

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Química



Monitorização do Ruído no Porto de Lisboa

Maria Helena Barata Machado

(Licenciada em Engenharia Electrotécnica – Automação e Electrónica Industrial)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia da
Qualidade e Ambiente

Orientadores:

Professora Doutora Ana Maria Garcia Henriques Barreiros Joanaz de Melo

Professor Doutor Manuel José de Matos

Júri:

Presidente: Professora Doutora Isabel Maria da Silva João

Vogais: Professor Doutor Nuno António Neves Nunes

Professor Doutor Manuel José de Matos

Janeiro 2022

Agradecimentos

Este trabalho de projeto para conclusão do mestrado representa uma mudança no percurso profissional com mais de trinta anos, acompanhando duas preocupações a nível global: Ambiente e Qualidade. O meu agradecimento à Coordenação do Mestrado e aos bons Professores que se cruzaram comigo neste percurso académico.

Para dar cumprimento a este objetivo quero realçar os meus sinceros agradecimentos aos meus orientadores Professora Doutora Ana Barreiros e Professor Doutor Manuel Matos, pela sua dedicação e orientação ao longo deste trabalho. Os seus sábios conselhos, a sua competência científica e a sua paciência com as minhas inquietações foram fundamentais para *levar a bom porto* este trabalho.

Agradeço à Engenheira Vera Godinho da Administração do Porto de Lisboa por me ter aberto as portas e estabelecido os contatos necessários para que pudesse realizar as campanhas de monitorização de som nos locais mais adequados.

Agradeço ao Professor Rui Filipe pela conversão dos ficheiros SPLnFFT “.bin” em ficheiros “.csv” essenciais para o tratamento e análise dos dados recolhidos nas campanhas de monitorização.

À Sotagus que nos deu as condições necessárias para realizar as campanhas de monitorização no seu espaço, nos locais que seleccionámos, cedendo-nos os dados dos veículos pesados das cargas e descargas da primeira campanha de monitorização.

À Doutora Maria João Telhado, Chefe da Divisão de Ambiente e Energia da Câmara Municipal de Lisboa (e minha chefe), pela confiança e apoio que me deu no decorrer deste trabalho.

Ao Ivo, Sofia e Filipa por entenderem as minhas ausências nos últimos dois anos.

“Age Is Just a Number”

(Dara Torres, 2009)

Resumo

De acordo com a OMS o ruído é o segundo indicador ambiental com maior impacto na saúde pública. O ruído ambiente elevado tem um grande impacto na saúde, não só ao nível da audição mas principalmente ao nível de perturbações fisiológicas e psicológicas, nomeadamente perturbando o descanso e causando incómodo. As populações nem sempre valorizam estas perturbações que prejudicam a sua qualidade de vida social e laboral. A atual legislação do ruído em Portugal considera o ruído urbano como uma variável ao nível do planeamento com o objetivo de melhorar a qualidade de vida das populações nas áreas urbanas. Esta legislação, transposta das Diretivas Europeias, considera a influência das Grandes Infraestruturas de Transportes no ruído mas não contempla a via marítima e os portos. Em Portugal ainda não existem estudos sobre ruído em portos, pelo que o caso de estudo abordou o ruído no Porto de Lisboa, ao redor do qual a cidade se foi desenvolvendo. Durante o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas três campanhas de medições de som no Cais de Santa Apolónia. As medições foram realizadas com *smartphones* dado a capacidade de aquisição de dados e capacidade de cálculo destes equipamentos. Na literatura são descritas várias medições realizadas anteriormente com bastante fiabilidade utilizando *smartphones*.

As três campanhas, foram realizadas em locais diferentes do porto para avaliar diferentes fontes sonoras. Foram campanhas longas e com medições em contínuo. Os dados foram recolhidos em modo de medição dB(A) em simultâneo com modo de medição dB(C). Foi acompanhado o volume de navios em operações de carga/descarga no porto.

Na primeira campanha registaram-se valores de L_{den} entre 64,1 dB(A) e 83,9 dB(A). Na segunda campanha os valores de L_{den} variaram entre 61,1 dB(A) e 70,0 dB(A). Na última campanha as variações de L_{den} foram de 65,1 dB(A) a 70,2 dB(A). De salientar que as diferenças entre as medidas em modo dB(A) e dB(C) foram, em média, 10,5 dB na primeira campanha, 11,6 dB na segunda e 9,5 dB na terceira campanha.

Foram avaliados os dados de medição de ruído para os valores limites estabelecidos na legislação: indicador de ruído em período noturno – L_n e indicador em período diurno-entardecer-noturno – L_{den} . Nos treze dias da primeira campanha, os valores medidos cumpriram o limite de L_{den} apenas num dia, nunca cumprindo o limite L_n durante a campanha. Na segunda campanha os valores medidos cumpriram o limite L_{den} em sete dos dez dias, cumprindo o limite L_n em dois dos dez dias da campanha. Na terceira campanha os valores medidos nunca cumpriram o limite L_{den} e cumpriram o limite L_n em quatro dos sete dias.

Com este trabalho ficou evidenciado o comportamento sonoro do terminal da Sotagus do Porto de Lisboa. Durante os trinta dias das campanhas realizadas em três locais distintos do terminal, o limite diurno-entardecer-noturno só foi cumprido em oito dos trinta dias (27 %) e, só em seis dos trinta dias das campanhas se cumpriu o limite noturno (20 %) dos dias considerados.

Palavras-chave: ruído, Porto de Lisboa, *smartphone*, microfone externo, SPLnFFT

Abstract

According to the OMS, noise is the second environmental indicator with the greatest impact on public health. High ambient noise has a great impact on health, not only in terms of hearing but mainly in terms of physiological and psychological disturbances, namely disturbing rest and causing discomfort. Populations do not always value these disturbances that impair their quality of social and working life. The current noise legislation in Portugal considers urban noise as a variable at the planning level with the aim of improving the quality of life of populations in urban areas. This legislation transposed from European Directives considers the influence of Major Transport Infrastructures on noise but does not cover the sea and ports. In Portugal, there are still no studies on noise in ports, so the case study addressed the noise in the Port of Lisbon, around which the city developed. During the development of this work, three sound measurement campaigns were carried out at the Santa Apolónia Pier. The measurements were carried out with smartphones considering their capabilities of acquiring and processing data. In previous studies a considerable amount of measurements were taken with great reliability using smartphones.

The three campaigns were carried out at different locations in the port to evaluate different sound sources. The campaigns were carried out in a long period of time with continuous measurements. Data was collected in dB(A) measurement mode at the same time as dB(C) measurement mode. The volume of ships in loading/unloading operations at the port was monitored.

In the first campaign, L_{den} values between 64.1 dB(A) and 83.9 dB(A) were recorded. In the second campaign, L_{den} values ranged between 61.1 dB(A) and 70.0 dB(A). In the last campaign the L_{den} variations were from 65.1 dB(A) to 70.2 dB(A).

It should be noted that the differences between the measurements in dB(A) and dB(C) mode were, on average, 10.5 dB in the first campaign, 11.6 dB in the second and 9.5 dB in the third campaign.

Noise measurement data were evaluated for the limit values established in the legislation: noise indicator at nighttime – L_n and indicator during daytime-evening-night period – L_{den} . In the thirteen days of the first campaign, the measured values only met the L_{den} limit in one day, never meeting the L_n limit during the campaign. In the second campaign, the measured values fulfilled the L_{den} limit on seven of the ten days, fulfilling the L_n limit on two of the ten days of the campaign. In the third campaign, the measured values never met the L_{den} limit and met the L_n limit on four of the seven days.

With this work, the sound behavior of the Sotagus terminal in Port of Lisbon became evident. During the thirty days of the campaigns carried out in three different locations of the terminal, the daytime-evening-night limit was only met on eight of the thirty days (27 %) and, only on six of the thirty days of the campaigns was the nighttime limit met (20 %) of the days considered.

keywords: noise, Port of Lisbon, smartphone, external microphone, SPLnFFT

Abreviaturas e acrónimos

AGPL	Administração Geral do Porto de Lisboa
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
APL	Administração do Porto de Lisboa
CCDR_LVT	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo
CDI PLx	Centro de Documentação e Informação do Porto de Lisboa
CE	Comunidade Europeia
CML	Câmara Municipal de Lisboa
DALYs	Anos de vida ajustados por incapacidade (<i>Disability Adjusted Life Years</i>)
DWT	Toneladas de peso morto (<i>Dead Weight Tonnage</i>)
EBD	Carga ambiental de doença (<i>Environmental Burden of Disease</i>)
ECOSLC	Fundação da Cadeia Logística Sustentável ECO (<i>ECO Sustainable Logistic Chain Foundation</i>)
EMA	Estação Meteorológica Automática
EPF	Fundação Ecoports (<i>EcoPorts Foundation</i>)
ESI	Índice Ambiental de Navios (<i>Environmental Ship Index</i>)
ESPO	Organização dos Portos Marítimos da Europa (<i>European Sea Port Organisation</i>)
F.C.G.	Fundação Calouste Gulbenkian
FEDER	Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
GIT	Grande Infraestrutura de Transporte
GT	Tonelagem bruta (<i>Gross Tonnage</i>)
IAPH	Associação Internacional de Portos (<i>International Association of Ports and Harbours</i>)
ICTM	Convenção Internacional sobre a Arqueação de Navios (<i>International Convention on Tonnage Measurement of Ships</i>)
ILFN	Infrassom e Ruído de Baixa Frequência (<i>Infrasound and Low Frequency Noise</i>)
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
LOA	Comprimento de um navio fora a fora (<i>length overall</i>)
MER	Mapa Estratégico de Ruído
MESP	Gestão do meio ambiente e sustentabilidade dos portos (<i>Managing the Environmental Sustainability of Ports</i>)
NEPTUNES	Programa de exploração de ruído para compreender o ruído emitido por navios de alto mar (<i>Noise Exploration Program To Understand Noise Emitted by Seagoing ships</i>)
NoMEPorts	Guia de Boas Práticas sobre Mapeamento e Gestão de Ruído nos Portos Europeus (<i>Good Practice Guide on Port Area Noise Mapping and Management</i>)

NP	Norma Portuguesa
OMS	Organização Mundial da Saúde (<i>World Health Organization</i>)
OPS	Fonte de alimentação terrestre (<i>Onshore Power Supply</i>)
OSHA	Administração de Segurança e Saúde Ocupacional (<i>Occupational Safety and Health Administration</i>)
PAR	Plano de Ação de Ruído
PERS	Sistema de Revisão Ambiental Portuário (<i>Port Environmental Review System</i>)
PDM	Plano Diretor Municipal
PLx	Porto de Lisboa
RGR	Regulamento Geral do Ruído
SDM	Método de Autodiagnóstico (<i>Self Diagnosis Method</i>)
TEU	Unidade de carga independente, com dimensões padrão em medidas inglesas equivalente a 20 pés (<i>Twenty feet Equivalent Unit</i>)
TFK	Instituto de Pesquisa de Transporte (<i>Transport Research Institute</i>)
UNCDT	Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (<i>United Nations Conference on Trade and Development</i>)
VAD	Doença Vibroacústica (<i>Vibroacoustic disease</i>)
WP	Etapas de trabalho (<i>Work Packages</i>)
WPSP	Programa Mundial de Sustentabilidade dos Portos (<i>World Ports Sustainability Program</i>)
YLD	Anos de vida saudável perdidos por doença e/ou incapacidade (<i>Years Lived with Disability</i>)
YLL	Anos de vida perdidos devido a morte prematura (<i>Years of Life Lost</i>)
ZH	Zero hidrográfico

