169, p. 106544, 2020. DOI: 10.1016/j.buildenv.2019.106544.

JO, H. I.; JEON, J. Y. Compatibility of quantitative and qualitative data-collection protocols for urban soundscape evaluation. *Sustainable Cities and Society*, v. 74, p. 103259, 1 nov. 2021a. DOI: 10.1016/j.scs.2021.103259.

JO, H. I.; JEON, J. Y. Effect of the appropriateness of sound environment on urban soundscape assessment. *Building and Environment*, v. 179, p. 106975, jul. 2020. DOI: 10.1016/j.buildenv.2020.106975.

JO, H. I.; JEON, J. Y. Urban soundscape categorization based on individual recognition, perception, and assessment of sound environments. **Landscape and Urban Planning**, v. 216, p. 104241, dez. 2021b. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2021.104241.

KANG, J. et al. (Ed.). **COST Action TD0804 - Soundscape of European Cities and Landscapes**. 1. ed. Oxford: COST, 2013.

KANG, J. et al. Towards soundscape indices. In: **Proceedings 23rd International Congress on Acoustics (ICA 2019)**, 2019, Aachen, Germany. Disponível em: <http://toc.proceedings.com/51016webtoc.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2023.

KANG, J. **Urban Sound Environment**. 1. ed. London: CRC Press, 2006.

KANG, J.; ALETTA, F.; GJESTLAND, T. T.; BROWN, L. A.; BOTTELDOOREN, D.; SCHULTE-FORTKAMP, B.; LERCHER, P.; VAN KAMP, I.; GENUIT, K.; FIEBIG, A.; BENTO COELHO, J. L.; MAFFEI, L.; LAVIA, L. Ten questions on the soundscapes of the built environment. **Building and Environment**, v. 108, p. 284–294, nov. 2016. DOI: 10.1016/j.buildenv.2016.08.011.

KANG, J.; ALETTA, F.; MARGARITIS, E.; YANG, M. A model for implementing soundscape maps in smart cities. **Noise Mapping**, v. 5, n. 1, p. 46–59, 1 mar. 2018. DOI: 10.1515/noise-2018-0004.

KANG, J.; SCHULTE-FORTKAMP, B. **Soundscape and the Built Environment**. [S.l.]: CRC Press, 2018.

KLEIN, M. E. **Assinaturas acústicas, históricas e culturais da região do Bixiga: estudo de mapeamento de ruído ambiental, análise psicofísica e paisagem sonora**. 2023. 216 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

KOGAN, P.; ARENAS, J. P.; BERMEJO, F.; HINALAF, M.; TURRA, B. A Green Soundscape Index (GSI): The potential of assessing the perceived balance between natural sound and traffic noise. **Science of The Total Environment**, v. 642, p. 463–472, nov. 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.023.

KORPILO, S. et al. Landscape and soundscape quality promote stress recovery in nearby urban nature: A multisensory field experiment. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 95, mai. 2024. DOI: 10.1016/j.ufug.2024.128286.

LAVANDIER, C.; AUMOND, P.; GOMEZ, S.; DOMINGUÈS, C. Urban soundscape maps modelled with geo-referenced data. **Noise Mapping**, v. 3, n. 1, p. 28, jan. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/noise-2016-0020>. Acesso em: 18 mar. 2025.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. Deep learning. **Nature**, [s.l.], v. 521, p. 436-444, mai. 2015. Springer Nature. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature14539>. Acesso em: 18 mar. 2022.

LIMA, A. C. C. C. L. **Paisagem sonora em diferentes escalas no espaço público de Brasília**. 2021. 215 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

LIONELLO, M.; ALETTA, F.; KANG, J. A systematic review of prediction models for the experience of urban soundscapes. **Applied Acoustics**, v. 170, p. 107479, dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107479>. Acesso em: 18 mar. 2025.

LUNDÉN, P.; AXELSSON, Ö.; HURTIG, M. On urban soundscape mapping: a computer can predict the outcome of soundscape assessments. In: **Proceedings of the INTER-NOISE**, 2016, Hamburgo, Alemanha. Disponível em: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1059673/FULLTEXT01.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2023.

MARISTANY, A.; LÓPEZ, M. R.; RIVERA, C. A. Soundscape quality analysis by fuzzy logic: A field study in Cordoba, Argentina. **Applied Acoustics**, v. 111, p. 106–115, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.04.013>

MITCHELL, A.; OBERMAN, T.; ALETTA, F.; ERFANIAN, M.; KACHLICKA, M.; LIONELLO, M.; KANG, J. The Soundscape Indices (SSID) Protocol: A Method for Urban Soundscape Surveys—Questionnaires with Acoustical and Contextual Information. **Applied Sciences**, v. 10, n. 7, p. 2397, 1 abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10072397>

MOHR, D. L.; WILSON, W. J.; FREUND, R. J. Nonparametric Methods. In: MOHR, D. L.; WILSON, W. J.; FREUND, R. J. (Eds.). **Statistical Methods (4. ed.)**. Academic Press, 2022. p. 651–683. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823043-5.00014-X>

MONTGOMERY, Douglas C. **Applied Statistics and Probability for Engineers**. 6. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2003.

MORETTIN, Pedro Alberto. **Estatística Básica**. 8. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

OLIVEIRA, P. L. de. **Habitar entre sons e ruídos: impactos sonoros provocados por templos na paisagem sonora do loteamento Village Campestre, Maceió-AL**. 2017. 125 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2017.

OLIVEIRA, P. L. de. **Paisagem sonora do bairro de Bebedouro (Maceió-AL) afetado pelo desastre socioambiental decorrente da exploração de sal-gema**. 2023. 184 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023.

OLIVEIRA, P. L. O.; VERGARA, E. F.; ALMEIDA, G. N.; OITICICA, M. L. G. R.; SILVA, J. T.; GONÇALVES, E. A. C. D. Sounds and noises during a period of the COVID-19 pandemic in Brazil. In: **Proceedings of the Euronoise**, 2021, Madeira, Portugal. Disponível em: <https://documentacion.sea-acustica.es/publicaciones/Madeira21/ID194.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2023.

OLIVEIRA, R. V. S.; OLIVEIRA, P. L.; GONÇALVES, E. A. C. D.; M. L. G. R.; SILVA, J. T.; MIRANDA, E. F. V.; ALMEIDA, G. N. Percepção da paisagem sonora em uma

quarentena urbana. **Arquitextos**, v. 266, n. 04, jul. 2022. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/23.266/8551>. Acesso em: 3 ago. 2023.

PEREIRA, J. C. R. **Análise de dados qualitativos: estratégias metodológicas para as ciências da saúde, humanas e sociais**. 3. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

PHEASANT, R.; HOROSHENKOV, K.; WATTS, G. Tranquillity rating prediction tool [trapt]. **Acoust Bulletin**, 2010, v. 35, p. 18–24.

PIJANOWSKI, B. C.; FARINA, A.; GAGE, S. H.; DUMYAHN, S. L.; KRAUSE, B. L. What is soundscape ecology? An introduction and overview of an emerging new science. **Landscape Ecology**, v. 26, n. 9, p. 1213-1232, 2011. DOI: doi.org/10.1007/s10980-011-9600-8

PUYANA ROMERO, V.; MAFFEI, L.; BRAMBILLA, G.; CIABURRO, G. Modelling the soundscape quality of urban waterfronts by artificial neural networks. **Applied Acoustics**, v. 111, p. 121–128, out. 2016. DOI: doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.04.019

QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. Versão 3.10. [S.l.]: QGIS.org, 2010. Disponível em: <https://qgis.org>. Acesso em: 12 jul. 2024.

RATCLIFFE, E. Sound and Soundscape in Restorative Natural Environments: A Narrative Literature Review. **Frontiers in Psychology**, v. 12, n. 12, 26 abr. 2021.

REY GOZALO, G.; TRUJILLO CARMONA, J.; BARRIGÓN MORILLAS, J. M.; VÍLCHEZ-GÓMEZ, R.; GÓMEZ ESCOBAR, V. Relationship between objective acoustic indices and subjective assessments for the quality of soundscapes. **Applied Acoustics**, v. 97, p. 1–10, out. 2015. DOI: doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.03.020

RICCIARDI, P.; DELAITRE, P.; LAVANDIER, C.; TORCHIA, F.; AUMOND, P. Sound quality indicators for urban places in Paris cross-validated by Milan data. **The Journal of the**

Acoustical Society of America, v. 138, n. 4, p. 2337–2348, out. 2015. DOI: doi.org/10.1121/1.4929747

ROSENBLATT, F. **Principles of Neurodynamics**: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms. Washington, DC: Spartan Books, 1962. DOI: doi.org/10.2307/1419730

SCHAFER, M. A. **A Afinação do mundo - uma exploração pioneira pela história passada e pelo atual estado do mais negligenciado aspecto do nosso ambiente**: a paisagem sonora. São Paulo: Editora UNESP, 2001.

SCHÖBER, P.; BOER, C.; SCHWARTE, L. A. Correlation coefficients: Appropriate Use and Interpretation. **Anesthesia & Analgesia**, v. 126, n. 5, p. 1763–1768, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864>

SUN, K.; DE COENSEL, B.; FILIPAN, K.; ALETTA, F.; VAN RENTERGHEM, T.; DE PESSEMIER, T.; JOSEPH, W.; BOTTELDOOREN, D. Classification of soundscapes of urban public open spaces. **Landscape and Urban Planning**, v. 189, p. 139–155, set. 2019. DOI: doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.04.016

TAN, J. K. A.; HASEGAWA, Y.; LAU, S.; TANG, S. The effects of visual landscape and traffic type on soundscape perception in high-rise residential estates of an urban city. **Applied Acoustics**, v. 189, p. 108580, 1 fev. 2022. DOI: doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.108580

WATTS, G.; MIAH, A.; PHEASANT, R. Tranquillity and soundscapes in urban green spaces—predicted and actual assessments from a questionnaire survey. **Environment and Planning. B, Planning & Design**, v. 40, n. 1, p. 170–181, 2013. DOI: doi.org/10.1068/b38061

WAYNE, D. Spearman rank correlation coefficient. In: **Applied Nonparametric Statistics**. 2. ed. Boston: PWS-Kent, 1990.

WELSH GOVERNMENT; MINISTRY OF ENVIRONMENT. **Noise and soundscape action plan 2018-2023.**

WOOLWORTH, D. S.; BROOKS, B.; SCHULTE-FORTKAMP, B. Introduction to Soundwalking—An important part of the soundscape method. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 154, n. 0001-4966, p. 1, out. 2023. DOI: doi.org/10.1121/10.0023505

XINCHEN, H.; YU, J.; SHUTING, W.; LINYING, Z.; SIREN, L. Study on evaluation model of soundscape in urban park based on Radial Basis Function Neural Network: A case study of Shiba Park and Kamogawa Park, Japan. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 300, n. 3, p. 032036, 2019.

YANG, D.; CAO, X.; MENG, Q. Effects of a human sound-based index on the soundscapes of urban open spaces. **Science of the Total Environment**, v. 802, p. 149869, 1 jan. 2022. DOI: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149869

YANG, J.; LU, H. Visualizing the Knowledge Domain in Urban Soundscape: A Scientometric Analysis Based on CiteSpace. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 21, p. 13912, 26 out. 2022. DOI: doi.org/10.3390/ijerph192113912

YU, L.; KANG, J. Modeling subjective evaluation of soundscape quality in urban open spaces: An artificial neural network approach. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 126, n. 3, p. 1163–1174, set. 2009. DOI: doi.org/10.1121/1.3183377

YUE, R.; MENG, Q.; YANG, D.; WU, Y.; LIU, F.; YAN, W. A visualized soundscape prediction model for design processes in urban parks. **Building Simulation**, v. 16, n. 3, p. 337–356, 2023. DOI: doi.org/10.1007/s12273-022-0955-3

ZHAO, W.; KANG, J.; XU, H.; ZHANG, Y. Relationship between contextual perceptions and soundscape evaluations based on the structural equation modelling approach. **Sustainable Cities and Society**, v. 74, p. 103192, nov. 2021. DOI: doi.org/10.1016/j.scs.2021.103192

APÊNDICES

APÊNDICE 1: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido da pesquisa.

1/4



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

PPGAU
» UFAL

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar voluntariamente do projeto de pesquisa **AValiação DE PAISAGENS SONORAS DE ESPAÇOS URBANOS DA CIDADE DE MACEIÓ-AL**, desenvolvida pela doutoranda Jordana Teixeira da Silva Lima Santos, sob orientação da Profª Draª Maria Lucia Gondim da Rosa Oiticica, no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas. A seguir, as informações do projeto de pesquisa com relação a sua participação neste projeto.

1. **O projeto se destina a** investigar a percepção humana sonora em relação aos ambientes urbanos (que por sua vez se configuram por paisagens sonoras próprias) da cidade de Maceió-AL, tendo em vista a influência dos inúmeros aspectos acústicos e visuais que caracterizam esses espaços. Paisagem sonora é uma construção da percepção humana, que é influenciada pelo contexto sociocultural, pelo ambiente acústico no contexto e leva em conta a avaliação de todos os sons percebidos em um ambiente, considerando toda a sua complexidade, além dos aspectos acústicos e não-acústicos envolvidas na paisagem sonora.
2. **A importância desse estudo** está em buscar ampliar o conhecimento sobre como o ser humano percebe os espaços abertos urbanos da cidade de Maceió-AL, diante das diversas características acústicas e visuais desses espaços, a fim de contribuir para a melhoria da qualidade sonora da cidade, visando a promoção de bem-estar e qualidade de vida à população que vivencia esses espaços, aspectos que contribuirão para o planejamento urbano e conhecimento científico em Arquitetura e Urbanismo.
3. **Os resultados que se deseja alcançar são:**
 - a. Correlacionar os dados acústicos e visuais obtidos para caracterizações dos ambientes urbanos;
 - b. Identificar as possíveis relações entre as características e configurações dos ambientes urbanos e a percepção das paisagens sonoras urbanas;
 - c. Propor metodologia para construção de ferramenta de avaliação (modelo preditivo) das paisagens sonoras urbanas capaz de prever o resultado perceptivo humano, com a finalidade de implementação no planejamento urbano.

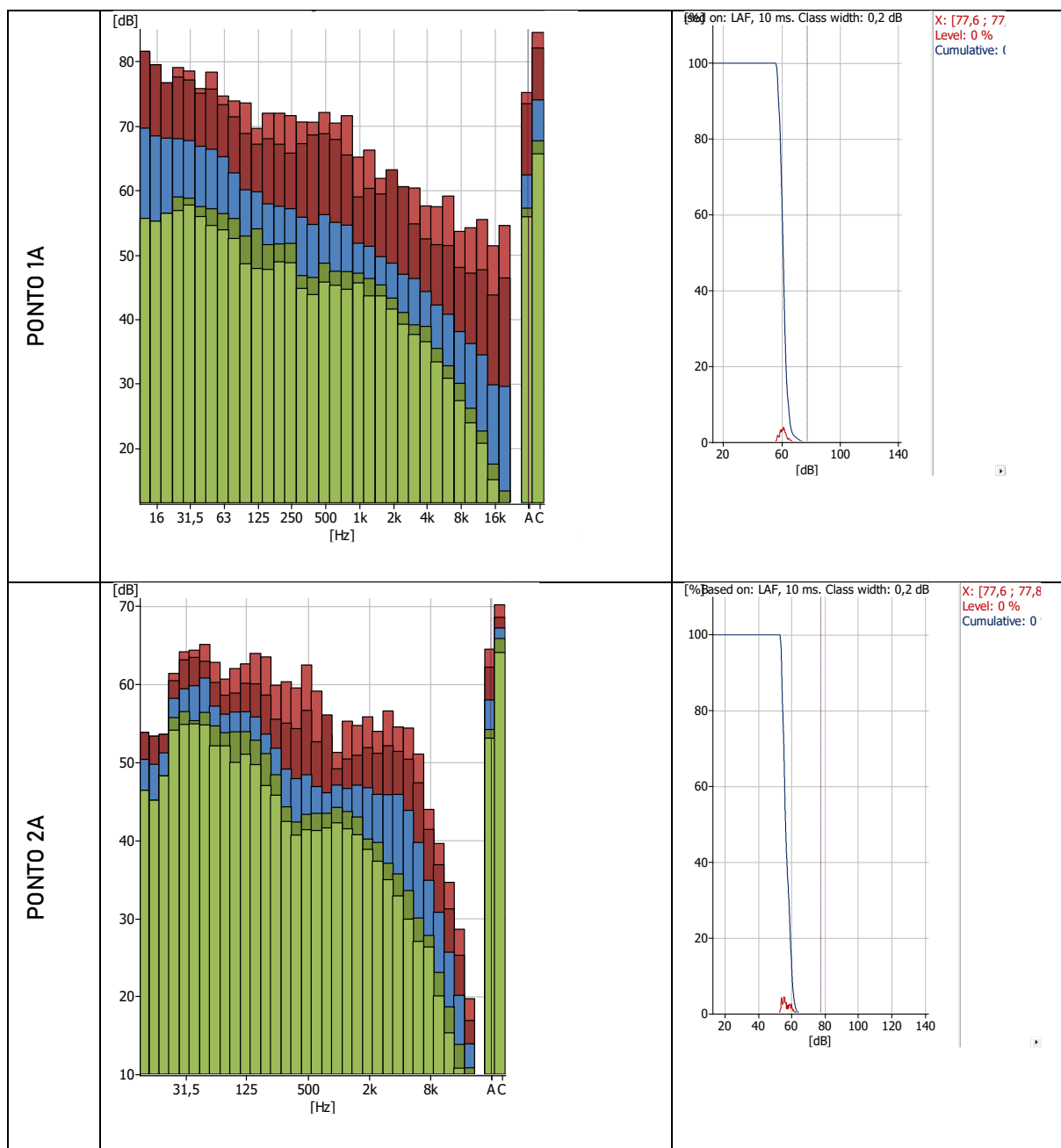
Cidade Universitária – Campus A. C. Simões, Tabuleiro do Marins
CEP 57072-970 – Maceió – AL
www.fau.ufal.edu.br
82 3214 1283