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo	iii
Abstract	iv
Abreviaturas e acrónimos.....	v
Índice de figuras	x
Índice de tabelas	xvii
1. INTRODUÇÃO	2
1.1. Enquadramento	2
1.2. Objetivos.....	4
1.3. Organização do TFM.....	4
1.4. Caracterização do som.....	5
1.4.1. Pressão sonora	5
1.4.2. Frequência.....	7
1.4.3. O decibel	8
1.4.4. Análise no tempo.....	9
1.4.5. Fontes sonoras.....	9
1.4.6. Influência das condições atmosféricas.....	12
1.5. Sistema sensorial da audição humana	13
1.5.1. Descrição do aparelho auditivo	13
1.5.2. Curvas isofónicas	14
1.5.3. Curvas de ponderação	15
1.6. Ruído ambiente	16
1.7. Impacto do ruído na saúde.....	18
2. O RUÍDO NOS PORTOS	21
2.1. Evolução das cidades portuárias	21
2.2. Legislação e normas aplicáveis	24
2.2.1. Cronologia da legislação do ruído ambiente.....	24
2.2.2. Ruído ocupacional.....	27
2.2.3. Normalização aplicável.....	27
2.2.4. Legislação sobre ruído nos portos	28
2.2.5. Modelação de ruído nos portos.....	28
2.3. Problema de ruído nas zonas portuárias	30
2.4. Organizações envolvidas no ruído dos portos	32
2.4.1. <i>European Sea Port Organisation</i> (ESPO).....	32
2.4.2. <i>EcoPorts Foundation</i> (EPF)	33
2.5. Projetos de mitigação do ruído nos portos.....	33

2.5.1.	Projeto NoMEPorts.....	33
2.5.2.	Projeto PENTA.....	35
2.5.3.	Projeto MESP.....	37
2.5.4.	Porto de Dublin.....	38
2.5.5.	Projetos Rumble, Mon acumen e Report.....	39
2.5.6.	Projeto NEPTUNES.....	44
2.5.7.	Porto de Barcelona.....	45
2.6.	Medidas de mitigação da poluição sonora nos portos.....	46
2.6.1.	Janelas insonorizadas.....	46
2.6.2.	Equipamentos portuários e veículos pesados.....	47
2.6.3.	Limites de velocidade.....	47
2.6.4.	Utilização de buzinas.....	47
2.6.5.	Repavimentação de vias.....	48
2.6.6.	Desvio de trânsito.....	48
2.6.7.	Desvio das zonas de carga.....	48
2.6.8.	Substituição de equipamentos nos navios.....	48
2.6.9.	Colocação de barreiras.....	48
2.6.10.	Rampas mais silenciosas.....	48
2.6.11.	Horários mais favoráveis.....	49
2.6.12.	Fonte de alimentação terrestre.....	49
2.6.13.	Cooperação entre entidades.....	50
2.6.14.	Responsabilidade da poluição sonora.....	50
3.	CASO DE ESTUDO.....	52
3.1.	História do Porto de Lisboa.....	52
3.2.	Atividades no Porto de Lisboa durante o século XX.....	59
3.3.	Caracterização do atual Porto de Lisboa.....	64
3.4.	Porto de Lisboa na Rede Europeia de Transportes.....	66
3.5.	Mapas de Ruído Global de Lisboa.....	67
3.5.1.	Medidas de som realizadas pelo Porto de Lisboa.....	70
3.5.2.	Reclamações.....	70
3.5.3.	Questionário.....	71
4.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	74
4.1.	Equipamento de medição de ruído.....	74
4.2.	Terminal de Contentores de Santa Apolónia (Sotagus).....	81
4.2.1.	Caracterização do terminal de Santa Apolónia - Sotagus.....	81
4.2.2.	Local da recolha de dados sonoros.....	82
4.3.	Campanhas de medição de som no Porto de Lisboa.....	84
4.3.1.	Primeira campanha de medição de som – antiga portaria.....	84

4.3.2.	Segunda campanha de medição de som – terraço do edifício de operações	85
4.3.3.	Terceira campanha de medição de som – oficinas de reparação de contentores	85
4.4.	Tratamento dos resultados.....	85
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
5.1.	Dados recolhidos nas campanhas de som - Terminal de Santa Apolónia	87
5.1.1.	Primeira campanha de monitorização de som – antiga portaria.....	87
5.1.2.	Segunda campanha de monitorização de som – edifício de operações	88
5.1.3.	Terceira campanha de monitorização de som – oficinas de reparação de contentores	88
5.2.	Condições metereológicas	89
5.3.	Fontes de informação adicionais: Navios.....	93
5.4.	Movimento de veículos pesados no cais.....	94
5.4.1.	Movimento de veículos pesados durante a primeira campanha.....	94
5.5.	Tratamento dos dados das medições de som realizadas.....	96
5.5.1.	Dados da primeira campanha	96
5.5.2.	Dados da segunda campanha	103
5.5.3.	Dados da terceira campanha	105
5.5.4.	Influência das condições meteorológicas.....	106
5.5.5.	Análise dos indicadores de ruído e valores limite de exposição.....	107
5.5.6.	Análise global dos resultados.....	109
6.	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS.....	112
	Referências bibliográficas	116
	ANEXO I - Dados da primeira campanha	123
	ANEXO II - Dados da segunda campanha	132
	ANEXO III - Dados da terceira campanha	136
	ANEXO IV - Dados dos valores limite de exposição.....	139

Índice de figuras

Figura 1 – Variação na pressão do ar: zonas de compressão (C) e rarefação (R) e forma de onda correspondente.....	5
Figura 2 – Parâmetros físicos do som.....	6
Figura 3 – Variações de pressão produzida por uma fonte sonora ao longo do tempo.	7
Figura 4 – Gammas de frequência.....	7
Figura 5 – Sensibilidade auditiva.	8
Figura 6 – Propagação de uma onda sonora.....	10
Figura 7 – Tipos de ruído.	11
Figura 8 – Propagação de sons aéreos e sons de percussão.....	12
Figura 9 – Influência do vento nas ondas sonoras.	13
Figura 10 – Influência da temperatura nas ondas sonoras.....	13
Figura 11 – Constituição do aparelho auditivo humano.....	14
Figura 12 – Curvas isofónicas.....	14
Figura 13 – Características de ponderação A, B e C para medidores de nível de som. (ANSI S1 .4-1971.).....	16
Figura 14 – Área de audição humana – (A) Limiar da audição (B) Limiar da dor.....	17
Figura 15 – Modelo AnyPort – Desenvolvimento e fases do porto tradicional.	22
Figura 16 – Questionário distribuído em 1930 pelo jornal New York Times (a) e resultados obtidos (b).	23
Figura 17 – Representação das fontes sonoras mencionadas no primeiro inquérito sobre ruído ambiente.	23
Figura 18 – Cronologia da legislação do ruído ambiente.	27
Figura 19 – Evolução em quatro décadas da capacidade de carga dos navios em TEUs (tamanho padrão).	31
Figura 20 – Portos envolvidos no projeto NoMEPorts.	34
Figura 21 – Portos envolvidos no projeto PENTA.....	35
Figura 22 – Barreira de ruído no porto de Vuosaari (Helsínquia, Finlândia).	37
Figura 23 – Porto de Dublin.	39
Figura 24 – Portos envolvidos nos três projetos, Rumble, Mon acumen e Report.....	40
Figura 25 – Estrutura das atividades dos projetos Interreg Maritime.....	41
Figura 26 – Intervenção no porto de Génova – duna lote I a vermelho e duna lote II a verde.	44
Figura 27 – Portos do projeto NEPTUNES.	45
Figura 28 – Resultados obtidos em quatro terminais do porto de Barcelona.....	46
Figura 29 – a) Carta portuguesa de Fernando Álvaro Seco, de 1560 e b) Carta holandesa da barra do Tejo e Península de Setúbal de 1583, com sondagens.	55
Figura 30 – “Vista panorâmica de Lisboa” atribuída a Domingos da Cunha, séc. XVII.....	55

Figura 31 – Projeto de um porto para Lisboa, Carlos Mardel, c.1750.	56
Figura 32 – Plano de obras no Porto de Lisboa em 1884.	56
Figura 33 – Projeto do Engenheiro H. Hersent (1885).	57
Figura 34 – Notícia da inauguração das obras do Porto de Lisboa em 1887.....	58
Figura 35 – Plano de melhoramento do Porto de Lisboa de 1946.....	59
Figura 36 – Zona industrial de Cabo Ruivo (1958).	59
Figura 37 – a) Descarga de peixe no Cais da Ribeira Nova; b) Bênção dos bacalhoeiros em Belém.....	60
Figura 38 – a) Descarga do carvão para a central Tejo; b) Abel Pereira da Fonseca.	60
Figura 39 –a) Embarcação Navio Cowrie na doca seca do estaleiro da Rocha do Conde de Óbidos; b) Lançamento do navio Vouga.	61
Figura 40 – a) As grandes obras do porto de Lisboa - Ponte-cais de Cabo Ruivo; b) Panorâmica da ponte-cais de Cabo Ruivo Anos 70.....	61
Figura 41 – a) Planta do aeroporto marítimo de Lisboa; b) Aeroporto marítimo de Lisboa.	62
Figura 42 – a) Paquetes atracados no Cais da Rocha; b) Navio de cruzeiro no terminal de cruzeiros de Lisboa.....	62
Figura 43 – a) Guindaste a vapor - 1917; b) Bateria de Guindastes em Alcântara – 1948.	63
Figura 44 – a) Cais de Santa Apolónia – carregamento de cortiça; b) Terminal de contentores de Santa Apolónia.....	63
Figura 45 – Evolução da contentorização no PLx nos primeiros dezassete anos.	64
Figura 46 – Estuário do Tejo - Divisão de concelhos e jurisdição da APL (cópia simplificada).	65
Figura 47 – Mapa de Ruído Global de Lisboa – indicador de ruído dia-entardecer-noite.	68
Figura 48 – Mapa de Ruído Global de Lisboa – indicador de ruído noturno.	69
Figura 49 – Alguns sensores de ruído instalados na cidade de Lisboa.	70
Figura 50 – Tipo de ruído que incomoda durante o dia.	71
Figura 51 – Tipo de ruído noturno que o incomoda.....	72
Figura 52 – Tipo de ruído durante as deslocações.....	72
Figura 53 – Como o ruído afeta a sua saúde.....	73
Figura 54 – Interior de caixa com os equipamentos para recolha de dados do som ambiente (a) e exterior da caixa onde se podem ver os microfones (b).	81
Figura 55 – Localização das medições de som realizadas no Terminal de Santa Apolónia (Sotagus) em três campanhas.....	83
Figura 56 – Local de medição de som da primeira campanha (antiga portaria).	84
Figura 57 – Local de medição de som da segunda campanha (terraço do edifício de operações) junto aos contentores frigoríficos.....	85
Figura 58 – Local de medição de som da terceira campanha (junto às oficinas de reparação de contentores).....	85

Figura 59 – Localização imagem da EMA.....	90
Figura 60 – Localização das estações meteorológicas e respetiva distância ao terminal da Sotagus.....	92
Figura 61 – Movimentos totais diários dos veículos no cais nos dias da campanha.	96
Figura 62 – Representação por dia e intervalos de uma hora dos veículos pesados no cais para carga e descarga das embarcações (em dias com atividade).	96
Figura 63 – Resultados ponderados A e C para médias de um segundo (dia 12/12/2020).	98
Figura 64 – Distribuição dos valores $L_{eq,h}$ em dois dias: a) 6 ^{af} - dia 11 dezembro de 2020 e b) sábado - dia 12 dezembro 2020.....	99
Figura 65 – Representação das médias de uma hora dos dias da campanha e da média dos dias da campanha.....	100
Figura 66 – Representação das médias ponderadas A de uma hora em dois dias úteis (6 ^{af} e 3 ^{af}) ambos sem registo de atividade no porto.....	100
Figura 67 – Representação dos valores médios para segundos entre as 2 h e as 3 h dos dias 11 e 15 de dezembro de 2020.	101
Figura 68 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados em dois dias úteis: a) 10/12/2020 (5 ^{af}) e b) 16/12/2020 (4 ^{af}).	101
Figura 69 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 21/12/2020 (2 ^{af}) – 1 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	102
Figura 70 – Dispersão dos valores medidos no dia 14/12/2020 (2 ^{af}) – 1 ^a campanha.....	102
Figura 71 – Correlação entre o nível sonoro e o número de veículos pesados na primeira campanha.	103
Figura 72 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 19/11/2021 (6 ^{af}) – 2 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	104
Figura 73 – Dispersão dos valores medidos no dia 19/11/2021 (6 ^{af}) – 2 ^a campanha.....	104
Figura 74 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença para um dia útil e um domingo a) Dia 30/11/2021 (3 ^{af}) e b) dia 5/12/2021 (domingo).....	106
Figura 75 – Dispersão dos valores medidos no dia 2/12/2021 (5 ^{af}) – 3 ^a campanha.....	106
Figura 76 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), veículos pesados e precipitação em dois sábados - dias 12/12/2020 e 19/12/2020.	107
Figura 77 – Valores de L_d , L_e , L_n e L_{den} para os dias da primeira campanha.	108
Figura 78 – Valores de L_n nas três campanhas e valor limite de exposição durante o período noturno.....	108
Figura 79 – Valores de L_{den} nas três campanhas e valor limite de exposição.....	109