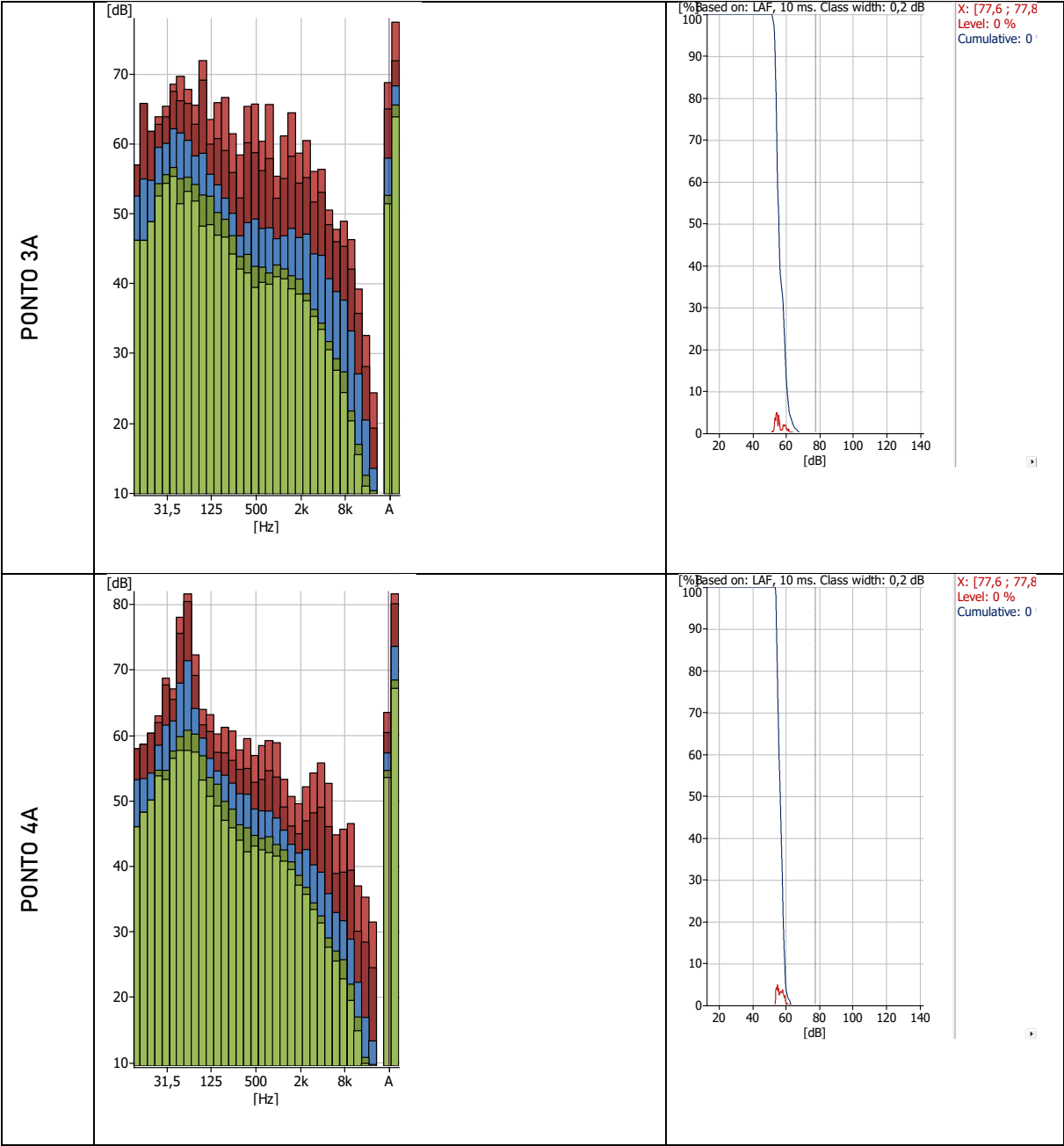
- d. O questionário não demandará tempo excessivo aos seus respondentes, com estimativa entre 5 a 7 minutos para sua finalização.
9. A qualquer momento, você poderá recusar a continuar participando do estudo e, também, poderá retirar seu consentimento, sem que isso lhe traga qualquer penalidade ou prejuízo. Neste caso, os seus dados serão descartados.
10. **Os benefícios esperados com a sua participação** nesta pesquisa, mesmo que indiretamente, é atentar para a importância da qualidade sonora dos espaços abertos da cidade, compreendendo a relevância para a qualidade de vida da população. Além disso, conhecer a percepção dos usuários desses espaços contribui para a promover ambientes com saúde e bem-estar, tendo como base a abordagem pautada nas expectativas dos usuários em relação ao ambiente acústico. Com isso, ferramentas podem ser desenvolvidas que buscam avaliar como os ambientes acústicos são percebidos, como por exemplo, o uso de modelos preditivos, a serem utilizados no planejamento urbano, que pode auxiliar no direcionamento de soluções e estratégias, visando a alta qualidade da paisagem sonora.
11. O estudo não acarretará nenhuma despesa para você, bem como nenhum tipo de compensação financeira. Caso ocorram gastos adicionais, estes serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa e o participante será ressarcido.
12. Você será indenizado(a) por qualquer dano que venha a sofrer com a sua participação na pesquisa, desde que devidamente comprovado.
13. Esse Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi encaminhado e analisado pelo CEPISH (Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos) que se trata de um órgão colegiado interdisciplinar, deliberativo, consultivo e educativo, vinculado à Universidade Federal de Alagoas, mas independente na tomada de decisões, criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

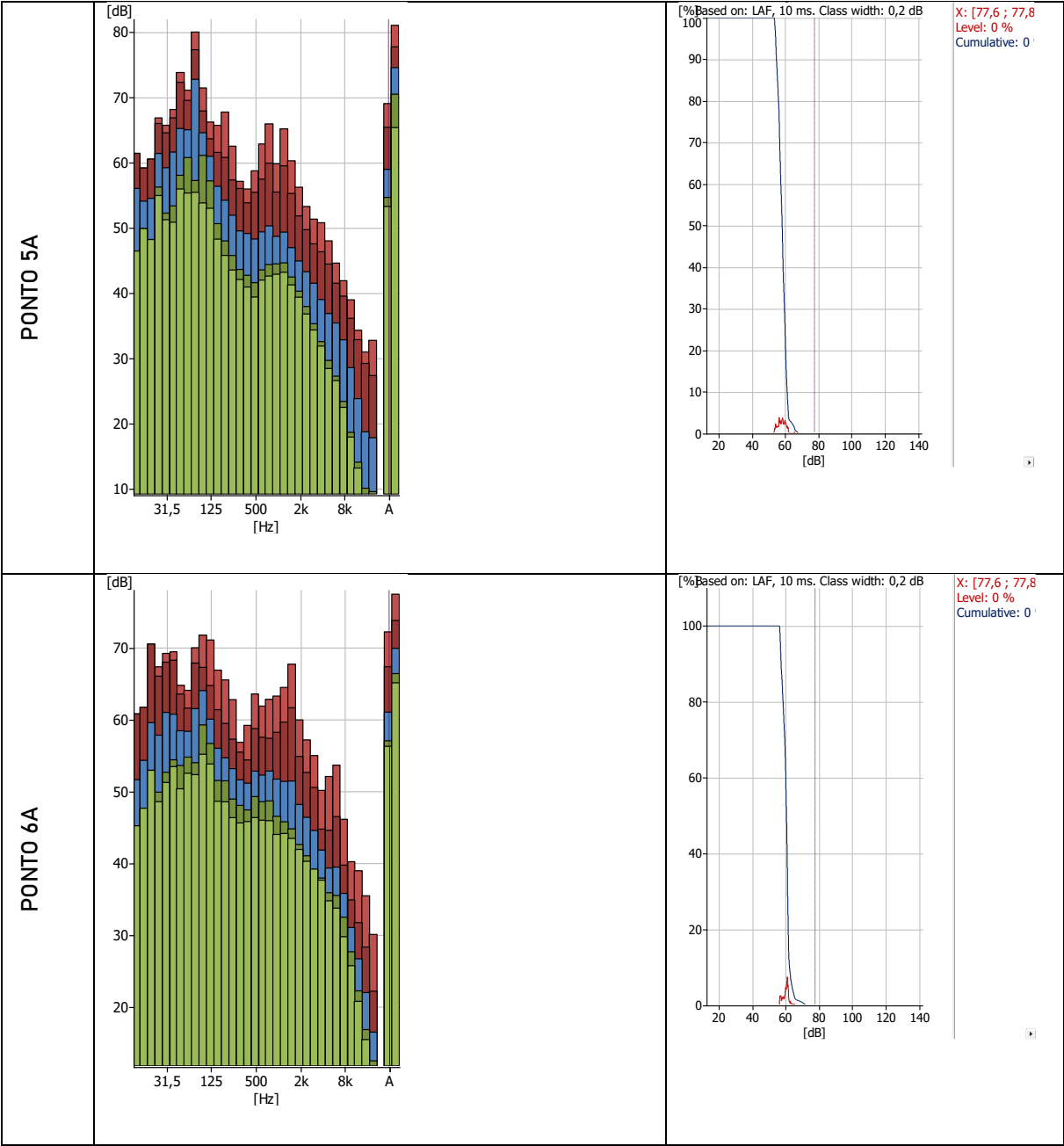
Para participar desta pesquisa é necessário que o respondente esteja ciente e de acordo com tudo o que foi exposto no presente documento. Você receberá uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado.

Eu _____, tendo compreendido perfeitamente tudo o que me foi informado sobre a minha participação no presente estudo e estando consciente dos meus direitos, das minhas responsabilidades, dos riscos e dos benefícios que a minha participação implica, concordo em dele participar e para isso eu **DOU O MEU CONSENTIMENTO SEM QUE PARA ISSO EU TENHA SIDO FORÇADO OU OBRIGADO.**

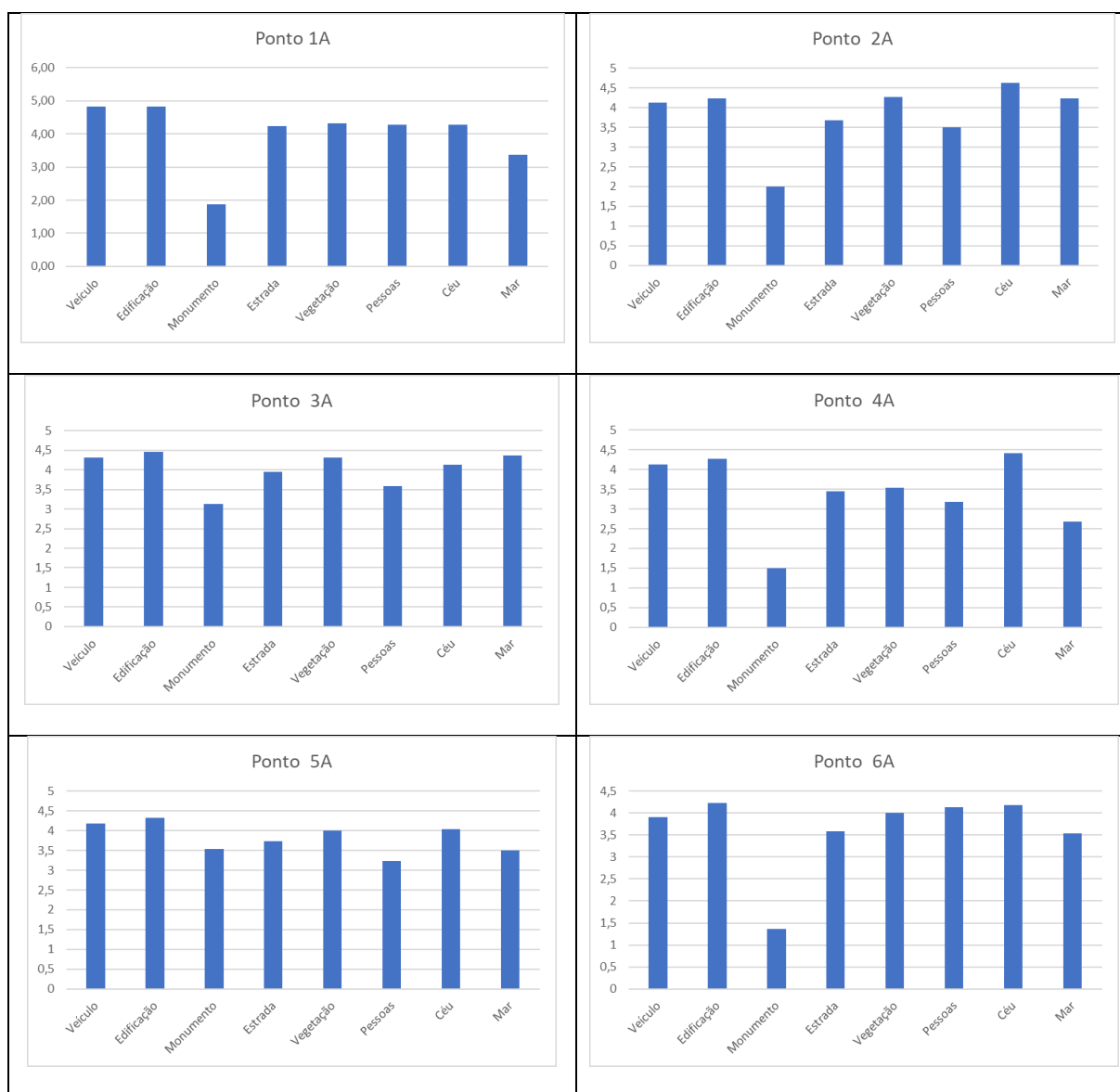
APÊNDICE 2: Espectros das medições acústicas em cada um dos pontos/localizações da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).



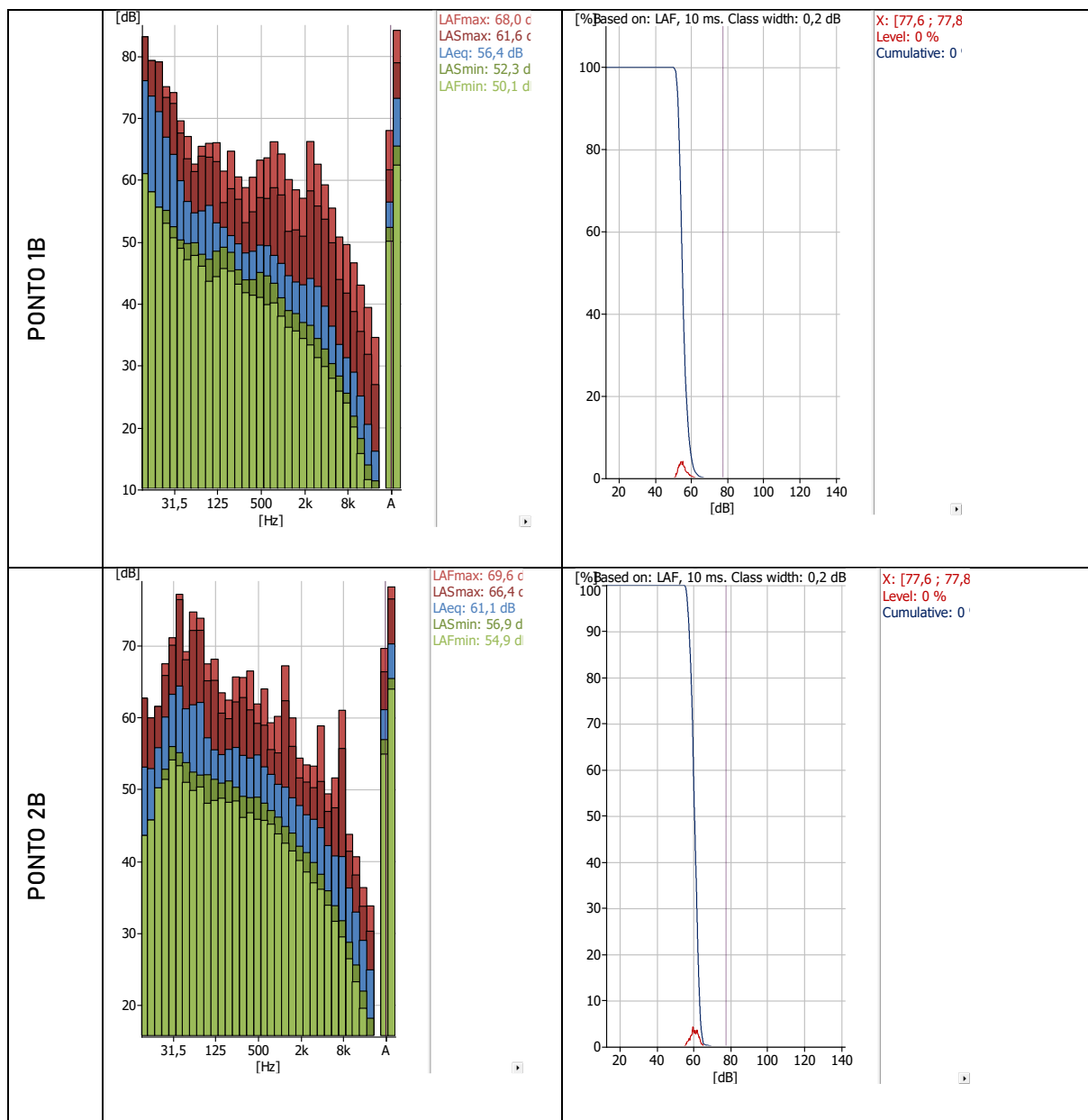


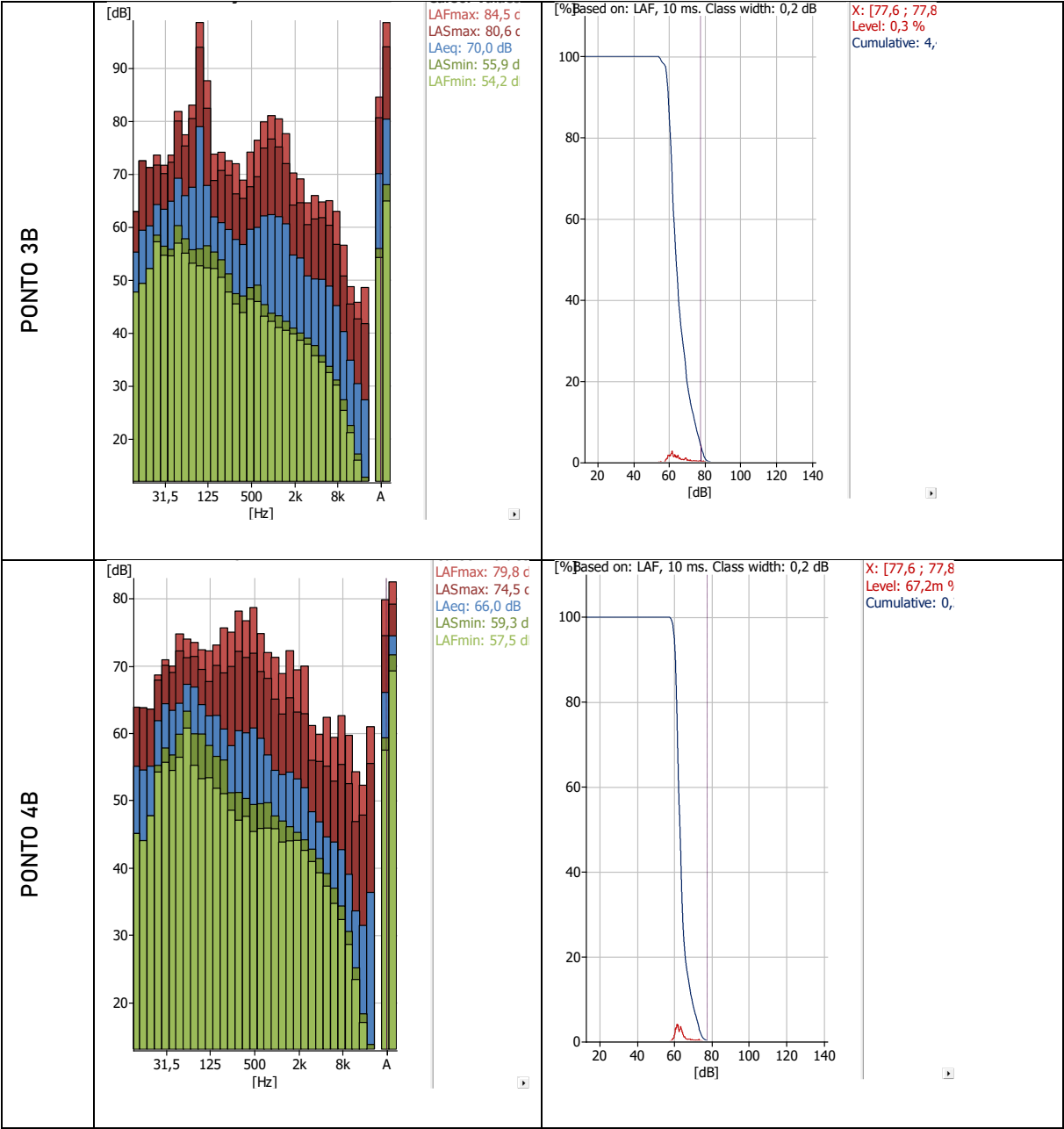


APÊNDICE 3: Aspectos visuais em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 25 de julho de 2022 (CS1).

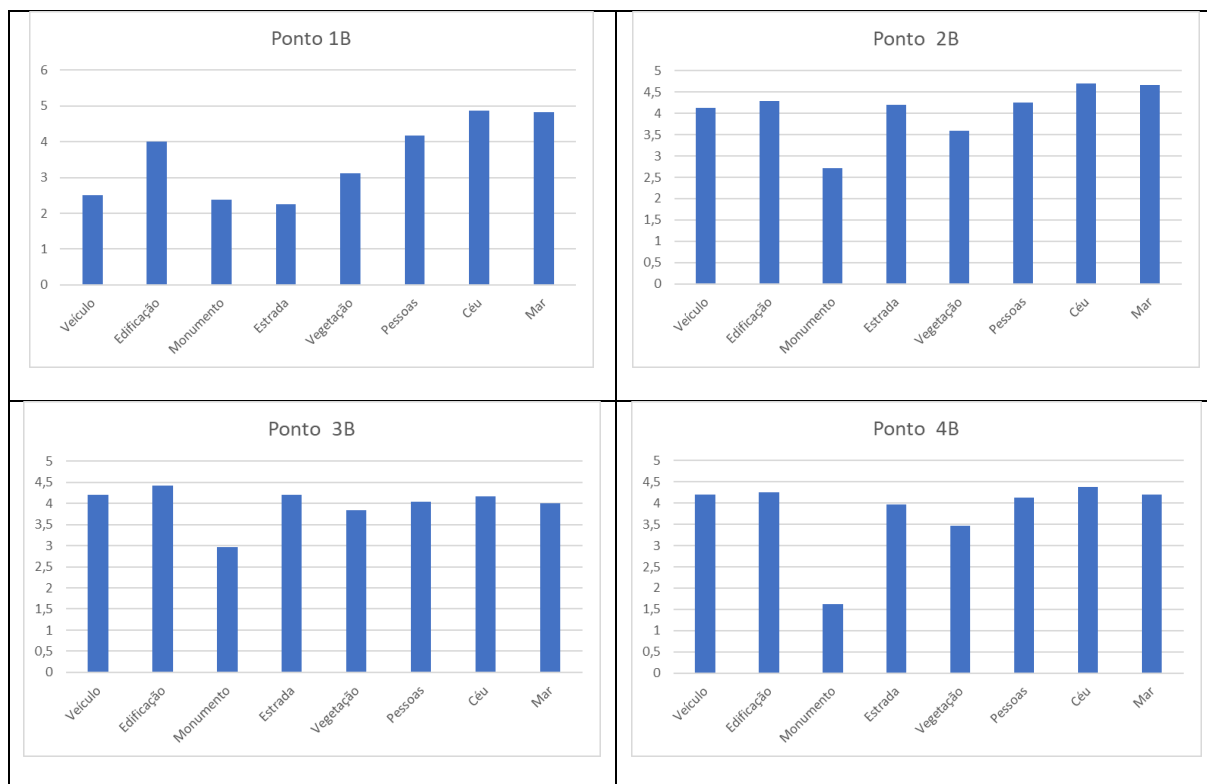


APÊNDICE 4: Espectros das medições acústicas em cada um dos pontos/localizações da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).

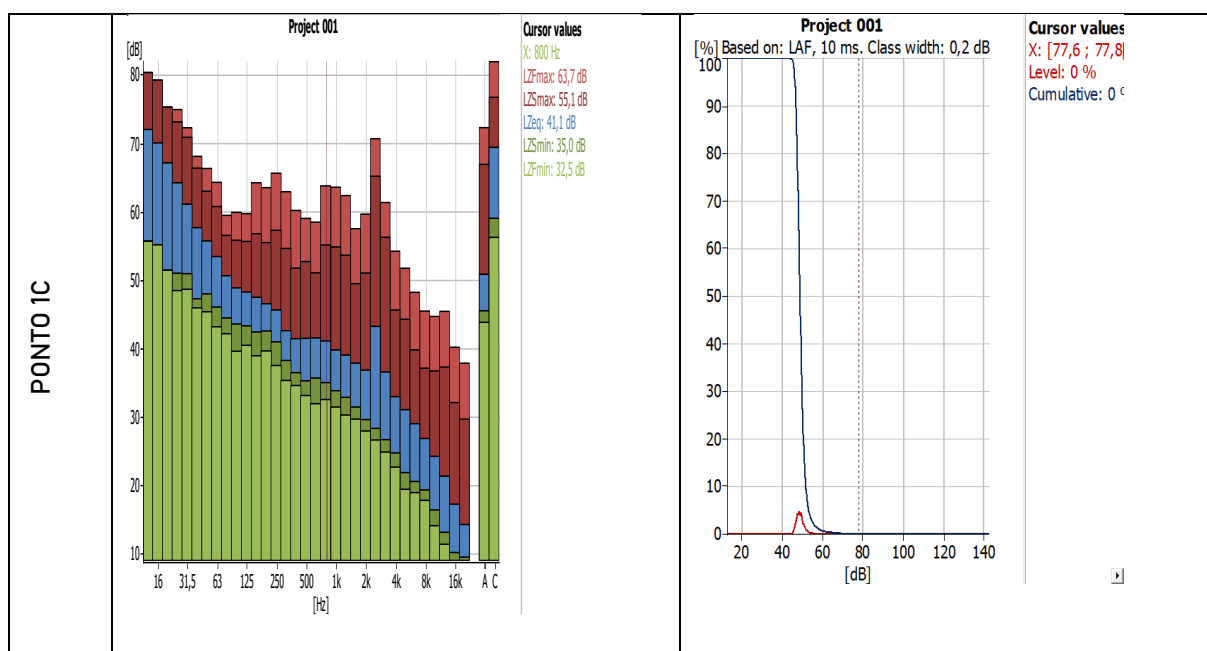


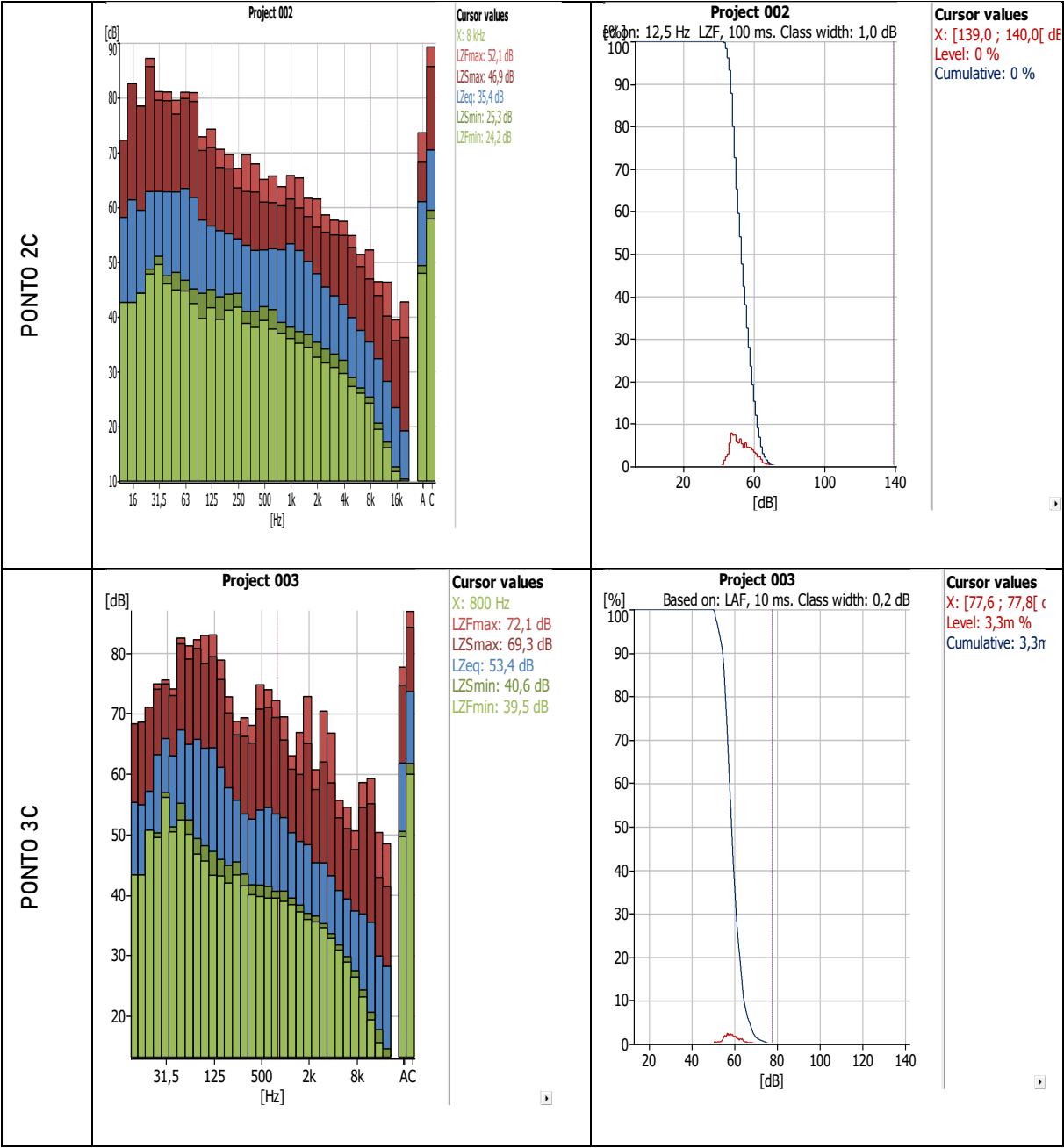


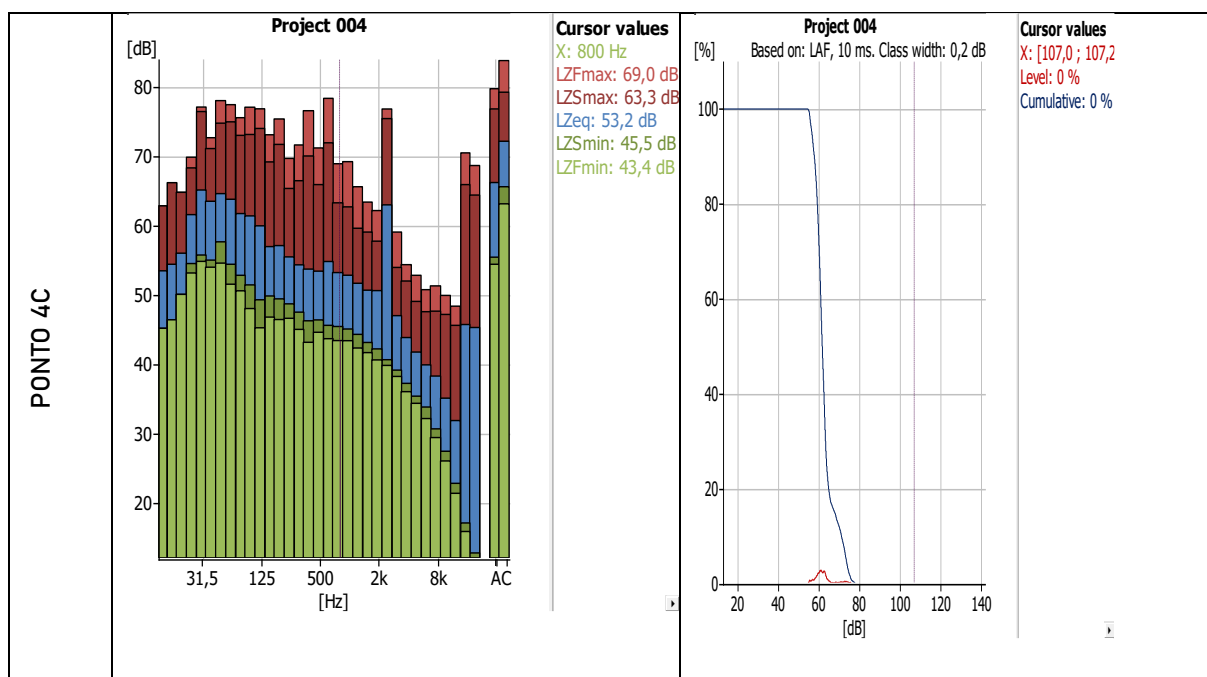
APÊNDICE 5: Aspectos visuais em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 03 de setembro de 2022 (CS2).



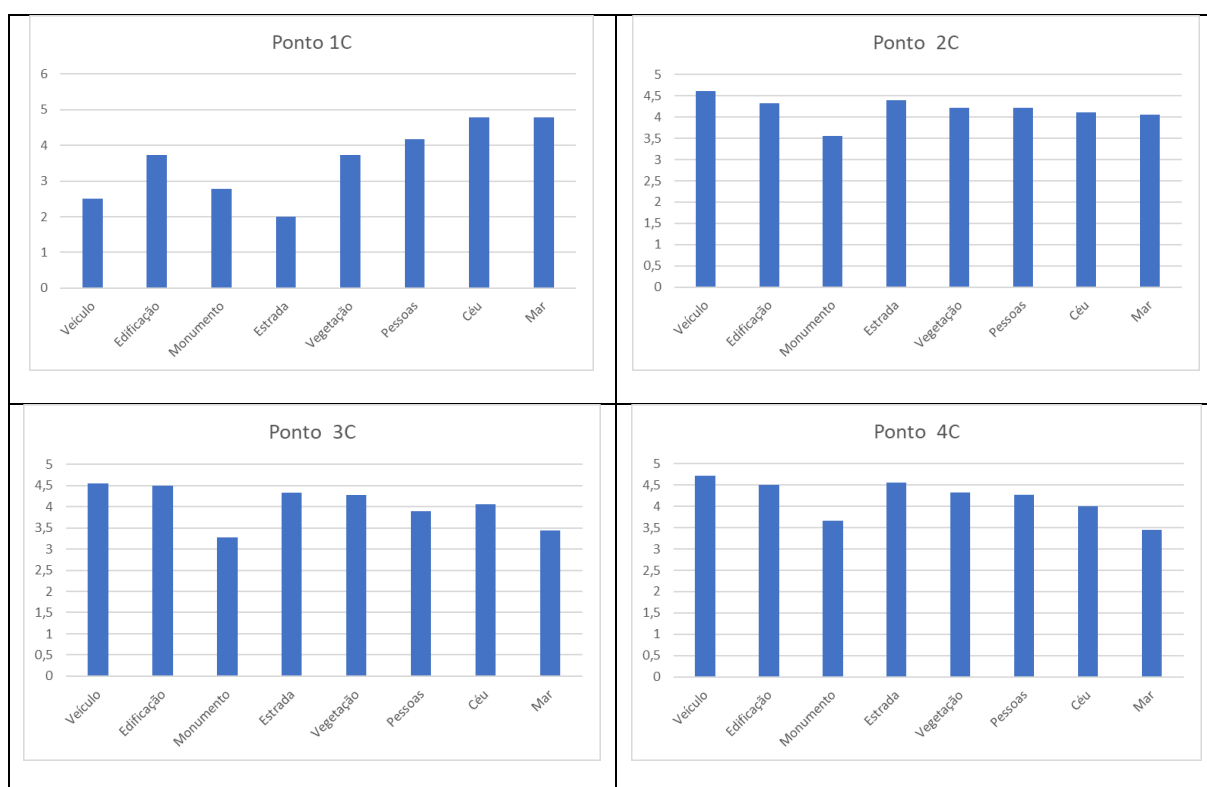
APÊNDICE 6: Espectros das medições acústicas em cada um dos pontos/localizações da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).