Figura 80 – Representação da diferença dos valores de dB(C) e dB(A) no dia 20/11/2021 (sábado) , 2ª campanha.....	111
Figura 81 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 10/12/2020 (5ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.	123
Figura 82 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 11/12/2020 (6ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.	123
Figura 83 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 12/12/2020 (sábado) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.	124
Figura 84 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 13/12/2020 (domingo) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.	124
Figura 85 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 14/12/2020 (2ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.	124
Figura 86 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 15/12/2020 (3ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.	125
Figura 87 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 16/12/2020 (4ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.	125
Figura 88 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 17/12/2020 (5ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.	125
Figura 89 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 18/12/2020 (6ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.	126
Figura 90 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 19/12/2020 (sábado) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.	126
Figura 91 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 20/12/2020 (domingo) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.	126
Figura 92 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 21/12/2020 (2ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.	127

Figura 93 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 22/12/2020 (3 ^{af}) – 1 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	127
Figura 94 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 10/12/2020 (5 ^{af}) – 1 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	127
Figura 95 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 11/12/2020 (6 ^{af}) – 1 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	128
Figura 96 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 12/12/2020 (sábado) – 1 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	128
Figura 97 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 13/12/2020 (domingo) – 1 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	128
Figura 98 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 14/12/2020 (2 ^{af}) – 1 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	129
Figura 99 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 15/12/2020 (3 ^{af}) – 1 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	129
Figura 100 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 16/12/2020 (4 ^{af}) – 1 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	129
Figura 101 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 17/12/2020 (5 ^{af}) – 1 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	130
Figura 102 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 18/12/2020 (6 ^{af}) – 1 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	130
Figura 103 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 19/12/2020 (sábado) – 1 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	130
Figura 104 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 20/12/2020 (domingo) – 1 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	131
Figura 105 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 21/12/2020 (2 ^{af}) – 1 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	131

Figura 106 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 22/12/2020 (3 ^{af}) – 1 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	131
Figura 107 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 18/11/2021 (5 ^{af}) – 2 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	132
Figura 108 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 19/11/2021 (6 ^{af}) – 2 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	132
Figura 109 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 20/11/2021 (sábado) – 2 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	133
Figura 110 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 21/11/2021 (domingo) – 2 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	133
Figura 111 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 22/11/2021 (2 ^{af}) – 2 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	133
Figura 112 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 23/11/2021 (3 ^{af}) – 2 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	134
Figura 113 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 24/11/2021 (4 ^{af}) – 2 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	134
Figura 114 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 25/11/2021 (5 ^{af}) – 2 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	134
Figura 115 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 26/11/2021 (6 ^{af}) – 2 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	135
Figura 116 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 27/11/2021 (sábado) – 2 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	135
Figura 117 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 29/11/2021 (2 ^{af}) – 3 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	136
Figura 118 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 30/11/2021 (3 ^{af}) – 3 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	136

Figura 119 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 1/12/2021 (4 ^{af}) – 3 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	137
Figura 120 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 2/12/2021 (5 ^{af}) – 3 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	137
Figura 121 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 3/12/2021 (6 ^{af}) – 3 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	137
Figura 122 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 4/12/2021 (sábado) – 3 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	138
Figura 123 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 5/12/2021 (domingo) – 3 ^a campanha de monitorização de som no PLx.	138
Figura 124 – Valores de L_d , L_e , L_n e L_{den} para os dias da primeira campanha.	139
Figura 125 – Valores de L_d , L_e , L_n e L_{den} para os dias da segunda campanha.	139
Figura 126 – Valores de L_d , L_e , L_n e L_{den} para os dias da terceira campanha.	140

Índice de tabelas

Tabela 1 – Velocidade de propagação do som.....	6
Tabela 2 – Exemplos da soma logarítmica.	9
Tabela 3 – Efeitos do ruído ambiente na saúde.....	20
Tabela 4 – Limites de exposição ao ruído em função da classificação de zonas.	26
Tabela 5 – Dez principais prioridades ambientais do setor portuário europeu ao longo do tempo.	32
Tabela 6 – Sistemas de monitorização sonora nos diversos portos.....	42
Tabela 7 – Dados recolhidos nos questionários nos diversos portos.....	43
Tabela 8 – Terminais de carga do PLx e tipo de cargas efetuadas em cada cais.	66
Tabela 9 – Movimento de mercadorias no Porto de Lisboa em 2017 (ton).....	66
Tabela 10 – Diferenças médias obtidas para diferentes aplicações e microfones.....	77
Tabela 11 – Dados da primeira campanha de monitorização de som no PLx.	87
Tabela 12 – Dados da segunda campanha de monitorização de som no PLx.	88
Tabela 13 – Dados da terceira campanha de monitorização de som no PLx.	89
Tabela 14 – Condições meteorológicas nos dias da primeira campanha de medição sonora.	91
Tabela 15 – Condições meteorológicas nos dias da segunda campanha de medição sonora.	92
Tabela 16 – Condições meteorológicas nos dias da terceira campanha de medição sonora.	93
Tabela 17 – Características dos navios atracados durante as três campanhas de medição de som.	94
Tabela 18 – Movimento de veículos pesados no cais durante a primeira campanha (dezembro de 2020).	95
Tabela 19 – Resultados globais das três campanhas de monitorização do som no PLx.....	110

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

Portugal está ligado ao mar desde os seus primórdios e a cidade de Lisboa, pela sua excelente posição geográfica em relação a todos os continentes e as excelentes condições naturais do estuário do rio Tejo, tornou-se um polo de atração de povos de todas as civilizações desde os tempos mais antigos. Por esta razão, a cidade cresceu e desenvolveu-se à volta do seu porto.

O facto de o foral de Lisboa de 1179 e o foral de Almada de 1190 privilegiarem as tripulações das embarcações com foros de cavaleiros (os cavaleiros eram geralmente indivíduos da nobreza, com bastantes privilégios que eram mantidos mesmo na velhice, isentos de impostos e que, em caso de morte, o título e respetivos privilégios passavam para as viúvas, até que se casassem), é bastante revelador da importância que, já na primeira dinastia, era atribuída ao Porto de Lisboa (PLx), embora a primeira referência explícita ao “Porto de Lisboa” só tenha ocorrido em 1305, na época de D. Dinis (Blot, 2003).

Durante vários séculos Lisboa foi uma das cidades portuárias mais importantes no mundo, com grande movimento de embarcações, com estaleiros navais dos mais evoluídos representando a grande indústria da cidade e um sem número de pequenas e complementares oficinas que representavam um grande polo de atração da força de trabalho (APL, 1987).

Apesar do grande movimento na cidade e principalmente à volta do porto, naquela época a sociedade não tinha consciência de que o ruído podia interferir com a sua saúde na forma de danos permanentes.

No século XVIII, em Inglaterra, começaram a surgir equipamentos mecânicos para a manufatura das mercadorias. As primeiras máquinas a surgir foram os teares, para responder ao forte setor da indústria do algodão. Com este desenvolvimento obteve-se uma maior produção em menor tempo e a menor custo. Esta situação levou a que se abandonassem as produções artesanais, com processos manuais, geralmente espalhadas por pequenas instalações em zonas rurais, perto das zonas de cultivo, e começassem a surgir espaços maiores com necessidade de mais trabalhadores para manter uma produção em grande escala e perto das zonas de melhor escoamento, dando origem ao crescimento das cidades.

Nesta época é quando também surge a máquina a vapor, considerado um equipamento muito inovador à época, que permitiu um grande desenvolvimento na indústria. Esta máquina aplicada a navios e veículos ferroviários permitiu também o rápido escoamento dos produtos produzidos até maiores distâncias, acedendo a mais compradores, contribuindo assim para a necessidade de continuar a aumentar a produção. Esta grande transformação social designada por Revolução Industrial (a primeira), rapidamente se espalhou pela Europa e Estados Unidos (embora em cada país se desenvolvesse em velocidades diferentes). A substituição

da madeira por carvão (existente em grande quantidade em Inglaterra) como fonte de energia foi outro dos grandes contributos para o desenvolvimento de novas indústrias que foram surgindo.

A produção em massa implicou também o transporte em massa das mercadorias, levando a um grande aumento do comércio marítimo, o transporte da época mais capaz para vencer maiores distâncias. Sendo Lisboa uma cidade com um porto no centro das rotas mais importantes (Mediterrâneo, Norte da Europa, América e África), viu crescer o número de navios com passagem pela cidade levando ao desenvolvimento do seu porto (situação transversal a todos os grandes portos da época).

Após a revolução industrial o ruído era um dado adquirido e representava uma consequência positiva da evolução tecnológica, pelo que poucos eram os que se preocupavam com o transtorno que poderia implicar face à mais-valia do desenvolvimento.

Ao longo dos anos o transporte marítimo continuou a aumentar, sendo necessário adotar novos equipamentos tecnicamente mais evoluídos para cargas e descargas. O grande aumento de carga por transporte marítimo e os novos equipamentos contribuíram para que os portos se tornassem locais muito movimentados e com ruído ambiente relevante.

Nos anos mais recentes as populações começaram a dar importância aos diferentes sons que existem nas aglomerações onde vivem e/ou trabalham. A sociedade começou a classificar de forma diferente os diversos tipos de sons, começando a designar os sons que a incomoda como ruído.

Nos últimos anos o ruído tornou-se uma questão ambiental também prioritária para os portos marítimos, devido à consciencialização dos efeitos do ruído sobre a saúde, por um lado, e à tendência internacional de explorar as áreas à beira-mar nas proximidades do porto para fins habitacionais, por outro. De acordo com Mustonen (2013), existe atualmente uma filosofia de planeamento urbano para zonas de portos que estavam localizados fora das áreas centrais da cidade. Seguindo esta filosofia, são projetados edifícios com diferentes funções, incluindo edifícios de habitação destinados a uma classe economicamente privilegiada, mas que pode gerar constrangimentos no futuro. Para obviar estes problemas, o ruído em zonas deste tipo deverá ser um fator de ponderação na avaliação dos locais para construção de edifícios de habitação.

Apesar de o ruído dos portos não estar contemplado na legislação, começaram a surgir alguns estudos sobre esta temática em alguns portos, entre os quais se destaca o Guia de Boas Práticas sobre Mapeamento e Gestão de Ruído na Área Portuária – *“Good Practice Guide on Port Area Noise Mapping and Management”*, NoMEPorts (2008). Este guia surge na sequência de um projeto colaborativo entre portos europeus, em que o porto de Amesterdão funcionou como gestor do projeto. O grupo de trabalho constatou que o problema do ruído era um problema importante na relação frequentemente sensível entre o porto e a cidade onde estava inserido. No entanto, em alguns países já existe legislação que regula a construção de habitação em áreas expostas ao ruído (Mustonen, 2013).

Atualmente, a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), considera que o ruído é uma das principais causas de degradação da qualidade do ambiente urbano (APA, 2020).

Os responsáveis políticos pela gestão dos municípios estão sensíveis para esta temática do ruído, um dos fatores considerados no âmbito de uma cidade com maior qualidade de vida para os seus habitantes. Um desses exemplos é dado pela Câmara Municipal de Lisboa (CML) concretizado no seu objetivo *“Avaliar e gerir*

o ruído ambiente, reduzir o número de pessoas expostas ao som excessivo, assegurar parâmetros de qualidade de vida e melhorar a qualidade do ambiente acústico, são algumas das preocupações presentes e futuras na gestão das cidades”. Recentemente, “Lisboa tem investido no aumento da sua estrutura verde, oferecendo aos cidadãos a possibilidade de praticar desporto, caminhadas e incentivar a modos de vida saudáveis nos diversos parques e jardins, nos quais se podem ouvir tranquilamente os sons da natureza” (CML, 2020).