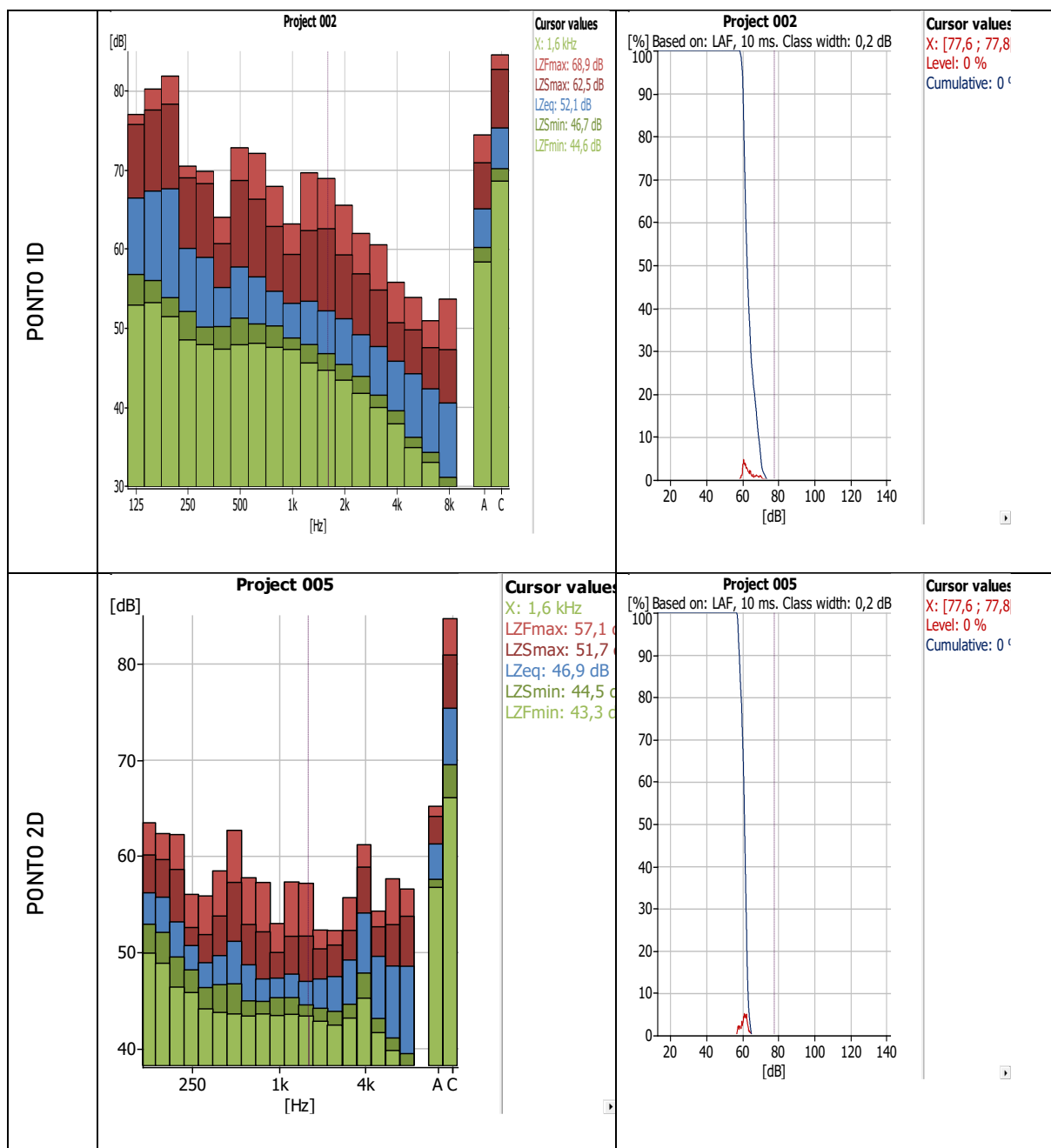


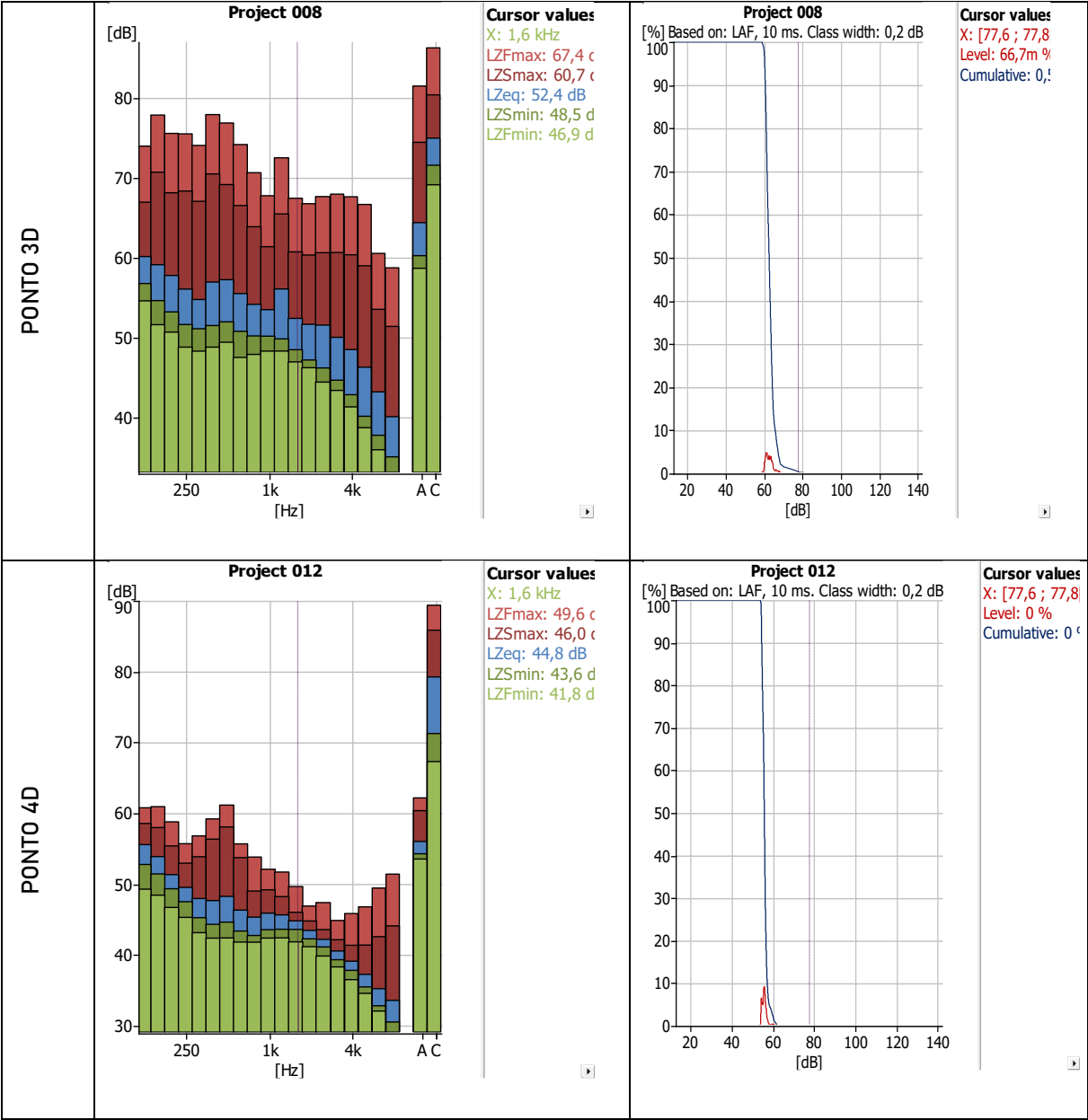


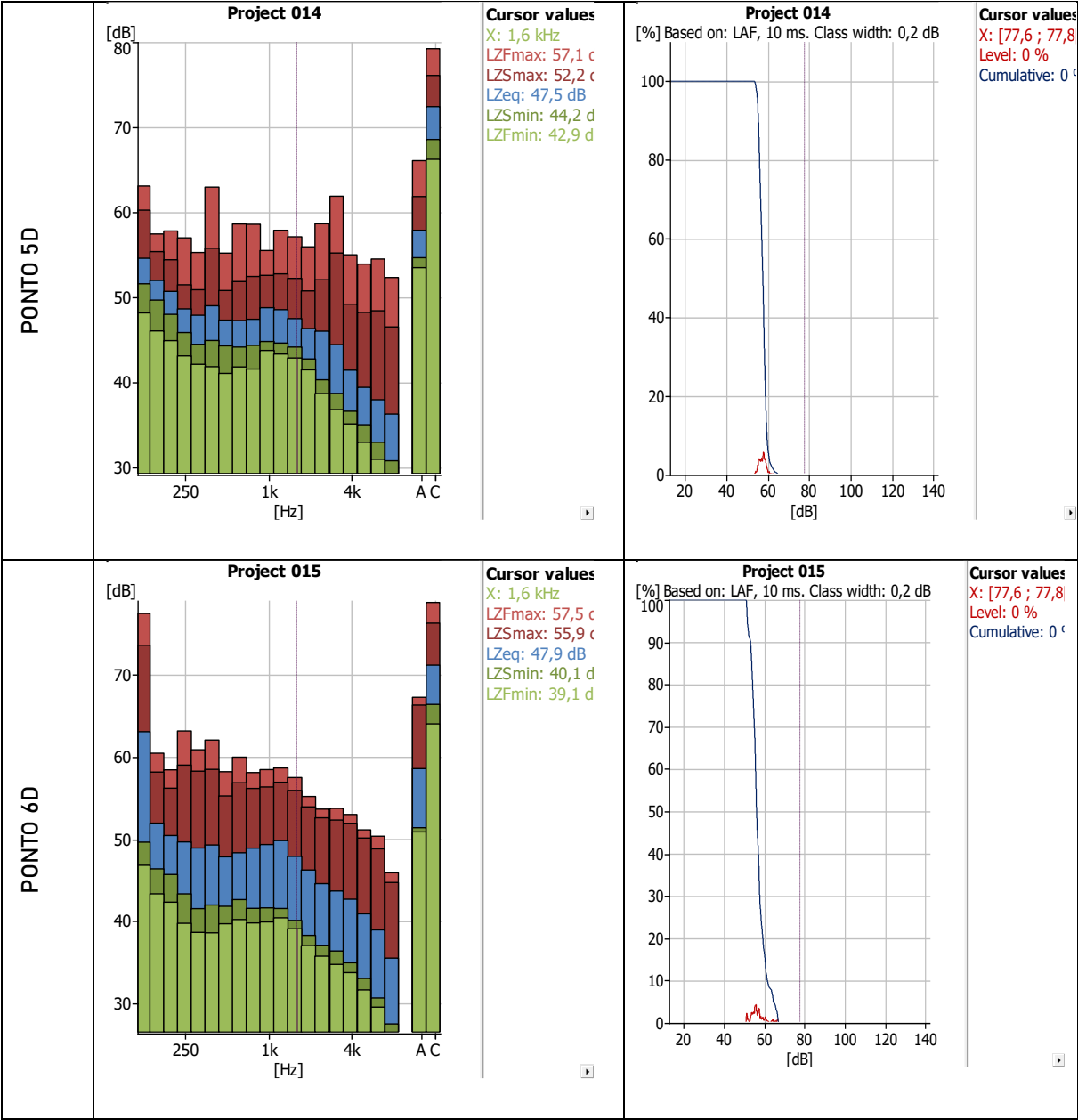
APÊNDICE 7: Aspectos visuais em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 26 de abril de 2023 (CS3).



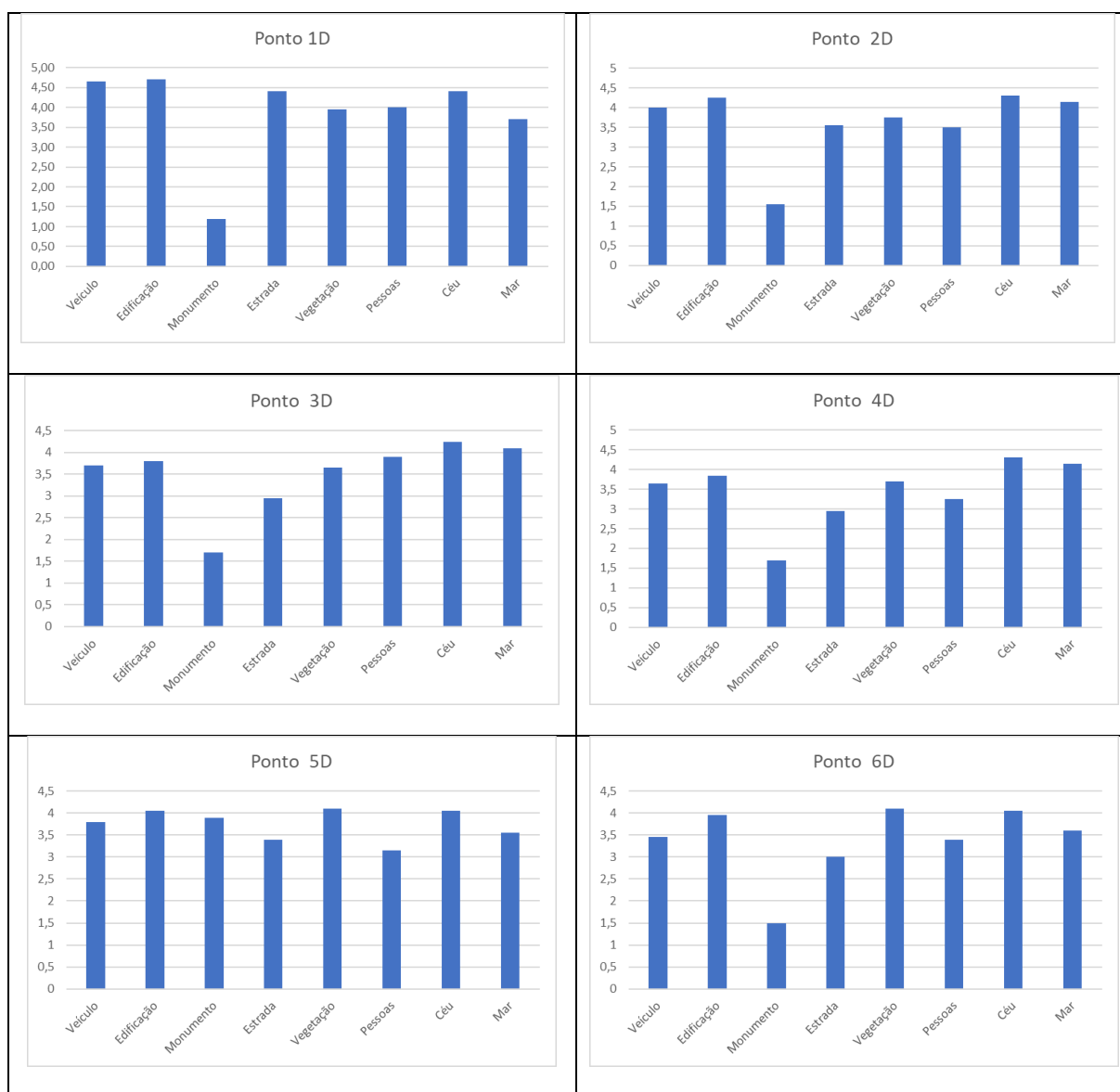
APÊNDICE 8: Espectros das medições acústicas em cada um dos pontos/localizações da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).



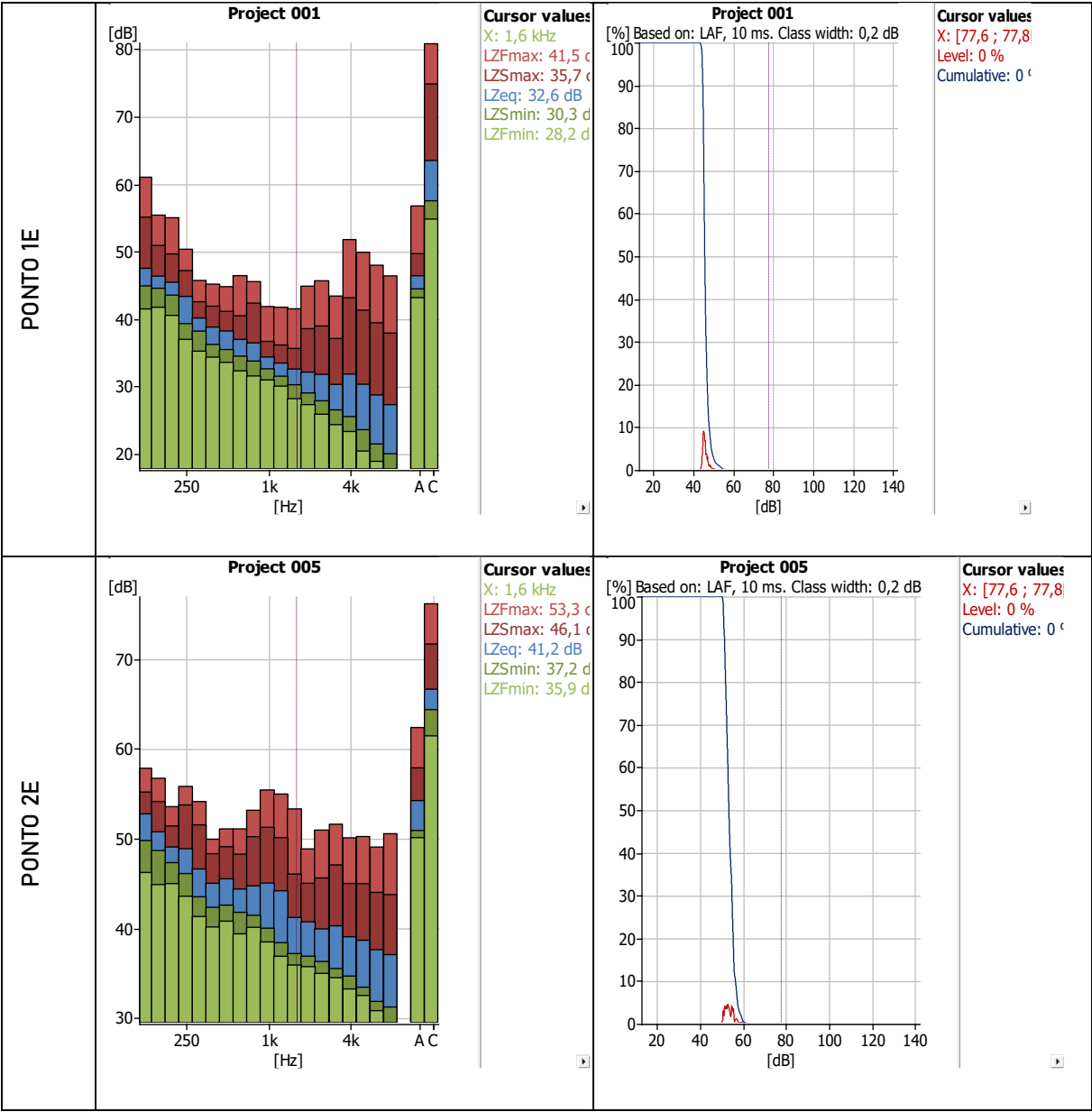


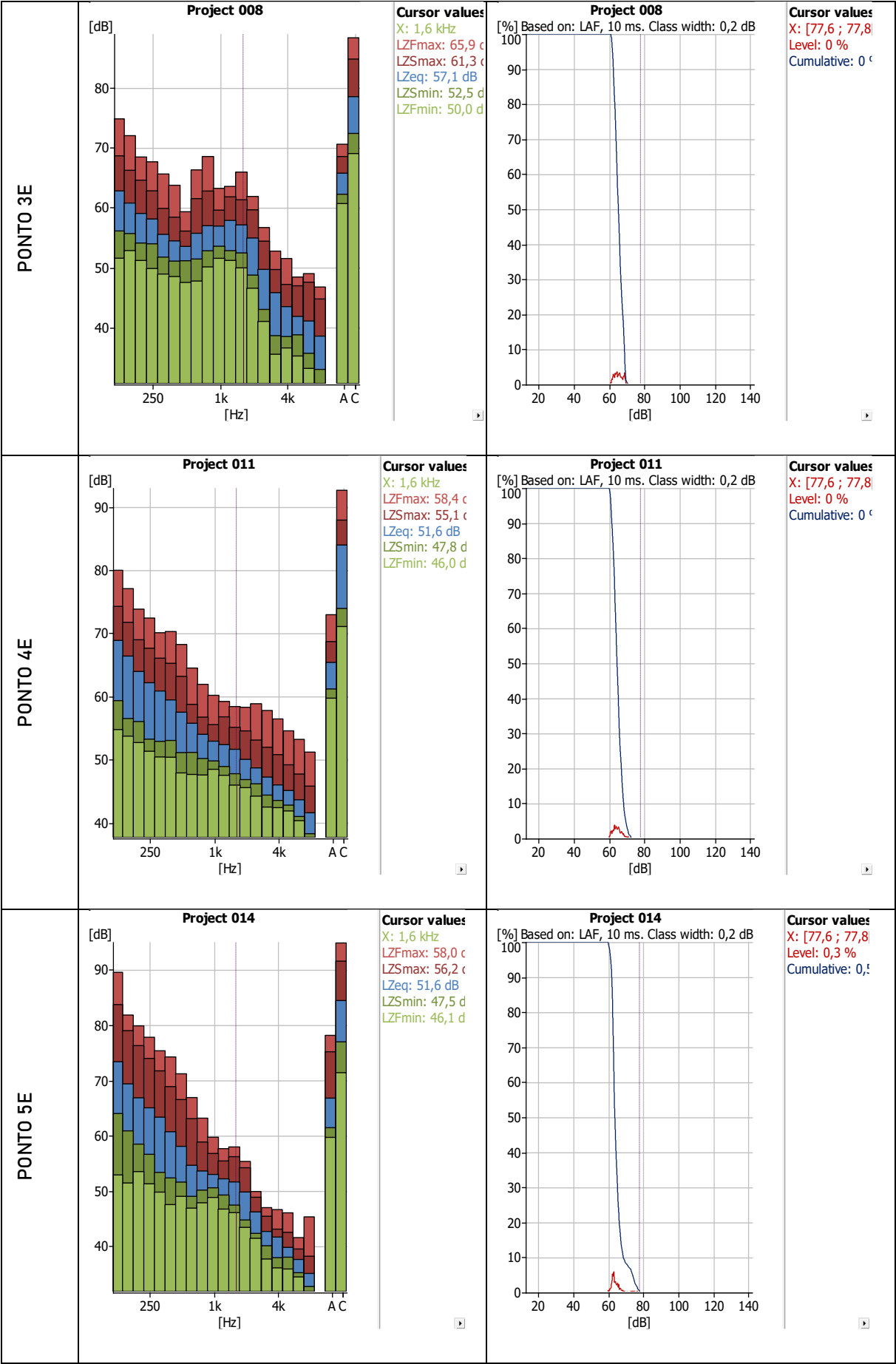


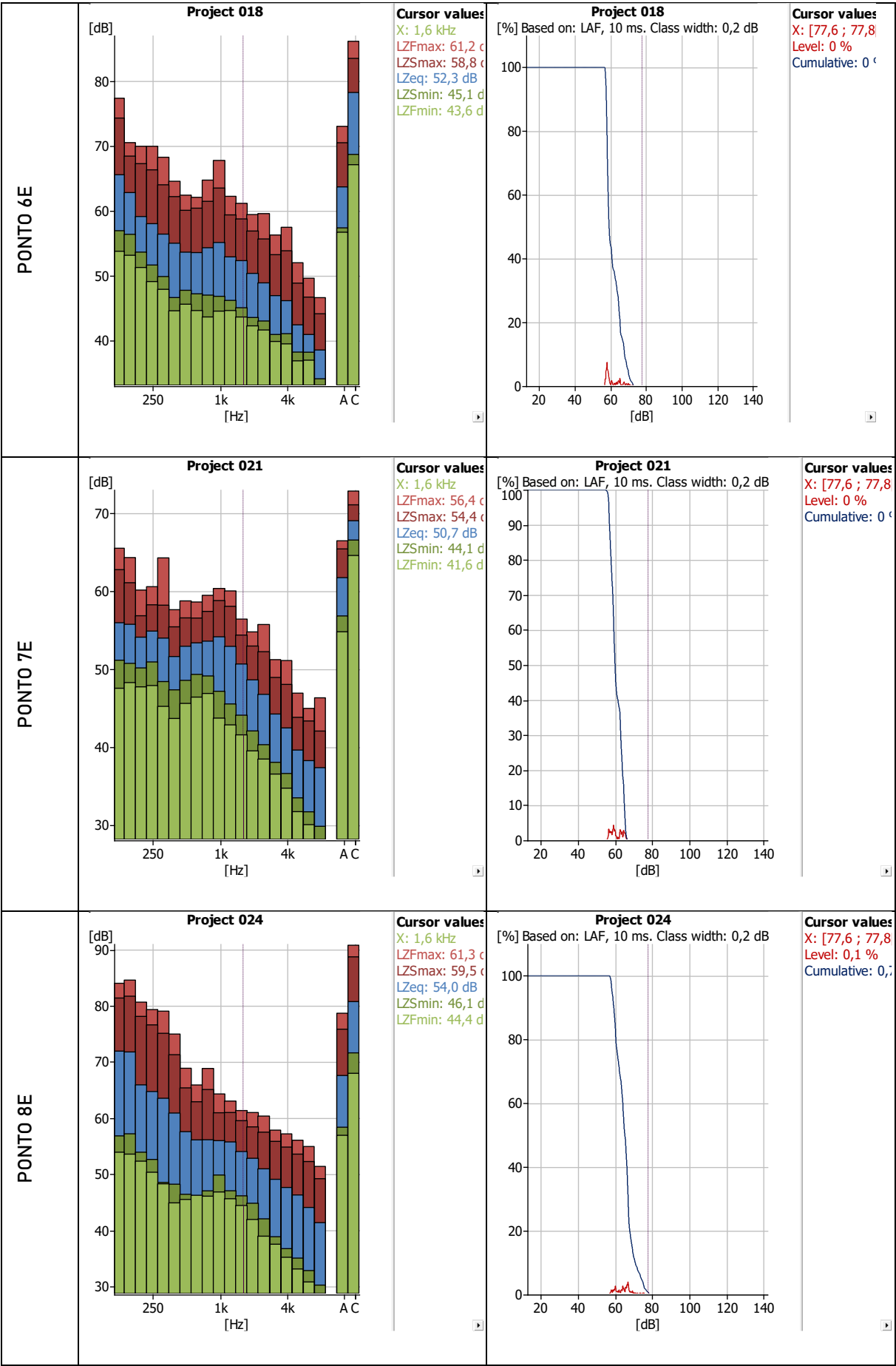
APÊNDICE 9: Aspectos visuais em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 20 de setembro de 2023 (CS4).

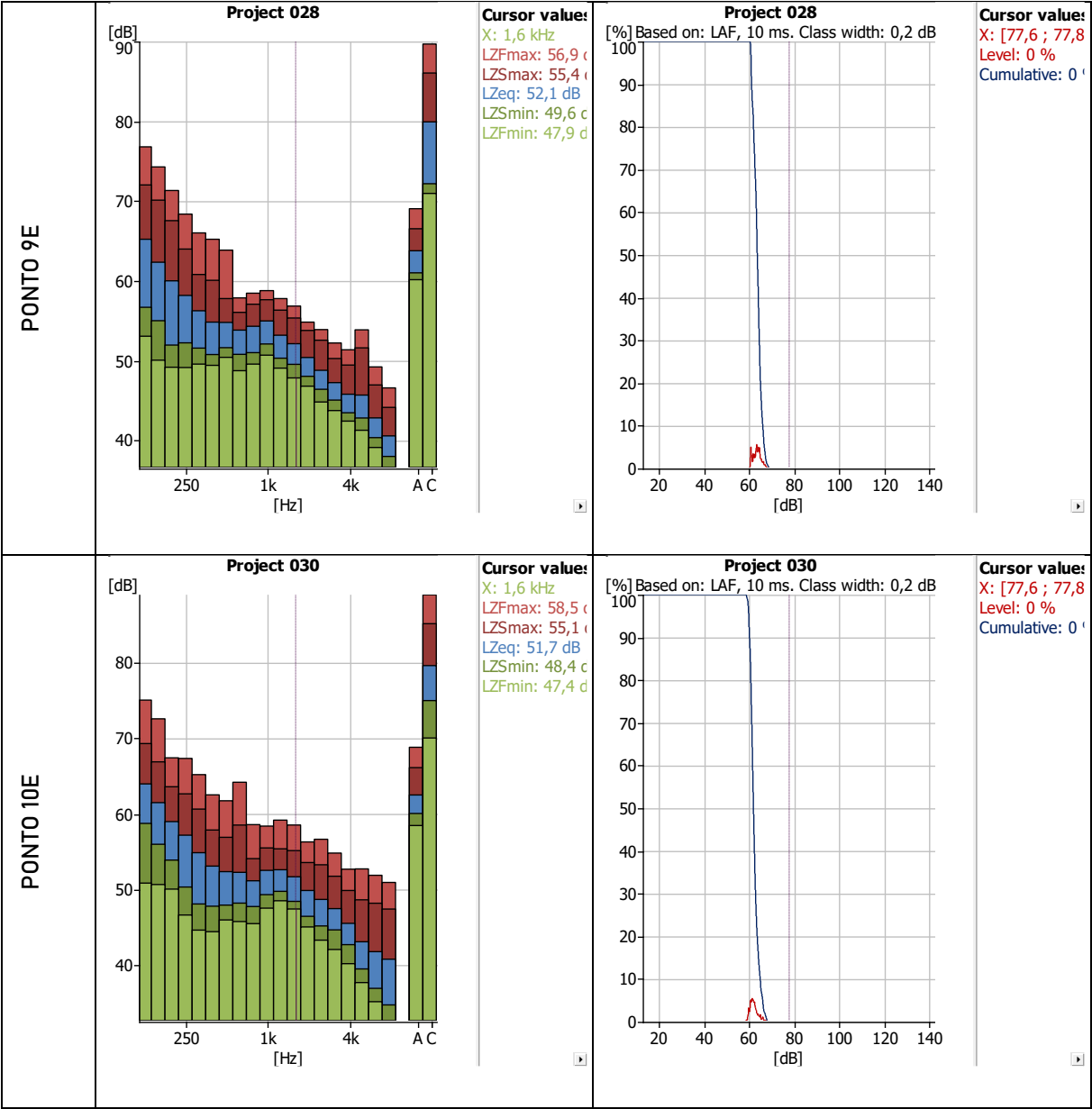


APÊNDICE 10: Espectros das medições acústicas em cada um dos pontos/localizações da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).



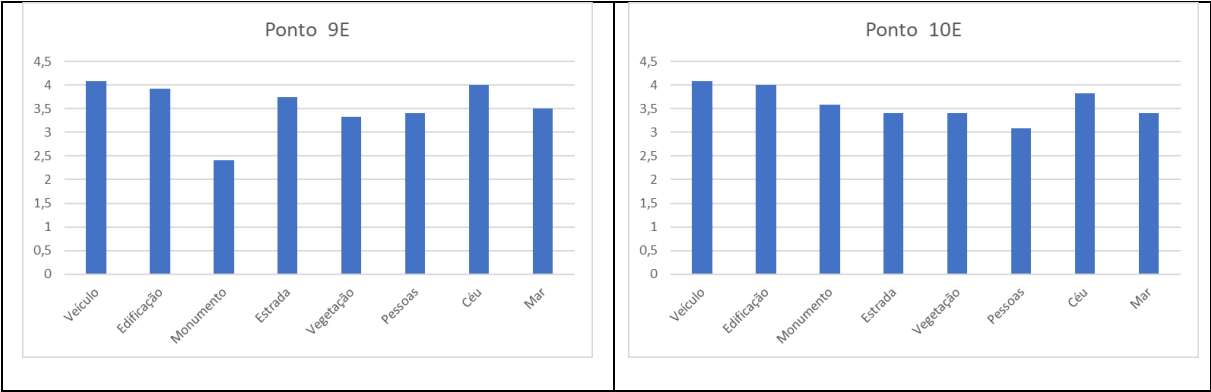




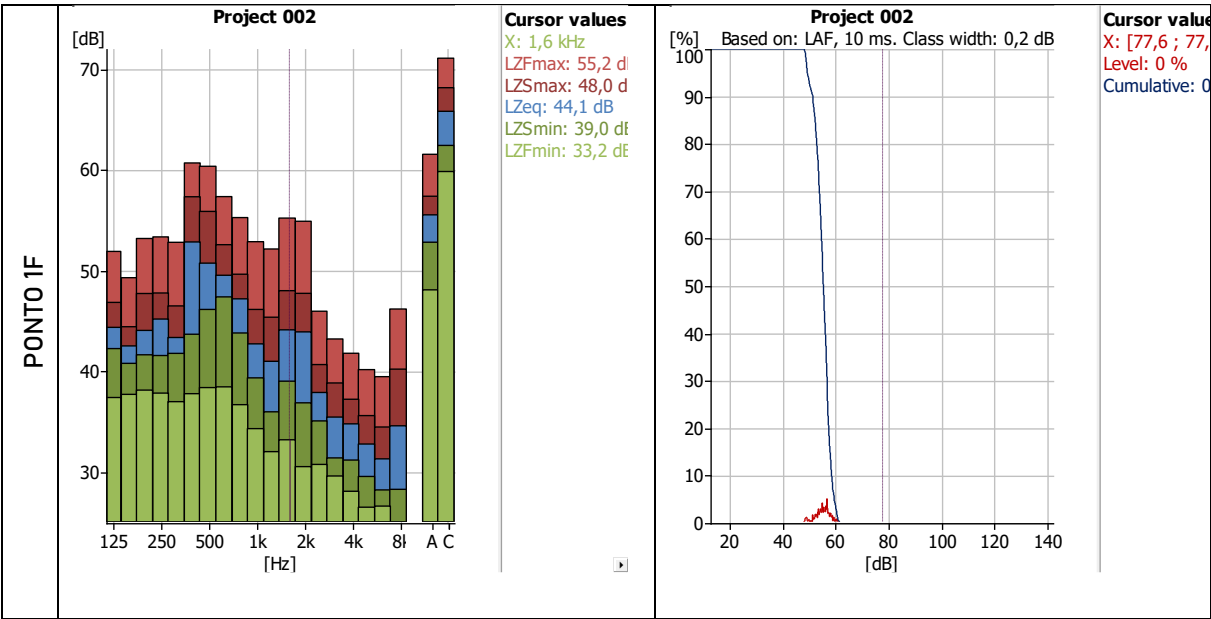


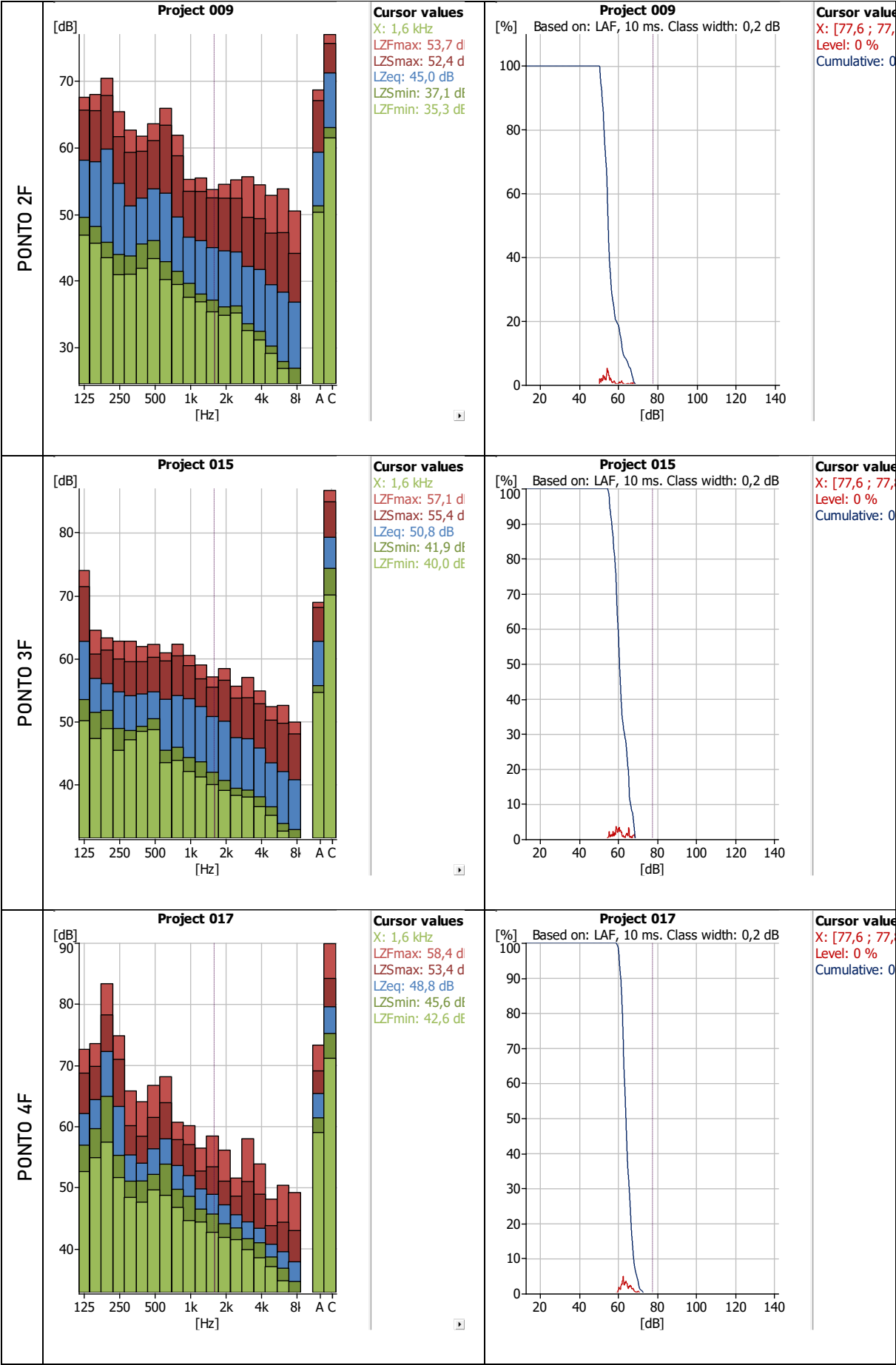
APÊNDICE 11: Aspectos visuais em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 24 de fevereiro de 2024 (CS5).