Em 2021, a CML instalou uma rede de monitorização em tempo real do nível de ruído em toda a cidade, parcialmente financiada pelo projeto de inovação H2020 “Sharing Cities”, que irá permitir a atualização do Mapa Estratégico de Ruído da cidade (MER) (CML, 2021c).

1.2. Objetivos

O presente Trabalho Final de Mestrado (TFM), inserido no Mestrado de Engenharia da Qualidade e Ambiente do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, tem como objetivo, avaliar quantitativamente e qualitativamente o ruído do Porto de Lisboa, proveniente da movimentação de cargas e descargas dos navios e o impacto que o ruído aí produzido tem nas zonas circundantes da cidade, com diversas zonas residenciais, considerando que o PLx funciona 365 dias por ano, 24 h por dia.

Para alcançar estes objetivos, foram recolhidos dados no Porto de Lisboa, no Cais de Santa Apolónia, durante três campanhas de medições contínuas em três locais distintos do cais.

O local escolhido é um dos cais mais movimentados do Porto de Lisboa onde se procede à carga e descarga de contentores de navios, alguns, de grande porte. Este local foi indicado pelo Porto de Lisboa pelo ruído gerado pela sua atividade e potencial impacto nas populações vizinhas.

1.3. Organização do TFM

O presente trabalho está dividido em 6 capítulos, sendo o presente capítulo a introdução onde é feito o enquadramento do tema e se estabelecem os objetivos do TFM. Serão apresentados os fundamentos teóricos do som, uma breve descrição do sistema auditivo e caracterização do ruído. Serão ainda abordados os números disponíveis sobre os efeitos negativos do ruído na saúde humana.

No capítulo 2 será abordado o tema do ruído nos portos, fazendo uma breve análise do estado da arte. Este capítulo incluirá ainda o levantamento da legislação e normalização aplicável ao ruído ambiente e ruído ocupacional evidenciando a falta de legislação dedicada ao tráfego portuário.

No capítulo 3 será apresentado o caso de estudo no Porto de Lisboa, com a caracterização e história do porto, e uma breve resenha das atividades que ali ocorreram durante o último século. Será ainda abordada a posição estratégica que o PLx tem na Rede Europeia de Transportes. Por fim, serão analisados os dados de ruído disponíveis para esta zona, tendo por base os mapas de ruído da cidade e as reclamações existentes, assim como as medidas de som já realizadas pelo PLx.

No capítulo 4 será descrita a metodologia adotada para a recolha e tratamento de dados e apresentadas as medições realizadas.

No capítulo 5 serão apresentados e discutidos os resultados obtidos de acordo com os fatores de avaliação.

No capítulo 6 serão apresentadas as conclusões retiradas do trabalho e são propostos estudos futuros, de forma a dar desenvolvimento ou a completar o tema desenvolvido ao longo do presente trabalho.

1.4. Caracterização do som

1.4.1. Pressão sonora

O som é originado por vibrações da fonte sonora que provoca a colisão de partículas umas contra as outras, sucessivamente. Esta vibração arrasta consigo as moléculas do ar na sua vizinhança e as forças elásticas tendem a recolocar as respetivas moléculas na sua posição original. Este movimento produz uma sequência de zonas de compressão (partículas mais próximas) e rarefação (partículas mais afastadas) das moléculas do ar, conforme Figura 1, perturbando o seu estado de equilíbrio. O estado de oscilação das moléculas do ar vai-se comunicando a outras moléculas próximas dando origem a novas zonas de compressão e rarefação, ocorrendo a designada propagação de onda sonora. Com o afastamento da fonte sonora, as ondas sonoras vão-se dissipando gradualmente até deixarem de ter energia suficiente para perturbar as moléculas de ar em seu redor e desaparecerem. Da mesma forma, a intensidade do som vai diminuindo, acabando por desaparecer também (Everest, 2001).

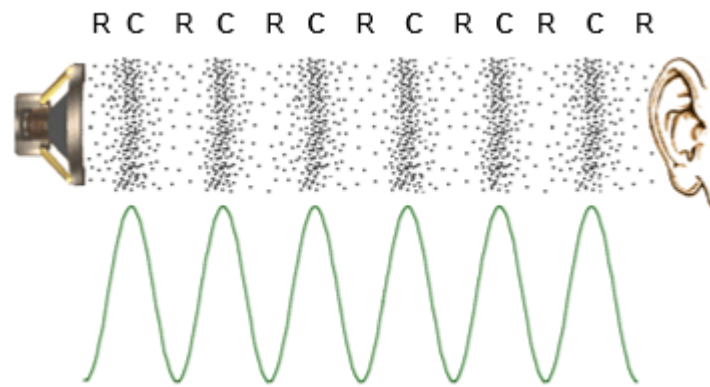


Figura 1 – Variação na pressão do ar: zonas de compressão (C) e rarefação (R) e forma de onda correspondente.

(Adaptada de Media College, 2021)

A onda sonora é uma onda mecânica, pelo que necessita de um meio para se propagar, que pode ser sólido, líquido ou gasoso. Este meio influencia a variação da velocidade de propagação da onda sonora, como se pode observar na Tabela 1. A velocidade de propagação é superior em meios mais rígidos e mais reduzida em meios mais flexíveis. No caso do som em ambiente exterior, a onda propaga-se através do ar ou outros meios que estejam entre a fonte sonora e o recetor (Imperialum, 2021b).

Tabela 1 – Velocidade de propagação do som.

Meio	Velocidade (m/s)
Ar	340
Água	1 460
Madeira	1 000 a 4 900
Cimento	4 000
Aço	4 700 a 5 150
Vidro	5 000 a 6 000

(Adaptada de Imperialum, 2021c)

As ondas sonoras são caracterizadas por três parâmetros físicos: a amplitude, o comprimento de onda e o período, conforme representado na Figura 2. A Amplitude é a pressão máxima ou mínima gerada pela vibração sonora, o comprimento de onda corresponde à distância percorrida pelo som ou onda sonora durante um ciclo de pressão e o período (T) corresponde ao intervalo de tempo que uma partícula demora a percorrer um ciclo de pressão. De acordo com a definição de período, o comprimento de onda corresponde ao espaço percorrido pela onda num período e este depende das características da fonte e das propriedades do meio de propagação.

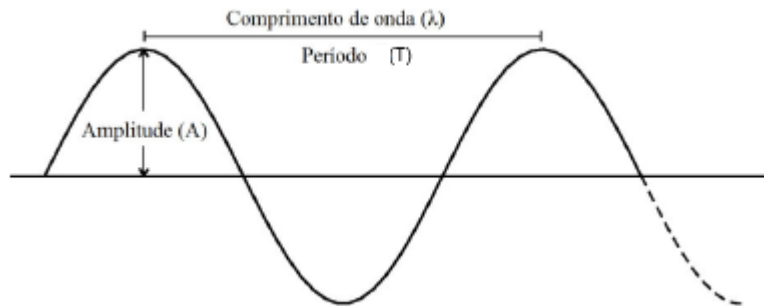


Figura 2 – Parâmetros físicos do som.

(Adaptada de Everest, 2001)

A velocidade do som está relacionada com o comprimento de onda e com a frequência, como se pode observar na Equação 1.

$$c = f \times \lambda$$

Equação 1

Em que: *c* - velocidade do som (m/s)
f - frequência (Hz ou ciclo)
λ - comprimento de onda (m/ciclo)

A variação de pressão, provocada pelas ondas sonoras, é uma das características mais importantes da propagação do som e o seu valor é calculado a partir de um valor de referência, a pressão atmosférica normal, cujo valor se assume como 101 400 Pa. Assim, a pressão sonora, cuja unidade é o Pascal (Pa), é a diferença entre a pressão ambiente instantânea, em relação à pressão atmosférica, conforme Figura 3, a partir da qual o ouvido humano é sensível.

Vários estudos revelam que as relativamente baixas alterações de pressão que ocorrem devido à alteração da pressão atmosférica, não são significativas para a medição da intensidade sonora. Também o efeito da alteração de humidade tem um efeito diminuto na propagação do som na atmosfera (Hannah, 2006 e Nijs, 1989).

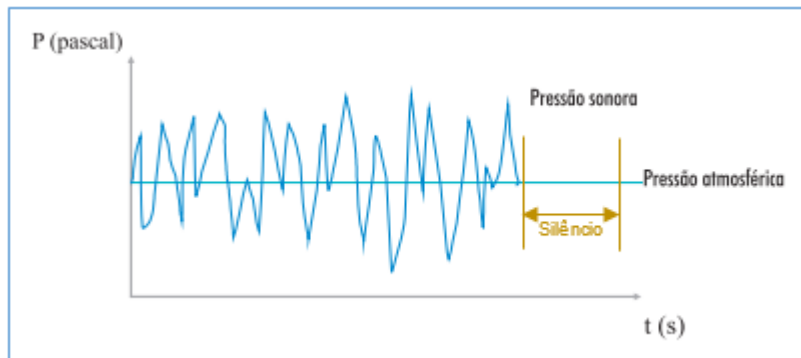


Figura 3 – Variações de pressão produzida por uma fonte sonora ao longo do tempo.

(Adaptada de Imperialum, 2021a)

1.4.2. Frequência

A frequência é o número de ocorrências de oscilação da onda num determinado tempo, numa posição fixa no espaço ou num meio sólido, e é expressa em Hertz (Hz), que corresponde a um ciclo por segundo. Observando a Equação 1, constata-se que a frequência é inversamente proporcional ao comprimento de onda, pelo que as altas frequências correspondem a pequenos comprimentos de onda e vice-versa.

A caracterização do ruído pode ser efetuada pelo nível de pressão sonora e pela sua frequência, que representa a taxa de ocorrência de flutuações completas de pressão por segundo em que, normalmente, se consideram três grandes zonas: graves, médias e agudas. Os sons de frequência inferior a 20 Hz são designados por infrassons e os superiores a 20 KHz por ultrassons (Figura 4). Com a idade, o ser humano tem tendência a perder a capacidade de ouvir as altas frequências (Valadas e Leite, 2004).

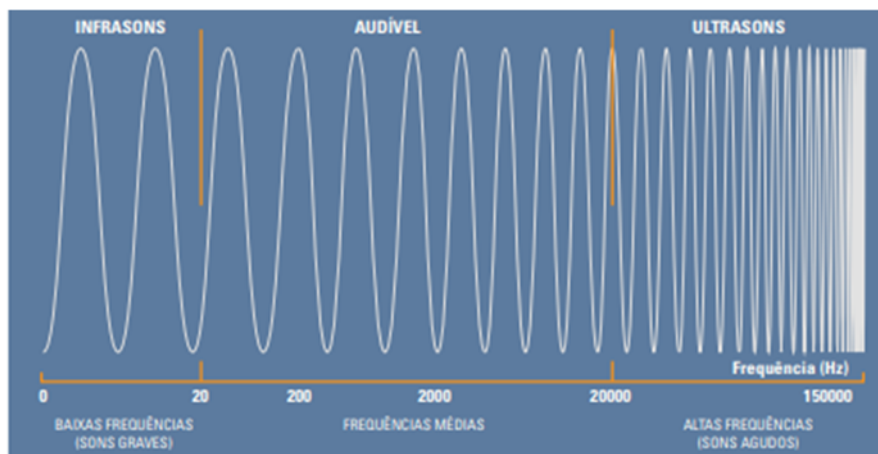


Figura 4 – Gamas de frequência.

(Valadas e Leite, 2004)

A sensibilidade do ouvido humano varia com a frequência, mas também varia com a diferença de níveis de pressão sonora entre os vários sons existentes. Por exemplo, se se falar da mesma forma numa sala com três pessoas ou trinta, no segundo caso existe a necessidade de falar mais alto uma vez que o ruído de fundo vai ficar ao mesmo nível da conversação (Brüel e Kjær, 2001). Esta sensibilidade audível está representada na Figura 5.

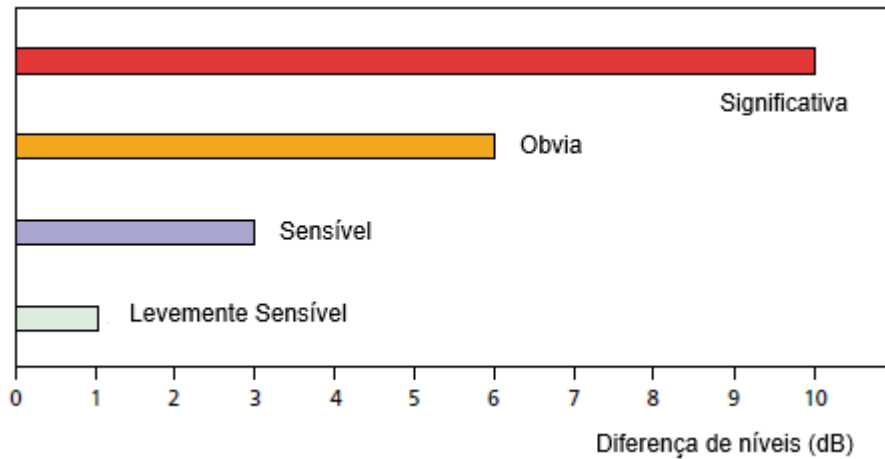


Figura 5 – Sensibilidade auditiva.

(Adaptada de Brüel e Kjær, 2001)

1.4.3. O decibel

O ouvido humano possui uma sensibilidade muito elevada à pressão sonora, dado que a relação entre a pressão sonora de um som audível e um som que cause dor é da ordem de 1 000 000. Mas esta escala é muito alargada e pouco prática quando utilizada na sua unidade de referência (Pa), pelo que é mais vantajoso recorrer a uma conversão da escala linear em Pa numa escala logarítmica de nível de pressão sonora em decibel (dB), através da Equação 2

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \log_{10} \frac{P}{P_0} \quad \text{Equação 2}$$

Em que: L_p - nível de pressão sonora expresso em dB
 P - pressão sonora expressa em Pa
 P_0 - pressão sonora de referência (2×10^{-5} Pa) que corresponde ao limiar mínimo da audição humana

A escala do decibel é utilizada para facilitar, mas obriga a algum cuidado na soma de dois níveis de pressão sonora, que também será logarítmica. Quando se tem uma soma de duas fontes sonoras com valores diferentes, L_1 e L_2 , a sua soma será:

$$L_1 + L_2 = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} \right) \quad \text{Equação 3}$$

Em que: L_1 - nível de pressão sonora 1 (fonte 1)
 L_2 - nível de pressão sonora 2 (fonte 2)

A Equação 3 apresenta, no entanto, algumas particularidades na soma logarítmica, apresentadas a seguir:

- Se se somar dois níveis de pressão sonora iguais, o resultado será esse valor mais 3 dB
- Se se somar dois níveis de pressão sonora diferentes em que o valor mais elevado seja superior em pelo menos 10 dB, a soma é aproximadamente igual ao maior valor.

No caso da soma de vários níveis de pressão sonora (várias fontes sonoras), temos a expressão geral:

$$L_{total} = 10 \times \log_{10} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \quad \text{Equação 4}$$

Em que: L_i - nível de pressão sonora (dB)
 n - número de níveis

Na Tabela 2, podemos visualizar três exemplos de cálculo para cada uma das duas particularidades atrás referidas, numa soma logarítmica:

Tabela 2 – Exemplos da soma logarítmica.

L₁ (dB)	L₂ (dB)	L₁+L₂ (dB)
50	50	53
55	55	58
60	60	63
50	60	60
60	70	70
50	70	70

1.4.4. Análise no tempo

Na maioria dos ruídos, do ponto de vista temporal, existe uma grande inconstância dos níveis de pressão sonora, pelo que se torna necessário recorrer ao fator tempo na descrição dos fenómenos sonoros. Assim, é necessário recorrer a descritores estatísticos que permitam avaliar num único valor um acontecimento de ruído ocorrido num determinado intervalo de tempo. O principal parâmetro descritor energético designa-se por “nível de pressão sonora contínuo equivalente” L_{eq} , e representa um valor equivalente ao valor que seria necessário ocorrer durante um intervalo de tempo para produzir a mesma energia que o fenómeno sonoro que se pretende avaliar, determinado pela Equação 5.

$$L_{eq} = 10 \times \log_{10} \left[\left(\frac{1}{T} \right) \sum_{i=1}^N t_i \times 10^{\frac{L_i}{10}} \right] \quad \text{Equação 5}$$

Em que L_{eq} - nível de pressão sonora equivalente
 L_i - nível de pressão sonora uniforme durante o tempo t_i
 t_i - tempo de ocorrência de um determinado som
 T - duração total de ocorrência do ruído, no período em análise

1.4.5. Fontes sonoras

As fontes sonoras são o centro da propagação a partir da qual o som se alastra sob a forma de ondas esféricas concêntricas e o estímulo sonoro consiste na vibração de um meio elástico como, por exemplo, o diafragma de um altifalante. Uma característica importante da fonte é a potência sonora representada por W , que se pode definir como sendo a energia total que num segundo atravessa uma esfera fictícia de raio r , centrada na fonte e que se quantifica em Watt (W). Outra grandeza relacionada com a potência sonora é a intensidade

sonora I , que representa a quantidade de energia que atravessa perpendicularmente uma área unitária por segundo numa dada direção e que se quantifica em W/m^2 . A Equação 6 relaciona a pressão sonora com as duas propriedades anteriores (potência sonora e intensidade sonora):

$$I = \frac{W}{4\pi \times r^2} = \frac{p^2}{\rho \times c} \quad \text{Equação 6}$$

Em que: I - intensidade sonora
 W - potência sonora
 r - distância à fonte
 p - pressão sonora
 ρ - massa volúmica do ar ($\approx 1,2 \text{ kg/m}^3$)
 c - velocidade de propagação das ondas sonoras no ar

A intensidade do som diminui à medida que a distância aumenta. Em espaço livre, sem influência de objetos circundantes, o som de uma fonte sonora é propagado uniformemente em todas as direções. A intensidade do som diminui, conforme indicado na Figura 6. A mesma potência sonora flui por A1, A2, A3 e A4, mas como as áreas aumentam com o quadrado do raio, significa que a potência sonora por unidade de área diminui com o quadrado do raio. Ou seja, quando se duplica a distância à fonte sonora, reduzimos a intensidade do som para um quarto do valor inicial (Everest, 2001).

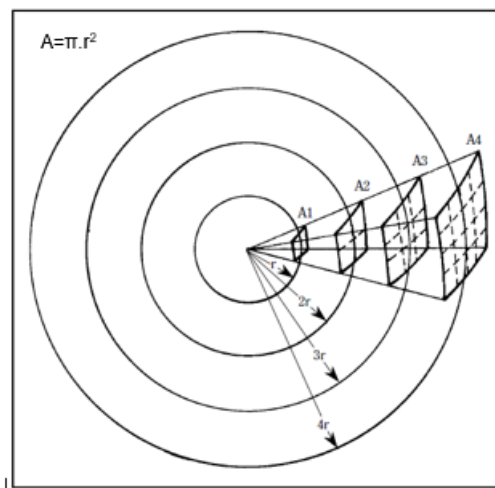


Figura 6 – Propagação de uma onda sonora.

(Adaptada de Everest, 2001)

As fontes sonoras, podem designar-se, de acordo com a sua atuação no tempo de uma forma permanente ou periódica, por:

- Pontuais – a passagem de um veículo numa via de pouco tráfego, por exemplo, em relação ao recetor assemelha-se a um episódio;
- Lineares – a passagem de veículos numa via de grande tráfego, passando de forma contínua, porque o recetor não chega a perceber a interrupção.

Relativamente ao ruído, este pode ser classificado em três tipos, dependendo da sua duração e da fonte sonora que está na sua origem (Brüel e Kjær, 2001):

- Contínuos – são ruídos produzidos por exemplo pelo funcionamento ininterrupto de uma máquina;

- Intermitentes – são ruídos produzidos por exemplo pela passagem de uma ambulância em marcha de urgência, em que o nível sonoro da sirene aumenta e decresce rapidamente;
- Impulsivos – são ruídos resultantes de um impacto, por exemplo o *rater* de um veículo motorizado.

A Figura 7 ilustra os três tipos de ruído atrás referidos, em que se pode comparar os diagramas ao nível da variação do nível de pressão sonora nas ordenadas em função do tempo nas abcissas. No caso do ruído impulsivo podemos ainda observar que, se se fizer uma medida do tipo “SLOW”, não se identifica convenientemente o pico da pressão sonora. Numa medição “SLOW”, assume-se que cada medição corresponde a um intervalo de um segundo. Todos os sons com duração menor que um segundo são incluídos na medida durante o segundo implicando a sua atenuação porque estamos a fornecer o valor médio do segundo de medição.

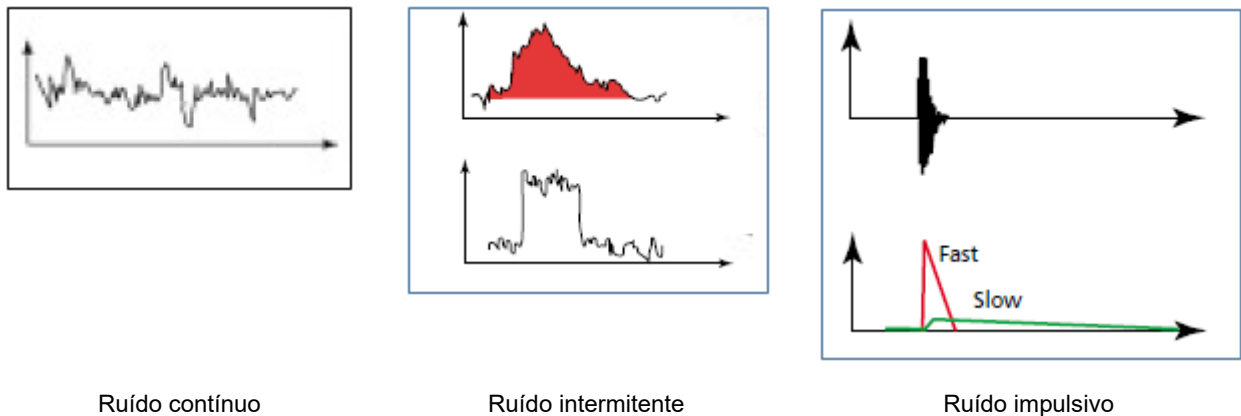


Figura 7 – Tipos de ruído.

(Adaptada de Brüel e Kjær, 2001)

Existem diversas designações para ruído, em que se destaca o ruído ambiente e o ruído nos edifícios:

Ruído ambiente, que representa o ruído global que será abordado neste trabalho, numa dada circunstância, num determinado período de tempo, devido ao conjunto das fontes sonoras que fazem parte da área analisada, ou seja, no caso concreto deste trabalho, no Terminal de Santa Apolónia do PLx e nas áreas circundantes, nomeadamente as zonas da cidade próximas do terminal.

No caso do estudo do comportamento acústico de edifícios, o ruído é classificado pela forma como se transmite e propaga no meio:

Ruídos de condução aérea, em que a transmissão é feita unicamente por vibração do ar sem contacto direto do estímulo original com a estrutura, por exemplo, os ruídos de vozes, de tráfego rodoviário, zonas portuárias.

Ruídos de percussão, em que há solicitação mecânica direta da fonte de irradiação sobre os elementos de construção, por exemplo, os ruídos de passos num pavimento superior, o bater de portas ou arrastar de móveis.

A Figura 8 é ilustrativa da forma como se propagam os sons aéreos e os sons de percussão.

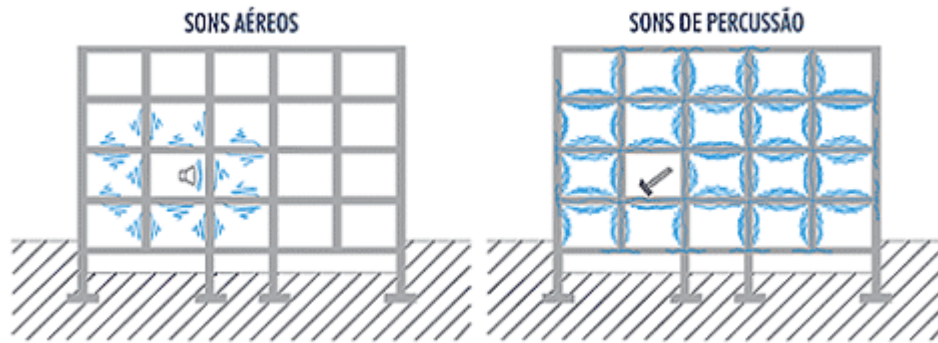


Figura 8 – Propagação de sons aéreos e sons de percussão.