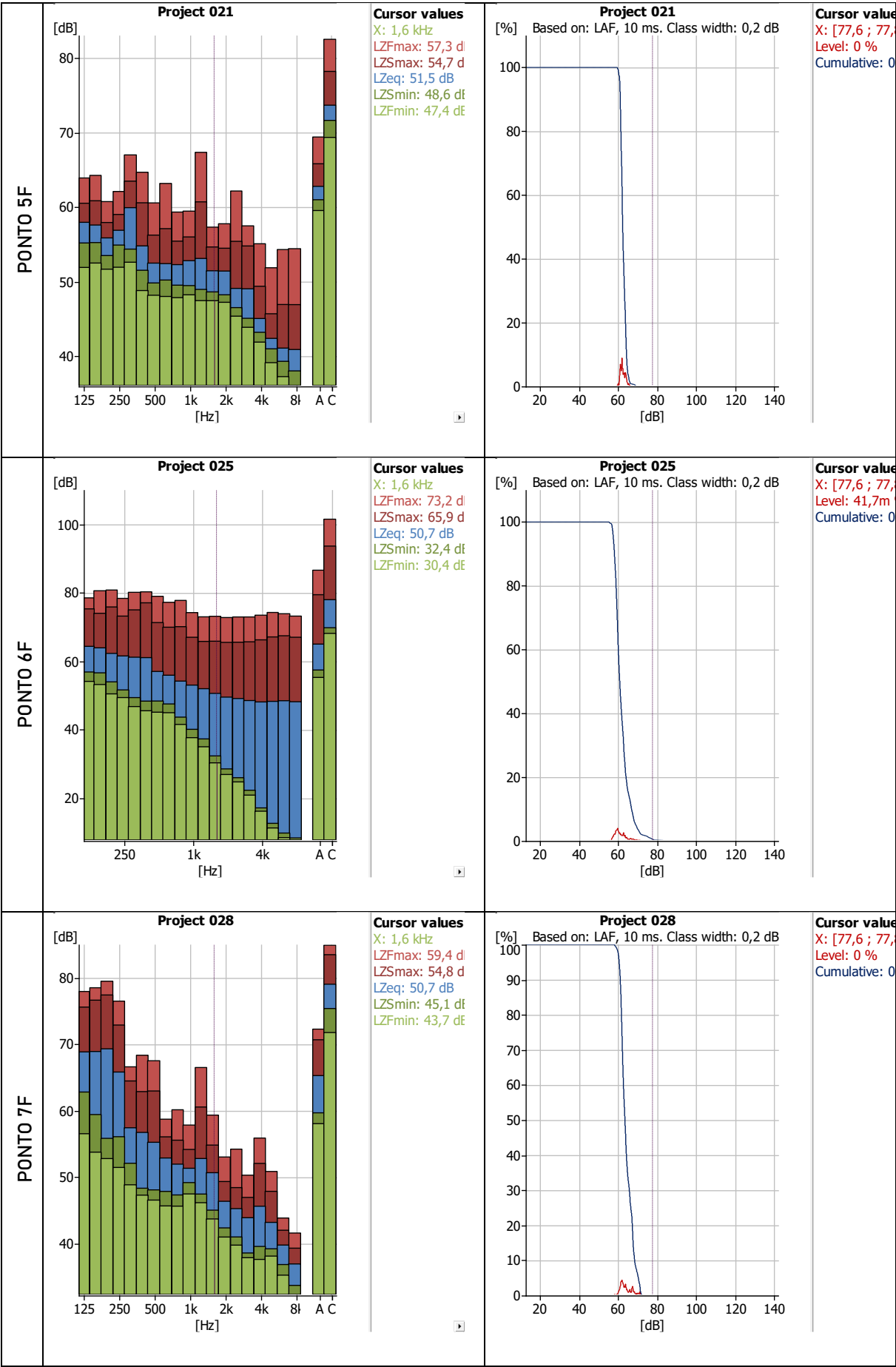


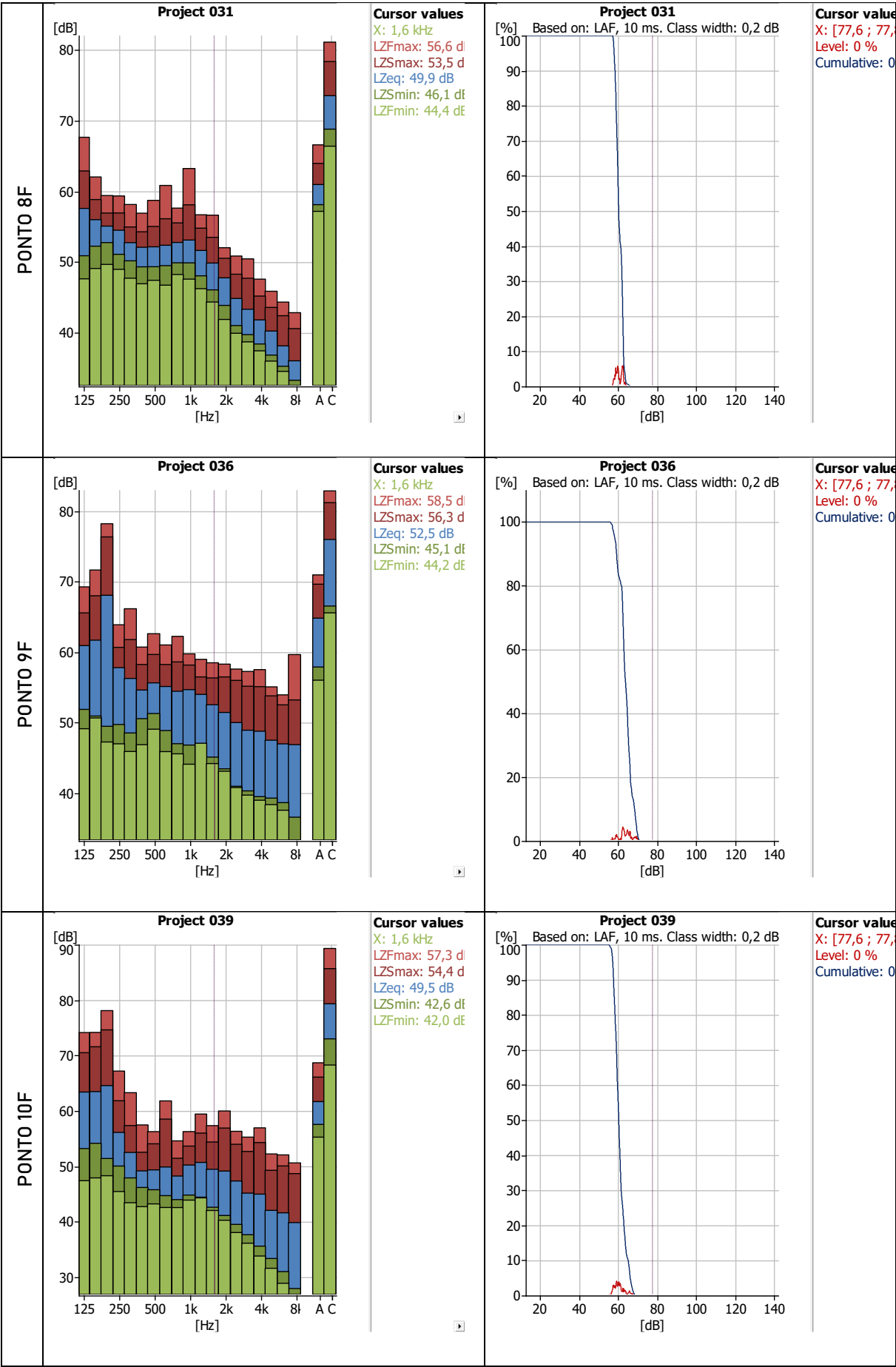


APÊNDICE 12: Espectros das medições acústicas em cada um dos pontos/localizações da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).

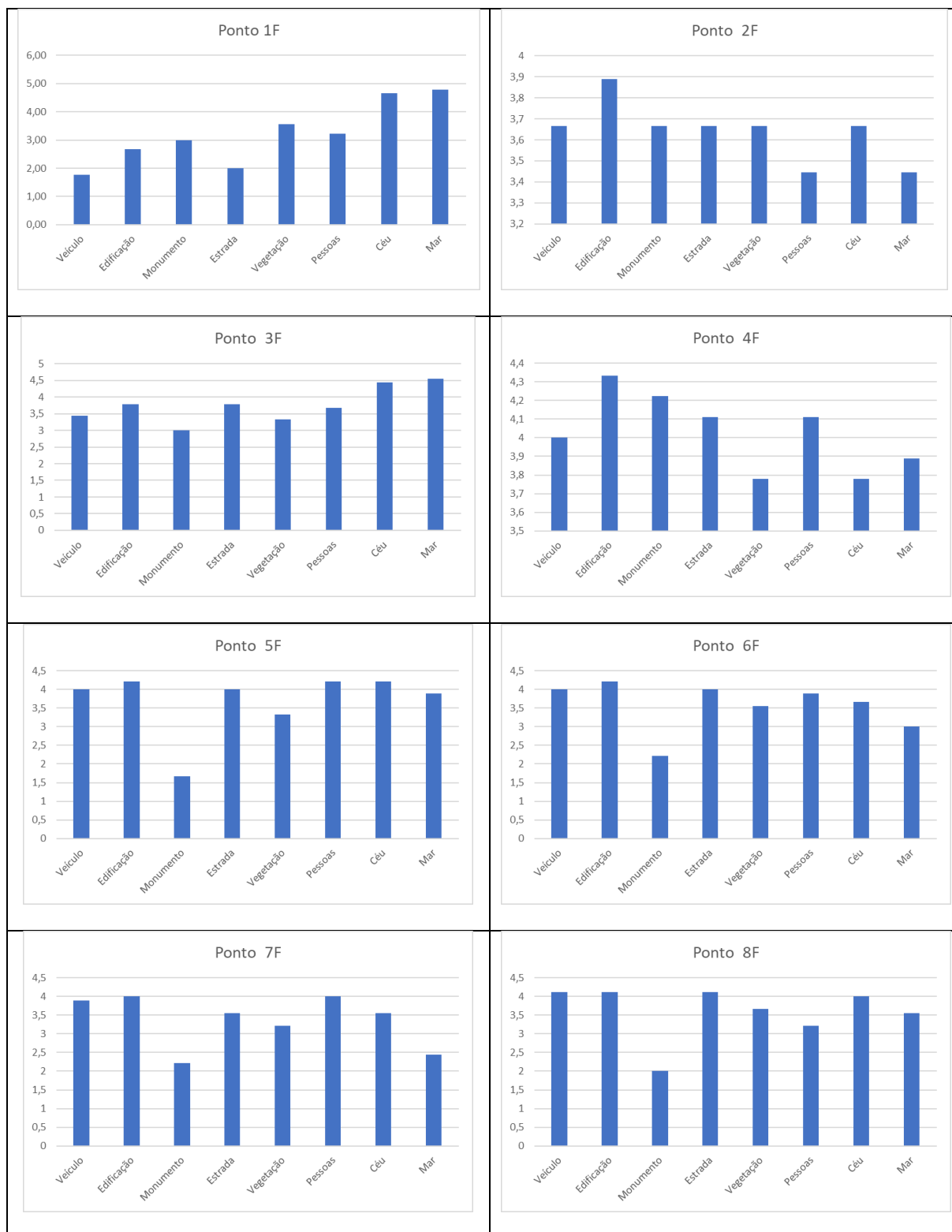


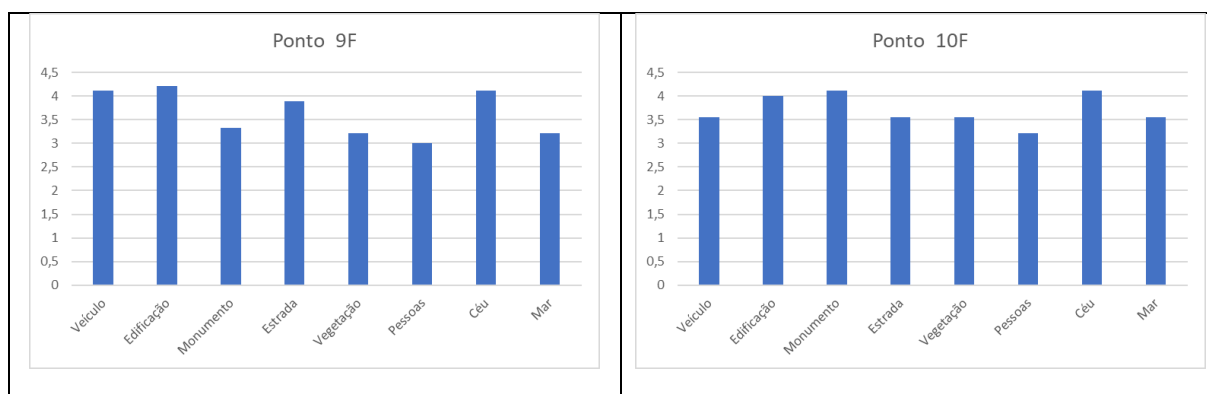






APÊNDICE 13: Aspectos visuais em cada ponto/localização da caminhada sonora do dia 16 de março de 2024 (CS6).





APÊNDICE 14: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico
Ponto 1: “Marco dos Corais”.

1. MARCO DOS CORAIS							
Pontos (Código)	IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES SONORAS	QUALIDADE AFETIVA PERCEBIDA	AVALIAÇÃO x ADEQUAÇÃO DO AMBIENTE SONORO AO LOCAL	BARULHENTO x DESAGRADÁVEL x FREQUÊNCIA COM QUE O PARTICIPANTE GOSTARIA DE VISITAR O LOCAL	ASPECTOS VISUAIS	DADOS ACÚSTICOS	DADOS AMBIENTAIS
1B	37% sons geofônicos 22% sons humanos	Agradável e tranquilo	4,29 avaliação 4,21 adequação	2,00 barulhento 1,25 desagradável 4,00 frequência	4,87 Visualização do céu 4,83 Visualização do mar	56,4 L_{Aeq} 68,0 L_{Amax}	Temperatura 28,6°C, Umidade 68,6%, Velocidade do vento: 4m/s.
1C	33% sons geofônicos 24% sons humanos	Agradável e tranquilo	4,39 avaliação 4,38 adequação	1,94 barulhento 1,22 desagradável 4,22 frequência	4,78 Visualização do mar 4,78 Visualização do céu	50,8 L_{Aeq} 72,2 L_{Amax}	Temperatura 29,5°C, Umidade 77,2%, Velocidade do vento: 3,2 m/s.
1E	39% sons geofônicos 18% sons de tráfego	Agradável e tranquilo	4,67 avaliação 4,42 adequação	1,33 barulhento 1,17 desagradável 4,25 frequência	4,83 Visualização do mar 4,75 Visualização do céu	46,4 L_{Aeq} 56,8 L_{Amax}	Temperatura 32,9°C, Umidade 67,9%, Velocidade do vento: 1,6 m/s.
1F	39% sons geofônicos 19% sons humanos	Agradável e tranquilo	4,78 avaliação 4,22 adequação	1,33 barulhento 1,11 desagradável 4,56 frequência	4,78 Visualização do mar 4,67 Visualização do céu	55,6 L_{Aeq} 61,6 L_{Amax}	Temperatura 31,8°C, Umidade 70,2%, Velocidade do vento: 1,8 m/s.

APÊNDICE 15: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico
Ponto 2: “Praça Gogó da Ema”.

2. PRAÇA GOGÓ DA EMA							
Pontos (Código)	IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES SONORAS	QUALIDADE AFETIVA PERCEBIDA	AVALIAÇÃO x ADEQUAÇÃO DO AMBIENTE SONORO AO LOCAL	BARULHENTO x DESAGRADÁVEL x FREQUÊNCIA COM QUE O PARTICIPANTE GOSTARIA DE VISITAR O LOCAL	ASPECTOS VISUAIS	DADOS ACÚSTICOS	DADOS AMBIENTAIS
2C	34% sons de tráfego 19% sons geofônicos	Agitado	2,94 avaliação 2,72 adequação	3,22 barulhento 2,39 desagradável 2,55 frequência	4,61 Visualização veículos 4,38 Visualização de estradas	61,0 L_{Aeq} 73,5 L_{Amax}	Temperatura: 29,3°C, Umidade: 77,4%, Velocidade do vento: 3,0 m/s
2E	29% sons de tráfego 25% sons geofônicos	Agradável	3,75 avaliação 2,92 adequação	2,25 barulhento 1,50 desagradável 3,42 frequência	4,00 Visualização edificação 4,00 Visualização de céu	54,2 L_{Aeq} 62,4 L_{Amax}	Temperatura: 36,1°C, Umidade: 60,3%, Velocidade do vento: 1,4 m/s
2F	31% sons de tráfego 21% sons geofônicos	Agitado	3,22 avaliação 3,23 adequação	2,33 barulhento 2,33 desagradável 3,44 frequência	3,88 Visualização edificação 3,66 Visualização veículos	59,3 L_{Aeq} 68,6 L_{Amax}	Temperatura: 33,2°C, Umidade 67,7%, Velocidade do vento: 3,0 m/s

APÊNDICE 16: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico
Ponto 3: “Totem Eu amo Maceió”.

3. TOTEM “EU AMO MACEIÓ”							
Pontos (Código)	IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES SONORAS	QUALIDADE AFETIVA PERCEBIDA	AVALIAÇÃO x ADEQUAÇÃO DO AMBIENTE SONORO AO LOCAL	BARULHENTO x DESAGRADÁVEL x FREQUÊNCIA COM QUE O PARTICIPANTE GOSTARIA DE VISITAR O LOCAL	ASPECTOS VISUAIS	DADOS ACÚSTICOS	DADOS AMBIENTAIS
2B	31% sons geofônicos 27% sons de tráfego	Animado	3,67 avaliação 3,42 adequação	2,50 barulhento 1,79 desagradável 3,50 frequência	4,67 Visualização mar 4,12 Visualização veículos	61,1 L_{Aeq} 61,2 L_{Amax}	Temperatura: 33,1°C, Umidade: 62,8%, Velocidade do vento: 2,6 m/s
3C	37% sons de tráfego 21% sons geofônicos	Caótico	3,00 avaliação 2,89 adequação	3,06 barulhento 2,56 desagradável 2,39 frequência	3,44 Visualização mar 4,56 Visualização veículos	61,8 L_{Aeq} 77,6 L_{Amax}	Temperatura: 29,1°C, Umidade: 80,5%, Velocidade do vento: 3,4 m/s

3E	27% sons de tráfego 26% sons geofônicos	Animado	2,75 avaliação 3,17 adequação	2,75 barulhento 2,25 desagradável 3,25 frequência	4,42 Visualização mar 4,00 Visualização veículos	65,8 L_{Aeq} 70,6 L_{Amax}	Temperatura: 34,3,1°C, Umidade: 65,7%, Velocidade do vento: 1,7 m/s
3F	37% sons geofônicos 23% sons de tráfego	Agradável	4,11 avaliação 3,67 adequação	1,78 barulhento 1,33 desagradável 4,11 frequência	4,56 Visualização mar 4,00 Visualização veículos	62,7 L_{Aeq} 68,9 L_{Amax}	Temperatura: 33,5°C, Umidade: 67,7%, Velocidade do vento: 1,6 m/s

APÊNDICE 17: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico
Ponto 4: “Cadeira Gigante”.

4. CADEIRA GIGANTE							
Pontos (Código)	IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES SONORAS	QUALIDADE AFETIVA PERCEBIDA	AVALIAÇÃO x ADEQUAÇÃO DO AMBIENTE SONORO AO LOCAL	BARULHENTO x DESAGRADÁVEL x FREQUÊNCIA COM QUE O PARTICIPANTE GOSTARIA DE VISITAR O LOCAL	ASPECTOS VISUAIS	DADOS ACÚSTICOS	DADOS AMBIENTAIS
3B	23% sons de tráfego 20% sons humanos	Agitado	2,79 avaliação 2,71 adequação	3,04 barulhento 2,50 desagradável 2,67 frequência	4,00 Visualização mar 4,21 Visualização veículo	70,0 L_{Aeq} 84,5 L_{Amax}	Temperatura 28,0°C, Umidade 73,6%, Velocidade do vento: 5,0 m/s
4C	34% sons de tráfego 20% sons humanos	Agitado	2,67 avaliação 2,39 adequação	3,06 barulhento 2,61 desagradável 2,44 frequência	3,44 Visualização mar 4,73 Visualização veículo	66,2 L_{Aeq} 79,8 L_{Amax}	Temperatura 29,2°C, Umidade 78,4%, Velocidade do vento: 3,7 m/s
4E	30% sons de tráfego 23% sons geofônicos	Agitado e animado	2,92 avaliação 2,58 adequação	2,83 barulhento 2,50 desagradável 2,92 frequência	3,33 Visualização mar 4,17 Visualização veículo	65,4 L_{Aeq} 73,0 L_{Amax}	Temperatura 33,0°C, Umidade 63,8%, Velocidade do vento: 1,8 m/s
4F	26% sons de tráfego 26% sons humanos	Agitado	3,00 avaliação 2,89 adequação	3,11 barulhento 2,44 desagradável 2,67 frequência	3,89 Visualização mar 4,00 Visualização veículo	65,3 L_{Aeq} 73,3 L_{Amax}	Temperatura 33,8°C, Umidade 66,2%, Velocidade do vento: 1,3 m/s

APÊNDICE 18: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico
Ponto 5: “Entre bares Lopana e Kanoa”.

5. ENTRE BARES LOPANA E KANOA							
Pontos (Código)	IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES SONORAS	QUALIDADE AFETIVA PERCEBIDA	AVALIAÇÃO x ADEQUAÇÃO DO AMBIENTE SONORO AO LOCAL	BARULHENTO x DESAGRADÁVEL x FREQUÊNCIA COM QUE O PARTICIPANTE GOSTARIA DE VISITAR O LOCAL	ASPECTOS VISUAIS	DADOS ACÚSTICOS	DADOS AMBIENTAIS
4B	34% sons de tráfego 21% sons humanos	Aagitado e animado	2,95 avaliação 2,83 adequação	3,08 barulhento 2,25 desagradável 2,96 frequência	4,20 Visualização mar 4,21 Visualização veículo	66,0 L_{Aeq} 79,8 $L_{A_{fmax}}$	Temperatura 30,5°C, Umidade 64,7%, Velocidade do vento: 2,0 m/s
5E	27% sons de tráfego 26% sons geofônicos	Animado	3,17 avaliação 3,08 adequação	2,42 barulhento 2,08 desagradável 3,17 frequência	4,42 Visualização mar 4,08 Visualização veículo	66,8 L_{Aeq} 78,1 $L_{A_{fmax}}$	Temperatura 33,1°C, Umidade 67,4%, Velocidade do vento: 2,3 m/s
5F	30% sons geofônicos 26% sons humanos	Aagitado	2,89 avaliação 2,89 adequação	2,89 barulhento 2,56 desagradável 2,67 frequência	3,89 Visualização mar 4,00 Visualização veículo	62,8 L_{Aeq} 69,4 $L_{A_{fmax}}$	Temperatura 35,6°C, Umidade 60,9%, Velocidade do vento: 1,5 m/s

APÊNDICE 19: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico
Ponto 6: “Parquinho Infantil”.

6. PARQUINHO INFANTIL							
Pontos (Código)	IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES SONORAS	QUALIDADE AFETIVA PERCEBIDA	AVALIAÇÃO x ADEQUAÇÃO DO AMBIENTE SONORO AO LOCAL	BARULHENTO x DESAGRADÁVEL x FREQUÊNCIA COM QUE O PARTICIPANTE GOSTARIA DE VISITAR O LOCAL	ASPECTOS VISUAIS	DADOS ACÚSTICOS	DADOS AMBIENTAIS
6E	29% sons de tráfego 23% sons geofônicos	Aagitado e animado	3,00 avaliação 2,75 adequação	2,83 barulhento 2,17 desagradável 2,75 frequência	3,42 Visualização mar 4,00 Visualização veículo	63,7 L_{Aeq} 73,0 $L_{A_{fmax}}$	Temperatura 33,3°C, Umidade 68,0%, Velocidade do vento: 1,2 m/s
6F	33% sons de tráfego 26% sons humanos	Aagitado	3,00 avaliação 2,75 adequação	3,56 barulhento 3,44 desagradável 2,78 frequência	3,00 Visualização mar 4,00 Visualização veículo	65,1 L_{Aeq} 86,6 $L_{A_{fmax}}$	Temperatura 35,7°C, Umidade 60,5%, Velocidade do vento: 1,2 m/s

APÊNDICE 20: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico
 Ponto 7: “Feirinha do Artesanato da Pajuçara”.

7. FEIRINHA DO ARTESANATO DA PAJUÇARA							
Pontos (Código)	IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES SONORAS	QUALIDADE AFETIVA PERCEBIDA	AVALIAÇÃO x ADEQUAÇÃO DO AMBIENTE SONORO AO LOCAL	BARULHENTO x DESAGRADÁVEL x FREQUÊNCIA COM QUE O PARTICIPANTE GOSTARIA DE VISITAR O LOCAL	ASPECTOS VISUAIS	DADOS ACÚSTICOS	DADOS AMBIENTAIS
1A	32% sons de tráfego 28% sons mecânicos	Animado	3,23 avaliação 2,68 adequação	3,00 barulhento 2,18 desagradável 3,32 frequência	4,82 Visualização veículo 4,82 Visualização edificação	62,4 L_{Aeq} 75,2 $L_{A_{fmax}}$	Temperatura 29,18°C, Umidade 70,0%, Velocidade do vento: 4,1 m/s
1D	31% sons de tráfego 28% sons mecânicos	Agitado	3,00 avaliação 2,85 adequação	2,85 barulhento 2,00 desagradável 3,50 frequência	4,70 Visualização edificação 4,65 Visualização veículo	65,0 L_{Aeq} 74,4 $L_{A_{fmax}}$	Temperatura 30,4°C, Umidade 62,6%, Velocidade do vento: 4,1 m/s
7E	34% sons de tráfego 23% sons humanos	Agitado	2,58 avaliação 2,92 adequação	2,92 barulhento 2,50 desagradável 2,17 frequência	4,20 Visualização veículo 4,20 Visualização edificação	61,7 L_{Aeq} 66,5 $L_{A_{fmax}}$	Temperatura 35,9°C, Umidade 61,0%, Velocidade do vento: 1,0 m/s
7F	33% sons de tráfego 27% sons humanos	Agitado e caótico	2,33 avaliação 2,00 adequação	3,89 barulhento 3,44 desagradável 2,22 frequência	4,00 Visualização edificação 4,00 Visualização pessoas	65,3 L_{Aeq} 72,3 $L_{A_{fmax}}$	Temperatura 35,8°C, Umidade 60,3%, Velocidade do vento: 1,22 m/s

APÊNDICE 21: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico
Ponto 8: “Skate Park Pajuçara”.

8. SKATE PARK PAJUÇARA							
Pontos (Código)	IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES SONORAS	QUALIDADE AFETIVA PERCEBIDA	AVALIAÇÃO x ADEQUAÇÃO DO AMBIENTE SONORO AO LOCAL	BARULHENTO x DESAGRADÁVEL x FREQUÊNCIA COM QUE O PARTICIPANTE GOSTARIA DE VISITAR O LOCAL	ASPECTOS VISUAIS	DADOS ACÚSTICOS	DADOS AMBIENTAIS
2A	39% sons mecânicos 22% sons de tráfego	Agradável e tranquilo	3,36 avaliação 2,77 adequação	2,77 barulhento 2,14 desagradável 3,14 frequência	4,22 Visualização mar 4,14 Visualização veículo	58,0 L_{Aeq} 64,2 L_{Amax}	Temperatura 29,1°C, Umidade 70,5%, Velocidade do vento: 4,2 m/s
2D	39% sons mecânicos 25% sons geofônicos	Agradável	2,95 avaliação 2,83 adequação	3,08 barulhento 2,25 desagradável 2,96 frequência	4,20 Visualização mar 4,21 Visualização veículo	66,0 L_{Aeq} 79,8 L_{Amax}	Temperatura 30,5°C, Umidade 64,7%, Velocidade do vento: 2,0 m/s

APÊNDICE 22: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico
Ponto 9: “Parquinho Ecológico”.

9. PARQUINHO ECOLÓGICO							
Pontos (Código)	IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES SONORAS	QUALIDADE AFETIVA PERCEBIDA	AVALIAÇÃO x ADEQUAÇÃO DO AMBIENTE SONORO AO LOCAL	BARULHENTO x DESAGRADÁVEL x FREQUÊNCIA COM QUE O PARTICIPANTE GOSTARIA DE VISITAR O LOCAL	ASPECTOS VISUAIS	DADOS ACÚSTICOS	DADOS AMBIENTAIS
3A	34% sons mecânicos 27% sons de tráfego	Agradável	2,95 avaliação 2,68 adequação	3,70 barulhento 2,45 desagradável 2,82 frequência	4,36 Visualização mar 4,32 Visualização veículo	57,9 L_{Aeq} 68,3 L_{Amax}	Temperatura 29,5°C, Umidade 71,0%, Velocidade do vento: 4,1 m/s
3D	38% sons mecânicos 17% sons de tráfego	Caótico	2,67 avaliação 2,39 adequação	3,06 barulhento 2,61 desagradável 2,44 frequência	3,44 Visualização mar 4,72 Visualização veículo	66,2 L_{Aeq} 79,8 L_{Amax}	Temperatura 29,2°C, Umidade 78,4%, Velocidade do vento: 3,7 m/s

8E	29% sons de tráfego 23% sons geofônicos	Agradável	3,00 avaliação 2,67 adequação	2,92 barulhento 2,50 desagradável 2,17 frequência	3,50 Visualização mar 4,17 Visualização veículo	67,6 L_{Aeq} 78,7 L_{Amax}	Temperatura 36,6°C, Umidade 59,6%, Velocidade do vento: 1,3 m/s
8F	30% sons de tráfego 27% sons geofônicos	Agradável e tranquilo	3,78 avaliação 3,22 adequação	3,89 barulhento 3,44 desagradável 2,22 frequência	3,56 Visualização mar 4,11 Visualização veículo	61,0 L_{Aeq} 66,6 L_{Amax}	Temperatura 36,9°C, Umidade 57,8%, Velocidade do vento: 1,9 m/s

APÊNDICE 23: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico
Ponto 10: “Praça Multieventos”.

10. PRAÇA MULTIEVENTOS							
Pontos (Código)	IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES SONORAS	QUALIDADE AFETIVA PERCEBIDA	AVALIAÇÃO x ADEQUAÇÃO DO AMBIENTE SONORO AO LOCAL	BARULHENTO x DESAGRADÁVEL x FREQUÊNCIA COM QUE O PARTICIPANTE GOSTARIA DE VISITAR O LOCAL	ASPECTOS VISUAIS	DADOS ACÚSTICOS	DADOS AMBIENTAIS
4A	33% sons mecânicos 25% sons de tráfego	Agradável e tranquilo	3,50 avaliação 2,77 adequação	2,41 barulhento 1,82 desagradável 3,09 frequência	4,30 Visualização edificação 4,14 Visualização veículo	57,3 L_{Aeq} 63,5 L_{Amax}	Temperatura 29,6°C, Umidade 70,0%, Velocidade do vento: 4,3 m/s
4D	38% sons geofônicos 17% sons de tráfego	Agradável e tranquilo	4,40 avaliação 4,05 adequação	1,55 barulhento 1,10 desagradável 3,75 frequência	4,15 Visualização mar 3,65 Visualização veículo	56,0 L_{Aeq} 62,2 L_{Amax}	Temperatura 30,9°C, Umidade 61,4%, Velocidade do vento: 4,2 m/s
9E	31% sons de tráfego 28% sons geofônicos	Agradável	3,25 avaliação 3,00 adequação	2,50 barulhento 1,83 desagradável 2,42 frequência	3,50 Visualização mar 4,08 Visualização veículo	63,8 L_{Aeq} 69,1 L_{Amax}	Temperatura 36,0°C, Umidade 60,2%, Velocidade do vento: 1,8 m/s
9F	30% sons de tráfego 27% sons mecânicos	Agitado	2,67 avaliação 2,33 adequação	3,33 barulhento 3,11 desagradável 2,44 frequência	3,22 Visualização mar 4,11 Visualização veículo	64,8 L_{Aeq} 71,1 L_{Amax}	Temperatura 37,0°C, Umidade 55,8%, Velocidade do vento: 1,3 m/s

APÊNDICE 24: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico
Ponto 11: “Memorial Teotônio Vilela”.

11. MEMORIAL TEOTÔNIO VILELA							
Pontos (Código)	IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES SONORAS	QUALIDADE AFETIVA PERCEBIDA	AVALIAÇÃO x ADEQUAÇÃO DO AMBIENTE SONORO AO LOCAL	BARULHENTO x DESAGRADÁVEL x FREQUÊNCIA COM QUE O PARTICIPANTE GOSTARIA DE VISITAR O LOCAL	ASPECTOS VISUAIS	DADOS ACÚSTICOS	DADOS AMBIENTAIS
5A	31% sons de tráfego 21% sons mecânicos	Agradável	3,14 avaliação 2,77 adequação	2,91 barulhento 2,18 desagradável 2,91 frequência	4,00 Visualização vegetação 4,18 Visualização veículo	59,0 L_{Aeq} 69,1 L_{Amax}	Temperatura 29,7°C, Umidade 70,3%, Velocidade do vento: 4,2 m/s
5D	29% sons de tráfego 26% sons geofônicos	Tranquilo	3,25 avaliação 3,15 adequação	2,45 barulhento 2,00 desagradável 2,65 frequência	4,10 Visualização vegetação 3,80 Visualização veículo	57,9 L_{Aeq} 66,1 L_{Amax}	Temperatura 32,8°C, Umidade 59,4%, Velocidade do vento: 4,1 m/s
10E	31% sons de tráfego 27% sons geofônicos	Agradável e animado	3,17 avaliação 3,00 adequação	2,50 barulhento 2,25 desagradável 2,50 frequência	3,42 Visualização vegetação 4,08 Visualização veículo	62,5 L_{Aeq} 68,8 L_{Amax}	Temperatura 35,0°C, Umidade 61,9%, Velocidade do vento: 1,7 m/s
10F	29% sons geofônicos 28% sons de tráfego	Tranquilo e agradável	3,89 avaliação 3,44 adequação	2,11 barulhento 1,44 desagradável 3,22 frequência	4,10 Visualização vegetação 3,80 Visualização veículo	61,7 L_{Aeq} 68,7 L_{Amax}	Temperatura 36,1°C, Umidade 59,2%, Velocidade do vento: 1,4 m/s

APÊNDICE 25: Síntese das informações relacionadas à caracterização do ambiente acústico
Ponto 12: “Quadra de Areia da Pajuçara”.

12. QUADRA DE AREIA DA PAJUÇARA							
Pontos (Código)	IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES SONORAS	QUALIDADE AFETIVA PERCEBIDA	AVALIAÇÃO x ADEQUAÇÃO DO AMBIENTE SONORO AO LOCAL	BARULHENTO x DESAGRADÁVEL x FREQUÊNCIA COM QUE O PARTICIPANTE GOSTARIA DE VISITAR O LOCAL	ASPECTOS VISUAIS	DADOS ACÚSTICOS	DADOS AMBIENTAIS
6A	22% sons de tráfego 22% sons mecânicos	Animado	3,27 avaliação 2,95 adequação	2,95 barulhento 2,09 desagradável 3,00 frequência	4,00 Visualização vegetação 3,91 Visualização veículo	61,0 L_{Aeq} 72,2 L_{Amax}	Temperatura 29,6°C, Umidade 70,1%, Velocidade do vento: 4,1 m/s
6D	29% sons geofônicos 21% sons humanos	Agradável	4,15 avaliação 3,95 adequação	2,05 barulhento 1,45 desagradável 3,80 frequência	4,10 Visualização vegetação 3,45 Visualização veículo	58,6 L_{Aeq} 67,2 L_{Amax}	Temperatura 32,6°C, Umidade 59,4%, Velocidade do vento: 1,83 m/s

APÊNDICE 26: Sumário de métricas para os modelos preditivos lineares do descritor *agradabilidade*.

AGRADABILIDADE					
A1			A2		
Dep. Variable:	Agradavel	R-squared:	0.784	Dep. Variable:	Agradavel
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.737	Model:	OLS
Method:	Least Squares	F-statistic:	16.58	Method:	Least Squares
Date:	Fri, 07 Mar 2025	Prob (F-statistic):	5.13e-09	Date:	Fri, 07 Mar 2025
Time:	11:37:47	Log-Likelihood:	-9.1011	Time:	11:42:44
No. Observations:	40	AIC:	34.20	No. Observations:	40
Df Residuals:	32	BIC:	47.71	Df Residuals:	31
Df Model:	7			Df Model:	8
Covariance Type:	nonrobust			Covariance Type:	nonrobust
A3			A4		
Dep. Variable:	Agradavel	R-squared:	0.661	Dep. Variable:	Agradavel
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.633	Model:	OLS
Method:	Least Squares	F-statistic:	23.39	Method:	Least Squares
Date:	Fri, 07 Mar 2025	Prob (F-statistic):	1.41e-08	Date:	Fri, 07 Mar 2025
Time:	11:44:06	Log-Likelihood:	-18.105	Time:	11:45:24
No. Observations:	40	AIC:	44.21	No. Observations:	40
Df Residuals:	36	BIC:	50.97	Df Residuals:	37
Df Model:	3			Df Model:	2
Covariance Type:	nonrobust			Covariance Type:	nonrobust
A5			A6		
Dep. Variable:	Agradavel	R-squared:	0.516	Dep. Variable:	Agradavel
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.475	Model:	OLS
Method:	Least Squares	F-statistic:	12.77	Method:	Least Squares
Date:	Fri, 07 Mar 2025	Prob (F-statistic):	7.75e-06	Date:	Fri, 07 Mar 2025
Time:	11:46:59	Log-Likelihood:	-25.240	Time:	20:03:26
No. Observations:	40	AIC:	58.48	No. Observations:	40
Df Residuals:	36	BIC:	65.24	Df Residuals:	21
Df Model:	3			Df Model:	18
Covariance Type:	nonrobust			Covariance Type:	nonrobust

APÊNDICE 27: Sumário de métricas para os modelos preditivos lineares do descritor *agitação*.