(Imperialum, 2021b)

1.4.6. Influência das condições atmosféricas

Quando se realizam medições de som no exterior, a dissipação da energia sonora é influenciada pelas condições atmosféricas no local, nomeadamente pela ação do vento, chuva e pela variação da temperatura.

A Figura 9 ilustra a influência do vento nas ondas sonoras. A velocidade do vento aumenta com a altitude, aumentando a área para a dissipação do som do lado que sopra o vento e criando uma zona de sombra no lado oposto. Até aos 50 m, o vento tem menor influência na medição do nível de som. Mas, para distâncias maiores, a influência do vento aumenta e, se medido a favor do vento, o valor pode aumentar alguns dB. Mas, se a medição for feita contra o vento, o nível pode diminuir mais de 20 dB (dependendo da velocidade do vento). Assim, é preferível realizar a medição a favor do vento em que o desvio é menor (Brüel e Kjær, 2001).

No caso de a medição de ruído ocorrer com chuva, o som provocado por exemplo pela interação dos pneus com o piso molhado irá provocar níveis de ruído mais intensos do que se a medição se realizar sem chuva.

No caso da temperatura, os gradientes de temperatura criam efeitos semelhantes aos gradientes de vento, com a exceção de que, neste caso, os gradientes de temperatura são uniformes em todas as direções da fonte, como se pode observar na Figura 10. No entanto, existem dois comportamentos diferentes na influência da temperatura: o do gradiente normal e o da inversão simples. No período diurno ocorre a ascensão das ondas sonoras devido à temperatura do solo ser superior à temperatura em altitude, fazendo com que o ar se desloque de baixo para cima, arrastando com ele as ondas sonoras e, conseqüentemente, provocando uma zona de sombra acústica junto ao solo e um pequeno reforço na zona sobre a fonte emissora. No período noturno quando a temperatura do solo tem um valor inferior à temperatura uns metros acima do solo, o ar tende a descer e a arrastar parte das ondas sonoras até ao solo.

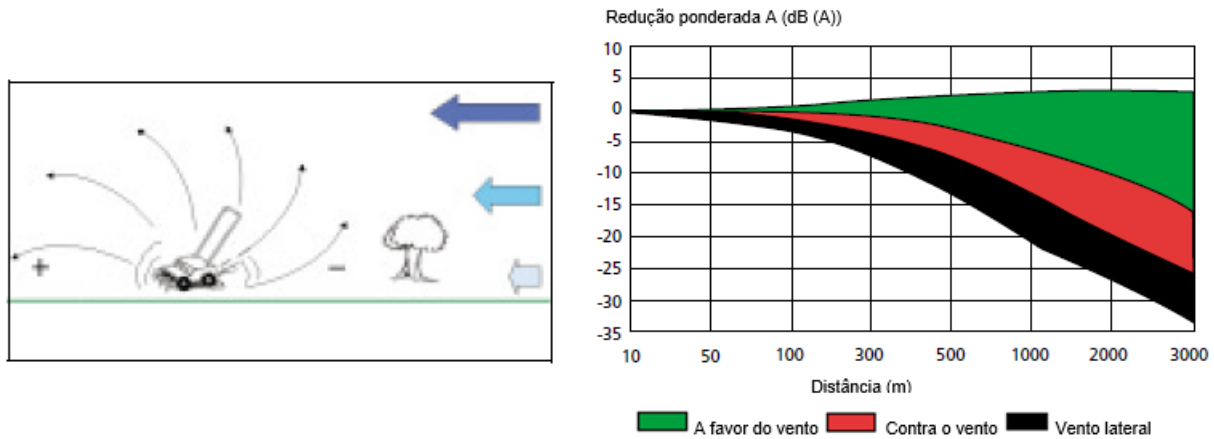


Figura 9 – Influência do vento nas ondas sonoras.

(Adaptada de Brüel e Kjær, 2001)

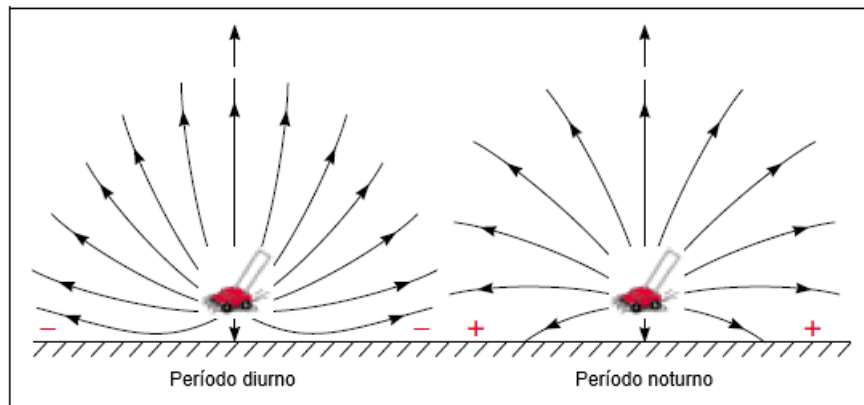


Figura 10 – Influência da temperatura nas ondas sonoras.

(Adaptada de Brüel e Kjær, 2001)

1.5. Sistema sensorial da audição humana

1.5.1. Descrição do aparelho auditivo

O ouvido é o órgão responsável pela audição e é constituído pelo ouvido externo, ouvido médio e o ouvido interno (Figura 11).

O ouvido externo é constituído pelo pavilhão auricular e o canal auditivo. O pavilhão auricular capta os sons do exterior. Estes são transmitidos ao longo do canal auditivo para chegarem ao tímpano, que é uma membrana que separa o ouvido externo do ouvido médio. Os sons provocam uma vibração da membrana que corresponde à pressão sonora.

O ouvido médio é formado pelos três ossos mais pequenos do corpo humano: martelo, bigorna e estribo e converte os sons que chegam em energia mecânica.

O ouvido interno é formado pela cóclea (em forma de caracol) que é responsável pela audição, vestíbulo e canais semicirculares que são responsáveis entre outras coisas pelo equilíbrio. O ouvido interno faz a conversão da energia mecânica em energia elétrica /impulsos nervosos que são depois enviados ao cérebro para se fazer o reconhecimento do som.

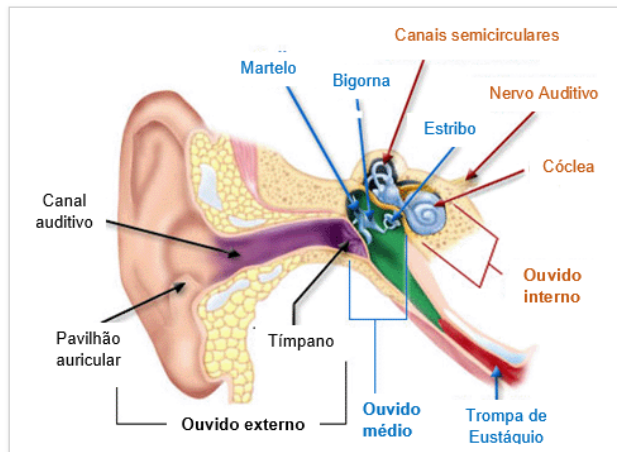


Figura 11 – Constituição do aparelho auditivo humano.

(Adaptada de OSHA, 2021)

As células ciliadas que estão no ouvido interno são células que se degradam com a idade e são elas as responsáveis pela perda gradual da audição. Mas, se houver uma exposição repetida a altos níveis de ruído também se pode perder a audição mais precocemente. Esta situação está geralmente associada a exposição excessiva ao ruído durante o desempenho profissional, o ruído ocupacional.

1.5.2. Curvas isofónicas

As curvas isofónicas representam a sensação auditiva provocada por um som no ouvido humano. Esta sensação é função da frequência e do nível de pressão sonora que esse som produz. Todos os sons que produzam uma sensação auditiva igual são unidos com uma linha. São estas linhas que se designam por curvas isofónicas, cuja representação se pode observar na Figura 12. Estas curvas representam os níveis de intensidade audível de um estímulo sonoro sinusoidal, expresso na unidade *fone*, numericamente igual ao nível de pressão sonora, expresso em dB, de um som com a frequência de 1 000 Hz.

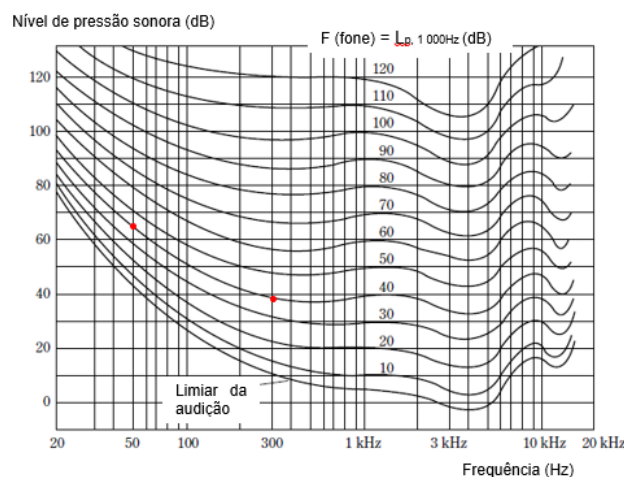


Figura 12 – Curvas isofónicas.

(Adaptada de Everest, 2001)

1.5.3. Curvas de ponderação

As curvas de ponderação funcionam como filtros de frequências, atribuindo pesos diferentes aos níveis de pressão sonora que são medidos em cada frequência. Em alguns casos, os níveis de pressão sonora para determinada frequência são reduzidos, enquanto noutros casos os níveis de pressão sonora, para outras frequências, são mantidos. Estas opções dependem dos objetivos pretendidos em que o mais usual é a simulação do ouvido humano que percebe melhor as frequências médias e pior as frequências altas e baixas, sendo necessário proceder a uma “correção” dos níveis para níveis perceptíveis ao ouvido humano.

Os sonómetros são aparelhos que medem os níveis de pressão sonora para uso do indivíduo. Uma vez que o ser humano não tem sensibilidade aos infra e ultrassons, é necessário corrigir os valores medidos por estes equipamentos para que se assemelhem à realidade humana, utilizando-se coeficientes de correção. Estes coeficientes de correção são obtidos de acordo com as curvas de ponderação. Assim, existe a curva de ponderação (filtro) “A”, que penaliza as frequências de acordo com o campo de audição do Homem. Com a utilização deste filtro obtém-se um nível de pressão sonora ponderado A, expresso em dB(A). Os indicadores de caracterização de ruído ambiente indicados na legislação também vêm expressos em dB(A). Existem ainda outras curvas de ponderação (ou filtros), aplicadas em outras utilizações, B e C por exemplo, todos representados na Figura 13.

No caso do filtro C, este é frequentemente utilizado em ambientes com muito ruído de baixa frequência. No estudo sobre o ruído no Porto de Dublin, Murphy *et al.* (2014) utilizaram uma regra prática medindo o ruído com filtros com curvas de ponderação C e A. Fazendo a diferença entre os valores dB(C) e dB(A) verificaram a existência de ruído de baixa frequência no porto. O filtro C é ainda utilizado para avaliar medições de pico do ruído.

Para se obter os valores de correção, utilizam-se as curvas isofónicas atrás referidas. As curvas A, B e C correspondem ao inverso das curvas isofónicas de 40, 70 e 100 fone, respetivamente. Assim, a ponderação para a curva A corresponde à diferença entre o valor da curva de referência (40) e o nível de pressão sonora, para uma determinada frequência (Everest, 2001).