AGITAÇÃO					
AG1			AG2		
Dep. Variable:	Agitado	R-squared:	0.706	Dep. Variable:	Agitado
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.652	Model:	OLS
Method:	Least Squares	F-statistic:	13.20	Method:	Least Squares
Date:	Fri, 07 Mar 2025	Prob (F-statistic):	1.44e-07	Date:	Fri, 07 Mar 2025
Time:	20:10:32	Log-Likelihood:	-14.782	Time:	20:12:12
No. Observations:	40	AIC:	43.56	No. Observations:	40
Df Residuals:	33	BIC:	55.39	Df Residuals:	32
Df Model:	6			Df Model:	7
Covariance Type:	nonrobust			Covariance Type:	nonrobust
AG3			AG4		
Dep. Variable:	Agitado	R-squared:	0.772	Dep. Variable:	Agitado
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.713	Model:	OLS
Method:	Least Squares	F-statistic:	13.14	Method:	Least Squares
Date:	Fri, 07 Mar 2025	Prob (F-statistic):	4.76e-08	Date:	Fri, 07 Mar 2025
Time:	20:14:47	Log-Likelihood:	-9.6711	Time:	20:18:59
No. Observations:	40	AIC:	37.34	No. Observations:	40
Df Residuals:	31	BIC:	52.54	Df Residuals:	36
Df Model:	8			Df Model:	3
Covariance Type:	nonrobust			Covariance Type:	nonrobust
AG5			AG6		
Dep. Variable:	Agitado	R-squared:	0.542	Dep. Variable:	Agitado
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.489	Model:	OLS
Method:	Least Squares	F-statistic:	10.34	Method:	Least Squares
Date:	Fri, 07 Mar 2025	Prob (F-statistic):	1.23e-05	Date:	Fri, 07 Mar 2025
Time:	20:20:20	Log-Likelihood:	-23.655	Time:	20:21:06
No. Observations:	40	AIC:	57.31	No. Observations:	40
Df Residuals:	35	BIC:	65.75	Df Residuals:	21
Df Model:	4			Df Model:	18
Covariance Type:	nonrobust			Covariance Type:	nonrobust

APÊNDICE 28: Sumário de métricas para os modelos preditivos lineares do descritor *animação*.

ANIMAÇÃO			
AN1		AN2	
Dep. Variable:	Animado	R-squared:	0.684
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.676
Method:	Least Squares	F-statistic:	82.33
Date:	Tue, 11 Mar 2025	Prob (F-statistic):	4.73e-11
Time:	13:26:02	Log-Likelihood:	-6.8486
No. Observations:	40	AIC:	17.70
Df Residuals:	38	BIC:	21.07
Df Model:	1		
Covariance Type:	nonrobust		
AN3		AN4	
OLS Regression Results			
Dep. Variable:	Animado	R-squared:	0.757
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.721
Method:	Least Squares	F-statistic:	21.14
Date:	Tue, 11 Mar 2025	Prob (F-statistic):	1.46e-09
Time:	13:31:12	Log-Likelihood:	-1.6398
No. Observations:	40	AIC:	15.28
Df Residuals:	34	BIC:	25.41
Df Model:	5		
Covariance Type:	nonrobust		
AN5		AN6	
Dep. Variable:	Animado	R-squared:	0.142
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.071
Method:	Least Squares	F-statistic:	1.988
Date:	Tue, 11 Mar 2025	Prob (F-statistic):	0.133
Time:	13:33:52	Log-Likelihood:	-26.836
No. Observations:	40	AIC:	61.67
Df Residuals:	36	BIC:	68.43
Df Model:	3		
Covariance Type:	nonrobust		
Dep. Variable:	Animado	R-squared:	0.819
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.664
Method:	Least Squares	F-statistic:	5.279
Date:	Tue, 11 Mar 2025	Prob (F-statistic):	0.000221
Time:	13:34:33	Log-Likelihood:	4.2825
No. Observations:	40	AIC:	29.43
Df Residuals:	21	BIC:	61.52
Df Model:	18		
Covariance Type:	nonrobust		

APÊNDICE 29: Sumário de métricas para os modelos preditivos lineares do descritor *tranquilidade*.

TRANQUILIDADE			
T1		T2	
Dep. Variable:	Tranquilo	R-squared:	0.819
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.764
Method:	Least Squares	F-statistic:	15.04
Date:	Tue, 11 Mar 2025	Prob (F-statistic):	7.23e-09
Time:	13:37:05	Log-Likelihood:	-8.3034
No. Observations:	40	AIC:	36.61
Df Residuals:	30	BIC:	53.50
Df Model:	9		
Covariance Type:	nonrobust		
T3		T4	
Dep. Variable:	Tranquilo	R-squared:	0.714
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.681
Method:	Least Squares	F-statistic:	21.79
Date:	Tue, 11 Mar 2025	Prob (F-statistic):	4.26e-09
Time:	13:40:55	Log-Likelihood:	-17.437
No. Observations:	40	AIC:	44.87
Df Residuals:	35	BIC:	53.32
Df Model:	4		
Covariance Type:	nonrobust		
T5		T6	
Dep. Variable:	Tranquilo	R-squared:	0.636
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.570
Method:	Least Squares	F-statistic:	9.626
Date:	Tue, 11 Mar 2025	Prob (F-statistic):	3.94e-06
Time:	13:45:49	Log-Likelihood:	-22.204
No. Observations:	40	AIC:	58.41
Df Residuals:	33	BIC:	70.23
Df Model:	6		
Covariance Type:	nonrobust		
		OLS Regression Results	
Dep. Variable:	Tranquilo	R-squared:	0.731
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.691
Method:	Least Squares	F-statistic:	18.47
Date:	Tue, 11 Mar 2025	Prob (F-statistic):	7.68e-09
Time:	13:41:53	Log-Likelihood:	-16.183
No. Observations:	40	AIC:	44.37
Df Residuals:	34	BIC:	54.50
Df Model:	5		
Covariance Type:	nonrobust		

APÊNDICE 30: Sumário de métricas para os modelos preditivos lineares do descritor *avaliação do ambiente sonoro*.

AVALIAÇÃO DO AMBIENTE SONORO					
AV1			AV2		
Dep. Variable:	Av_Amb_Sonoro	R-squared:	0.768	Dep. Variable:	Av_Amb_Sonoro
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.718	Model:	OLS
Method:	Least Squares	F-statistic:	15.18	Method:	Least Squares
Date:	Tue, 11 Mar 2025	Prob (F-statistic):	1.47e-08	Date:	Tue, 11 Mar 2025
Time:	14:01:05	Log-Likelihood:	-9.3694	Time:	14:01:45
No. Observations:	40	AIC:	34.74	No. Observations:	40
Df Residuals:	32	BIC:	48.25	Df Residuals:	31
Df Model:	7			Df Model:	8
Covariance Type:	nonrobust			Covariance Type:	nonrobust
AV3			AV4		
Dep. Variable:	Av_Amb_Sonoro	R-squared:	0.656	Dep. Variable:	Av_Amb_Sonoro
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.628	Model:	OLS
Method:	Least Squares	F-statistic:	22.93	Method:	Least Squares
Date:	Tue, 11 Mar 2025	Prob (F-statistic):	1.78e-08	Date:	Tue, 11 Mar 2025
Time:	14:02:53	Log-Likelihood:	-17.264	Time:	14:03:30
No. Observations:	40	AIC:	42.53	No. Observations:	40
Df Residuals:	36	BIC:	49.28	Df Residuals:	37
Df Model:	3			Df Model:	2
Covariance Type:	nonrobust			Covariance Type:	nonrobust
AV5			AV6		
Dep. Variable:	Av_Amb_Sonoro	R-squared:	0.558	Dep. Variable:	Av_Amb_Sonoro
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.508	Model:	OLS
Method:	Least Squares	F-statistic:	11.06	Method:	Least Squares
Date:	Tue, 11 Mar 2025	Prob (F-statistic):	6.62e-06	Date:	Tue, 11 Mar 2025
Time:	14:04:23	Log-Likelihood:	-22.287	Time:	14:05:19
No. Observations:	40	AIC:	54.57	No. Observations:	40
Df Residuals:	35	BIC:	63.02	Df Residuals:	21
Df Model:	4			Df Model:	18
Covariance Type:	nonrobust			Covariance Type:	nonrobust

APÊNDICE 31: Sumário de métricas para os modelos preditivos lineares do descritor *adequação*.

ADEQUAÇÃO			
AD1		AD2	
Dep. Variable: Adeq_Amb_Sonoro		: OLS Regression Results	
R-squared: 0.840		Dep. Variable: Adeq_Amb_Sonoro	
Model: OLS		R-squared: 0.851	
Adj. R-squared: 0.791		Model: OLS	
Method: Least Squares		Adj. R-squared: 0.799	
F-statistic: 17.44		Method: Least Squares	
Date: Tue, 11 Mar 2025		F-statistic: 16.50	
Prob (F-statistic): 1.24e-09		Date: Tue, 11 Mar 2025	
Time: 14:17:38		Prob (F-statistic): 2.03e-09	
Log-Likelihood: -1.1603		Time: 14:18:31	
No. Observations: 40		Log-Likelihood: 0.25549	
AIC: 22.32		No. Observations: 40	
Df Residuals: 30		AIC: 21.49	
BIC: 39.21		Df Residuals: 29	
Df Model: 9		BIC: 40.07	
Covariance Type: nonrobust		Df Model: 10	
		Covariance Type: nonrobust	
AD3		AD4	
Dep. Variable: Adeq_Amb_Sonoro		Dep. Variable: Adeq_Amb_Sonoro	
R-squared: 0.760		R-squared: 0.528	
Model: OLS		Model: OLS	
Adj. R-squared: 0.740		Adj. R-squared: 0.502	
Method: Least Squares		Method: Least Squares	
F-statistic: 37.91		F-statistic: 20.66	
Date: Tue, 11 Mar 2025		Date: Tue, 11 Mar 2025	
Prob (F-statistic): 3.09e-11		Prob (F-statistic): 9.44e-07	
Time: 14:19:32		Time: 14:20:06	
Log-Likelihood: -9.2484		Log-Likelihood: -22.759	
No. Observations: 40		No. Observations: 40	
AIC: 26.50		AIC: 51.52	
Df Residuals: 36		Df Residuals: 37	
BIC: 33.25		BIC: 56.58	
Df Model: 3		Df Model: 2	
Covariance Type: nonrobust		Covariance Type: nonrobust	
AD5		AD6	
Dep. Variable: Adeq_Amb_Sonoro		Dep. Variable: Adeq_Amb_Sonoro	
R-squared: 0.511		R-squared: 0.867	
Model: OLS		Model: OLS	
Adj. R-squared: 0.456		Adj. R-squared: 0.752	
Method: Least Squares		Method: Least Squares	
F-statistic: 9.158		F-statistic: 7.584	
Date: Tue, 11 Mar 2025		Date: Tue, 11 Mar 2025	
Prob (F-statistic): 3.58e-05		Prob (F-statistic): 1.33e-05	
Time: 14:20:59		Time: 14:21:33	
Log-Likelihood: -23.432		Log-Likelihood: 2.5436	
No. Observations: 40		No. Observations: 40	
AIC: 56.86		AIC: 32.91	
Df Residuals: 35		Df Residuals: 21	
BIC: 65.31		BIC: 65.00	
Df Model: 4		Df Model: 18	
Covariance Type: nonrobust		Covariance Type: nonrobust	

APÊNDICE 32: Sumário de métricas para os modelos preditivos lineares do descritor *barulhento*.

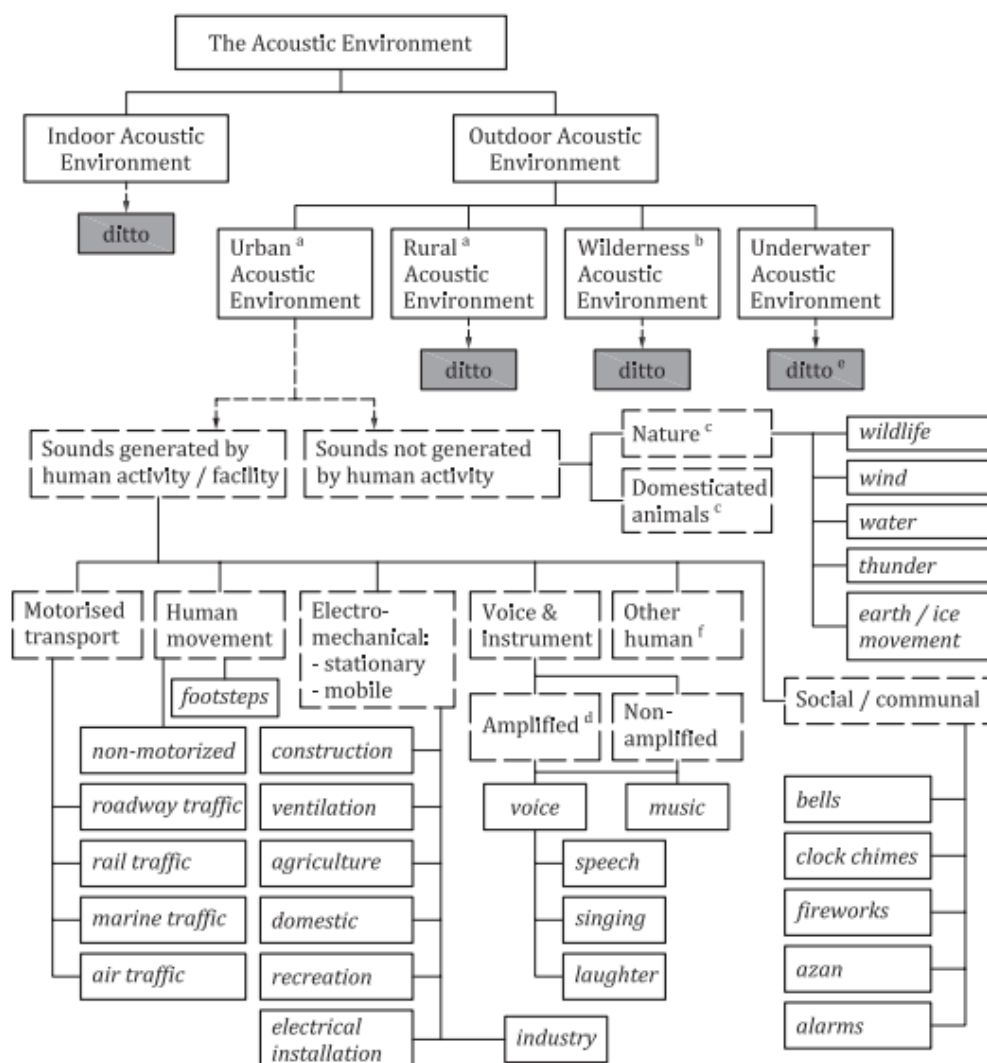
BARULHENTO			
B1		B2	
Dep. Variable:	Barulhento	R-squared:	0.711
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.658
Method:	Least Squares	F-statistic:	13.53
Date:	Tue, 11 Mar 2025	Prob (F-statistic):	1.09e-07
Time:	17:33:46	Log-Likelihood:	-13.075
No. Observations:	40	AIC:	40.15
Df Residuals:	33	BIC:	51.97
Df Model:	6		
Covariance Type:	nonrobust		
B3		B4	
Dep. Variable:	Barulhento	R-squared:	0.563
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.527
Method:	Least Squares	F-statistic:	15.48
Date:	Tue, 11 Mar 2025	Prob (F-statistic):	1.25e-06
Time:	17:36:29	Log-Likelihood:	-21.331
No. Observations:	40	AIC:	50.66
Df Residuals:	36	BIC:	57.42
Df Model:	3		
Covariance Type:	nonrobust		
B5		B6	
Dep. Variable:	Barulhento	R-squared:	0.471
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.427
Method:	Least Squares	F-statistic:	10.67
Date:	Tue, 11 Mar 2025	Prob (F-statistic):	3.67e-05
Time:	17:37:53	Log-Likelihood:	-25.177
No. Observations:	40	AIC:	58.35
Df Residuals:	36	BIC:	65.11
Df Model:	3		
Covariance Type:	nonrobust		
Dep. Variable:	Barulhento	R-squared:	0.801
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.630
Method:	Least Squares	F-statistic:	4.690
Date:	Tue, 11 Mar 2025	Prob (F-statistic):	0.000515
Time:	17:38:48	Log-Likelihood:	-5.6317
No. Observations:	40	AIC:	49.26
Df Residuals:	21	BIC:	81.35
Df Model:	18		
Covariance Type:	nonrobust		

APÊNDICE 33: Sumário de métricas para os modelos preditivos lineares do descritor *desagradabilidade*.

DESAGRADABILIDADE			
D1		D2	
Dep. Variable:	Desagradavel	R-squared:	0.630
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.549
Method:	Least Squares	F-statistic:	7.781
Date:	Tue, 11 Mar 2025	Prob (F-statistic):	1.70e-05
Time:	17:42:11	Log-Likelihood:	-18.516
No. Observations:	40	AIC:	53.03
Df Residuals:	32	BIC:	66.54
Df Model:	7		
Covariance Type:	nonrobust		
D3		D4	
Dep. Variable:	Desagradavel	R-squared:	0.567
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.531
Method:	Least Squares	F-statistic:	15.70
Date:	Tue, 11 Mar 2025	Prob (F-statistic):	1.08e-06
Time:	17:43:46	Log-Likelihood:	-21.664
No. Observations:	40	AIC:	51.33
Df Residuals:	36	BIC:	58.08
Df Model:	3		
Covariance Type:	nonrobust		
D5		D6	
Dep. Variable:	Desagradavel	R-squared:	0.457
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.395
Method:	Least Squares	F-statistic:	7.372
Date:	Tue, 11 Mar 2025	Prob (F-statistic):	0.000204
Time:	17:45:28	Log-Likelihood:	-26.174
No. Observations:	40	AIC:	62.35
Df Residuals:	35	BIC:	70.79
Df Model:	4		
Covariance Type:	nonrobust		
		Dep. Variable:	Desagradavel
		R-squared:	0.750
		Model:	OLS
		Adj. R-squared:	0.536
		Method:	Least Squares
		F-statistic:	3.499
		Date:	Tue, 11 Mar 2025
		Prob (F-statistic):	0.00354
		Time:	17:46:15
		Log-Likelihood:	-10.675
		No. Observations:	40
		AIC:	59.35
		Df Residuals:	21
		BIC:	91.44
		Df Model:	18
		Covariance Type:	nonrobust

ANEXOS

ANEXO 1: Taxonomia com a classificação dos tipos de sons presentes nos ambientes acústicos para estudos de paisagens sonoras.



Fonte: ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018).