Considere-se um som de 70 dB para duas frequências diferentes de 50 Hz e 300 Hz. Observando o gráfico das curvas isofónicas, verificamos que o som de 70 dB corresponde a 65 dB para 50 Hz e 38 dB para 300 Hz, (assinalado na Figura 12). Então para cada frequência tem-se o nível sonoro corrigido:

- Para 50 Hz
 - Ponderação = 40-65 = -25 dB
 - Nível de ponderação sonora = 70-25 = 45 dB(A)
- Para 300 Hz
 - Ponderação = 40-38 = +2 dB
 - Nível de ponderação sonora = 70+2 = 72 dB(A)

Os valores “-25 dB” e “+2 dB” representam a correção que é necessário fazer nestes casos. É através destes cálculos que se constroem tabelas em que, através da frequência e da curva selecionada, podemos retirar diretamente os valores das correções. Outra forma de obter estes valores de ponderação é através de um gráfico, como o apresentado na Figura 13, com as três curvas de ponderação normalizadas mais utilizadas,

que representam os respetivos filtros normalizados, utilizados nas medições de som. Ao utilizar estes filtros, A, B e C, passamos a designar os valores medidos por dB(A), dB(B) e dB(C), respetivamente.

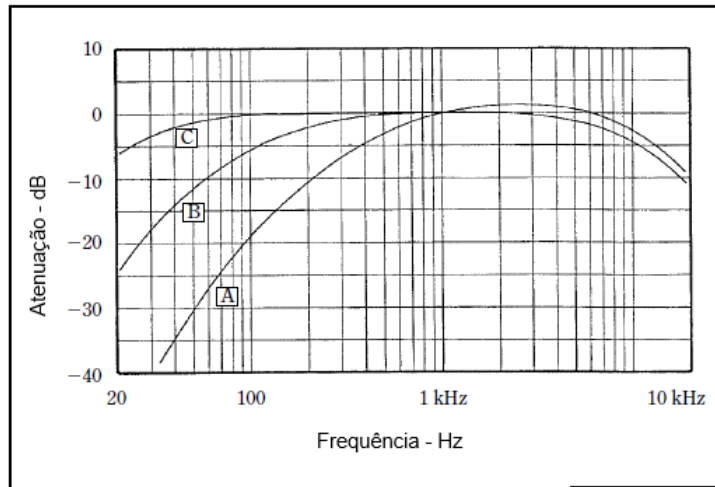


Figura 13 – Características de ponderação A, B e C para medidores de nível de som. (ANSI S1 .4-1971.).

(Adaptada de Everest, 2001)

Como a curva mais utilizada é a curva A, Equação 5 atrás referida será transformada na Equação 7, que permite obter o valor do nível de pressão sonora ponderado em A.

$$L_{p,A} = 10 \times \log_{10} \left[\left(\frac{1}{T} \right) \sum_{i=1}^N t_i \times 10^{\frac{L_i + \text{Compensação A}}{10}} \right] \text{ [dB(A)]} \quad \text{Equação 7}$$

- Em que $L_{p,A}$ - nível de pressão sonora equivalente ponderado em A
 : L_i - nível de pressão sonora uniforme durante o tempo t_i
 t_i - tempo de ocorrência de um determinado som
 T - duração total de ocorrência do ruído, no período em análise
 Compensação A - valor da ponderação devido à utilização de um filtro A

A curva A da Figura 14 tem uma forma idêntica à das curvas isofónicas e representa a área de audição de um indivíduo médio em plena posse das suas capacidades auditivas. A curva A representa o limiar da audição acima da qual os sons são audíveis pelo ser humano e a curva B representa o limiar da dor em que os sons acima desta curva podem provocar sensações dolorosas e/ou afetar irreversivelmente a audição do indivíduo. A área da audição tem duas dimensões: o eixo vertical que representa o nível de pressão sonora e o eixo horizontal que representa as frequências audíveis pelo ser humano entre 20 Hz e 20 KHz (Everest, 2001). Os sons na região abaixo dos 20 Hz (infrassons) ou na região acima dos 20 KHz (ultrassons) não são percecionados pelo ouvido humano.

1.6. Ruído ambiente

De acordo com a Diretiva Europeia 2002/49/CE, o ruído ambiente é um “som externo indesejável ou prejudicial criado por atividades humanas, incluindo o ruído emitido por meio de transporte, tráfego rodoviário, tráfego ferroviário, tráfego aéreo e instalações utilizadas na atividade industrial”.

É hoje amplamente aceite que o ruído ambiente representa um grave problema de saúde pública. Cada vez mais as cidades se tornam locais mais barulhentos em que os locais silenciosos começam a escassear. Esta situação faz com que se tenha começado a dar mais atenção ao ruído ambiente por parte das entidades ambientais e de saúde (Mustonen, 2013).

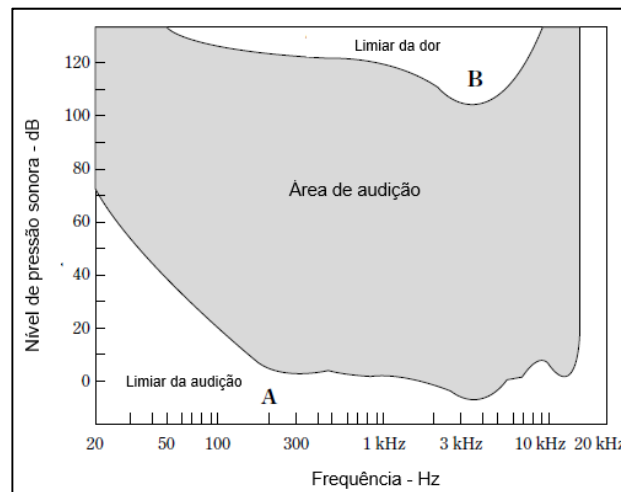


Figura 14 – Área de audição humana – (A) Limiar da audição (B) Limiar da dor.

(Adaptada de Everest, 2001)

A questão do ruído é muito mais complexa do que apenas os níveis de decibéis medidos. O ruído é uma questão subjetiva que depende da sensibilidade de cada ser humano e, por isso, é difícil determinar objetivamente a incomodidade.

Em matéria de ruído podemos distinguir duas áreas: o ruído ambiente, que irá ser analisado neste trabalho e que se refere à salvaguarda da saúde humana e do bem-estar das populações, e o ruído ocupacional, que se refere à salvaguarda da saúde dos trabalhadores quando o nível de som constitui uma causa de incómodo no local de trabalho.

De acordo com Lahti (2003), citado por Ahonen (2009), o som pode ter efeitos para a saúde mesmo que não seja um som irritante e pode ser perturbador apesar de não exceder os valores limites. Desta forma, o lado qualitativo do som (incómodo) pode ter uma importância superior ao lado quantitativo do som (níveis de decibéis). Essa definição dupla é útil porque, em primeiro lugar, o ruído pode ter efeitos à saúde, mesmo que não seja irritante e, em segundo lugar, o ruído pode ser perturbador, embora os valores-limite do ruído não sejam excedidos. Os sons intermitentes causam mais incómodo do que os sons constantes. Mas os sons constantes de baixa frequência, também têm um efeito bastante cansativo e podem contribuir para um nível reduzido de concentração. Também Murphy e King (2014) consideram que o incómodo por ruído não depende diretamente do nível de decibéis. Sons momentâneos ou de impulso (som caracterizado por curtos impulsos de pressão sonora, cuja duração de um impulso de pressão sonora é normalmente inferior a 1 s), sons com elementos tonais (som caracterizado por uma única componente de frequência ou por componentes de banda estreita que emergem de modo audível do som total) e sons de baixa frequência, geralmente abaixo dos 20 Hz são frequentemente mais perturbadores, os indivíduos não ouvem esse ruído, mas sentem. Considera também que a comunidade académica ainda não demonstrou interesse nem se debruçou sobre este tipo de ruído apesar do impacto que tem na saúde.

Alves *et al.* (2016) realizaram um estudo em Portugal sobre a incomodidade do ruído de baixa frequência propondo uma análise em duas vertentes: componente objetiva (medição dos níveis sonoros e gravação do som) e componente subjetiva composta por três etapas: a determinação do limiar de audição, a avaliação da incomodidade da exposição ao ruído utilizando uma escala de Likert (são respostas pré definidas a uma questão, geralmente cinco, que vai de uma atitude extrema a outra, por exemplo discordo totalmente a concordo totalmente, em que o questionado só tem que selecionar uma opção) e, a realização de testes cognitivos. Os autores do estudo após a análise dos questionários relativos à incomodidade chegaram à conclusão de que este tipo de ruído é considerado pela amostra selecionada como sendo incomodativo e constataram que este ruído apresenta níveis de pressão sonora acima dos considerados seguros para a saúde humana. Atribuíram este incómodo ao facto de o ruído de baixas frequências ter características tonais, que são habitualmente mais incomodativas, aliado ao facto de este tipo de ruído ter baixa capacidade de absorção pelos materiais habitualmente utilizados na construção civil, não permitindo que os edifícios entre a fonte sonora e o recetor tenham efeito de barreira acústica. Relativamente aos testes cognitivos realizados no estudo, estes não evidenciaram alterações cognitivas significativas. No entanto a função cognitiva “atenção” foi o ponto mais afetado, como por exemplo, na realização de operações matemáticas simples.

Junek *et al.*, (2010) realizaram também um estudo na República Checa sobre os efeitos do ruído de baixa frequência nos indivíduos das zonas circundantes aos festivais de música ao ar livre. Considerando que o som de baixa frequência tem uma atenuação muito baixa na propagação do ar e não é muito afetado por obstáculos, possibilita que o som atinja grandes distâncias. Uma vez que o ruído de baixa frequência não é regulamentado por lei e não existem valores limite para este tipo de ruído, e que os autores consideram que o filtro com ponderação A é inadequado nestas condições, o estudo preconiza a necessidade de estabelecer indicadores acústicos e valores limites adequados, propondo como um dos possíveis indicadores a diferença entre os valores LC_{eq} e LA_{eq} .

O problema do ruído é uma das desvantagens do crescimento económico e só pode ser parcialmente eliminado recorrendo a técnicas novas e mais silenciosas (Mustonen, 2013).

1.7. Impacto do ruído na saúde

Segundo Murphy e King (2014), só em 2002, na União Europeia, com a Diretiva Europeia do Ruído, houve uma maior consciencialização, tanto do público como dos legisladores sobre a relação entre a exposição humana ao ruído ambiental e questões relacionadas com a saúde pública. Esta tomada de consciência do perigo que o ruído representa para a saúde deu origem a algumas políticas sobre a poluição sonora, mas a um ritmo lento e abaixo do que seria necessário.

Em 2011, a Organização Mundial de Saúde (OMS), em colaboração com o JRC - European Commission, elaboraram um estudo “*Burden of disease from environmental noise*” que quantifica os anos de vida saudável perdidos na Europa, devido aos impactos do ruído ambiental na saúde. Este documento fornece ainda apoio técnico na avaliação quantitativa do risco de ruído ambiental, utilizando evidências e dados disponíveis na Europa, e pode servir de apoio tanto para os técnicos que estudam esta temática como para os decisores políticos dos vários estados europeus. Os diferentes capítulos do documento contêm resumo de revisões sintetizadas de evidências sobre a relação entre ruído ambiental e efeitos específicos na saúde, incluindo

doença cardiovascular, comprometimento cognitivo, distúrbio do sono, zumbido e aborrecimento. Um dos problemas do ruído deve-se ao fato de o sistema auditivo analisar continuamente as informações acústicas, que são filtradas e interpretadas por diferentes estruturas cerebrais, causando respostas agudas do sistema nervoso mesmo durante o sono. Para cada doença, a carga ambiental da metodologia é calculada com base na relação exposição-resposta e distribuição da exposição. Foram utilizadas evidências e dados disponíveis na Europa, mas, devido à falta de dados de exposição ao ruído no sudeste da Europa e nos novos estados independentes, não foi possível estimar a carga da doença em toda a Região Europeia da OMS, conforme se verifica na Tabela 3 (WHO e JRC, 2011).

Não foi dedicado nenhum capítulo à deficiência auditiva devido a ruído ambiente porque se constatou que os dados disponíveis sobre a prevalência de ruído de lazer e a relação entre ruído ambiente e deficiência auditiva não eram adequados para os cálculos da carga de doença. Já em relação ao efeito do ruído no incómodo, o documento apresenta um capítulo porque se considerou que apesar do incómodo não poder ser classificado como um "efeito na saúde", ele afeta o bem-estar de muitas pessoas e, portanto, pode ser considerado como estando dentro da definição de saúde da OMS como sendo "um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença ou enfermidade". A perturbação do sono é uma das queixas mais comuns levantadas pelas populações que estão expostas ao ruído, podendo ter grande impacto na saúde e na qualidade de vida, tanto com efeitos imediatos, como por exemplo despertares, como nos efeitos colaterais de sonolência e mau desempenho nas atividades do dia seguinte, ou mesmo em efeitos de longo prazo, como por exemplo distúrbio crónico do sono.

As fontes de ruído consideradas pela WHO e JRC (2011) referem apenas o ruído do tráfego rodoviário, tráfego ferroviário e tráfego aéreo, uma vez que são as referidas na Diretiva Comunitária. Evidencia ainda que a poluição sonora é o segundo indicador ambiental com maior impacto na saúde pública numa seleção de vários países europeus. Mas, o mais grave é que ao contrário de outros indicadores ambientais com tendência a diminuir, a exposição ao ruído ambiente continua a aumentar.

Para o cálculo da exposição da população ao ruído a WHO e JRC (2011) utilizam os critérios de L_{den} (nível equivalente dia-entardecer-noite) e L_n (nível equivalente noturno) propostos na diretiva comunitária. O L_n representa o nível sonoro equivalente durante todas as horas consideradas como período noturno entre as 23 h e as 7 h. Relativamente ao L_{den} , representa o nível sonoro equivalente durante as 24 horas do dia: as horas do período diurno, as horas do período do entardecer e as horas do período noturno. Neste caso, tem ainda uma particularidade em que incrementa o nível de ruídos ocorridos durante a noite em 10 dB, por este ser o período de repouso da maioria das pessoas, e incrementa o nível de ruídos ocorridos durante o entardecer, entre as 20 h e as 23 h em 5 dB, por este ser o período em que as pessoas já estão de regresso a casa e necessitam de iniciar o seu descanso.

O Relatório final elaborado pela WHO e JRC (2011) estabelece a base de evidências sobre os efeitos do ruído ambiente na saúde na Europa e, a EBD (*Environmental Burden of Disease*) é expressa como anos de vida ajustados por incapacidade, DALYs (*Disability Adjusted Life Years*), que representam a soma dos anos de vida perdidos devido à morte prematura, YLL (*Years of Life Lost*) e os anos de vida saudável perdidos por doença e/ou incapacidade, YLD (*Years Lived with Disability*).

Na Tabela 3 são apresentados os resultados finais estimados no documento da OMS (colunas 1 e 2). Dado não haver dados disponíveis para todos os países da Europa, foi considerada a EUR-A, Sub-região epidemiológica da OMS na Europa: Andorra, Áustria, Bélgica, Croácia, Chipre, República Checa, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Islândia, Irlanda, Israel, Itália, Luxemburgo, Malta, Mónaco, Holanda, Noruega, Portugal, San Marino, Eslovénia, Espanha, Suécia, Suíça e Reino Unido, com um total de 344 131 386 habitantes. Com estes dados, acrescentou-se uma coluna à tabela com o número de horas perdido em cada um dos efeitos do ruído na saúde, por habitante considerado.

Tabela 3 – Efeitos do ruído ambiente na saúde.

Efeitos do ruído ambiente	DALYs	Horas/habitante (*)
Zumbido	22.000	0,6
Deficiência cognitiva de crianças	45.000	1,1
Doença isquémica do coração	61.000	1,6
Incómodo	587.000	14,9
Distúrbio do sono	903.000	23,0

Nota: DALYs – anos de vida ajustados por incapacidade; (*) considerando 344 131 386 habitantes;
(Adaptada de WHO e JRC, 2011)

O ruído portuário tem sido negligenciado pela Diretiva Comunitária do Ruído, razão pela qual não tem sido dada grande atenção à avaliação da exposição dos cidadãos a este tipo de ruído, mesmo sabendo que esta exposição ao ruído tem grandes implicações na saúde dos indivíduos (Nastasi *et al.*, 2020).

A OMS (WHO, 2018) publicou um documento que estabelece algumas diretrizes que fornecem recomendações para proteger a saúde humana da exposição a ruídos ambientais provenientes de várias fontes: ruído de transporte (tráfego rodoviário, ferroviário e aéreo). Este documento refere ainda recomendações para fontes de ruído que anteriormente não eram referidas, ruído de turbinas eólicas e ruído de lazer.

São referidos como princípios orientadores: reduzir, promover, coordenar e envolver:

- Reduzir a exposição ao ruído, preservando as áreas silenciosas.
- Promover intervenções para reduzir a exposição ao ruído e melhorar a saúde.
- Coordenar abordagens para controlar as fontes de ruído e outros riscos ambientais para a saúde.

As diretrizes estão voltadas para decisores e especialistas técnicos, fazendo recomendações sobre os níveis de ruído acima dos quais se sabe que há impactos na saúde para algumas fontes de ruído e fornecendo orientações para quantificar esses impactos. Embora desenvolvidas para a Região Europeia da OMS, estas diretrizes fornecem uma estrutura geral para uso por um público global.

2. O RUÍDO NOS PORTOS

2.1. Evolução das cidades portuárias

Desde os primórdios da história que a presença de água, seja ela em forma de rio, mar, ou lago, fixou os povos. A água era essencial para a sobrevivência humana, tanto utilizada diretamente na possibilidade de acesso a alimentação (pesca) como meio de acesso e comunicação. Perante a difícil comunicação por via terrestre, as trocas comerciais faziam-se, e ainda se fazem maioritariamente, a partir destes acessos marítimos, com a vantagem de poder transportar uma carga superior ao que seria possível por via terrestre. Recorde-se a procura do Caminho Marítimo para a Índia como alternativa à longa e difícil comunicação terrestre. Estes factos originaram o natural aparecimento dos portos e uma maior fixação de pessoas junto ao local como, por exemplo, os artesãos necessários ao apoio de todas as tarefas inerentes aos navios em torno do local onde toda a atividade ocorria surgindo assim as primeiras cidades portuárias (Blot, 2003)

Na época dos Descobrimentos, com o desenvolvimento das embarcações e instrumentos de navegação, surgiram novos impérios marítimos: Lisboa, Londres, Hamburgo, Roterdão e Antuérpia. Estas cidades tinham as praças comerciais e edifícios financeiros localizadas estrategicamente junto ao mar. Também no mar Mediterrâneo, que já era uma zona de grande movimento marítimo, as rotas comerciais se intensificaram devido à criação de novas cidades que levaram a um aumento do transporte de mercadorias e passageiros (Santos, 2016).

Até ao séc. XIX o porto fazia parte integrante da cidade e representava o grande meio de comunicação da época pelo que, as cidades com portos tinham grande vantagem comercial em relação às outras. A partir do séc. XIX, até meados do séc. XX, com a revolução industrial e a maior capacidade de produção, o porto tornou-se um ponto de passagem de grande quantidade de mercadorias. Houve a necessidade de crescimento do porto o que levou a cidade a crescer para o interior. Iniciou-se aqui o processo de separação da cidade e do porto com cada vez maior capacidade de carga. Foi, entretanto, necessário fazer chegar os transportes de ligação ao porto, como por exemplo, grandes vias e linhas férreas. James Bird em 1963, elaborou o modelo Anyport que considerava o espaço portuário como uma sucessão linear e cronológica de fases históricas de desenvolvimento organizado em três etapas, em que cada uma envolvia uma mudança ou evolução no *layout* físico dos portos, conforme apresentado na Figura 15 (Monié e Vasconcelos, 2012).

Com o desenvolvimento industrial as cidades passaram a ser invadidas por sons artificiais no dia-a-dia da população e começaram a surgir as primeiras preocupações com o incómodo que o ruído provocava. De acordo com Carvalho (2015), citado por Lopes (2017), a primeira comissão de redução de ruído (*noise abatement commission*), realizou o primeiro inquérito de que há registo em 1930, em Nova Iorque (Figura 16 a), sobre ruído ambiente na cidade. O inquérito foi amplamente divulgado nos jornais da cidade, tendo - se

obtido 11 068 respostas distribuídas conforme a Figura 16 b), que permitiram elencar as fontes sonoras identificadas, que se mantêm atuais nos dias de hoje.

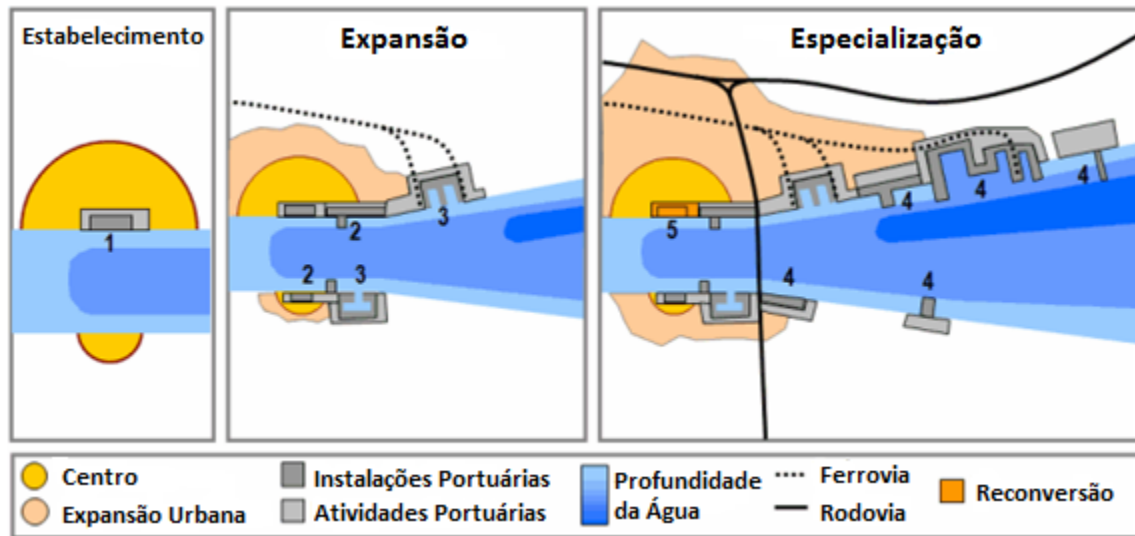


Figura 15 – Modelo AnyPort – Desenvolvimento e fases do porto tradicional.

(Adaptada de Monié e Vasconcelos, 2012)

A Figura 16 b) traduz os resultados do inquérito, em modo cartaz, e é um bom exemplo dos ruídos existentes numa cidade, dando destaque a que já em 1930, em Nova Iorque, foram considerados os ruídos do porto como um conjunto específico de fontes sonoras. Na Figura 17 consideraram-se as várias atividades ruidosas: Tráfego, Transportes, Construção de edifícios, Casas, Ruas, Portos e Rios, Recolhas e Entregas e Diversos. Em seguida, identificaram todas as fontes sonoras para cada uma destas atividades. Na Europa, ainda hoje a legislação do ruído ambiente continua a não considerar as zonas portuárias com regras próprias.

Realça-se que já nessa época, se caracterizou muito bem os sons incomodativos numa cidade. No caso dos portos e rios identificaram: apitos, sinos, sirenes, buzinas e exaustão dos motores. De uma forma geral estas fontes sonoras ainda hoje se manifestam nas zonas portuárias. Sendo esta imagem o resultado de um questionário, numa época em que a comunidade tinha menor consciência dos problemas de ruído. As 11 068 respostas (voluntárias) dadas ao questionário, revelam o despertar da população para esta problemática. Como consequência deste inquérito, o primeiro código de ruído da cidade surge em 1936 nos Estados Unidos da América, e limita a utilização de rádios ou instrumentos musicais, especialmente entre as 23 h e 7 h, que representa maior rigor em relação ao ruído noturno, tal como acontece nos dias de hoje.

Este código também impedia, o uso de um tambor, a utilização de um alto-falante ou outro dispositivo para atrair a atenção para mercadorias e, ruído excessivo perto de escolas, hospitais ou tribunais (New York Times, 1930 b), o que já indicava a perceção de zonas sensíveis, de acordo com as definições atuais.

Com o grande aumento do transporte marítimo, com maior quantidade de cargas e descargas e a evolução tecnológica com mais equipamentos para apoio à atividade portuária, mais fontes sonoras surgiram nestes noventa anos.

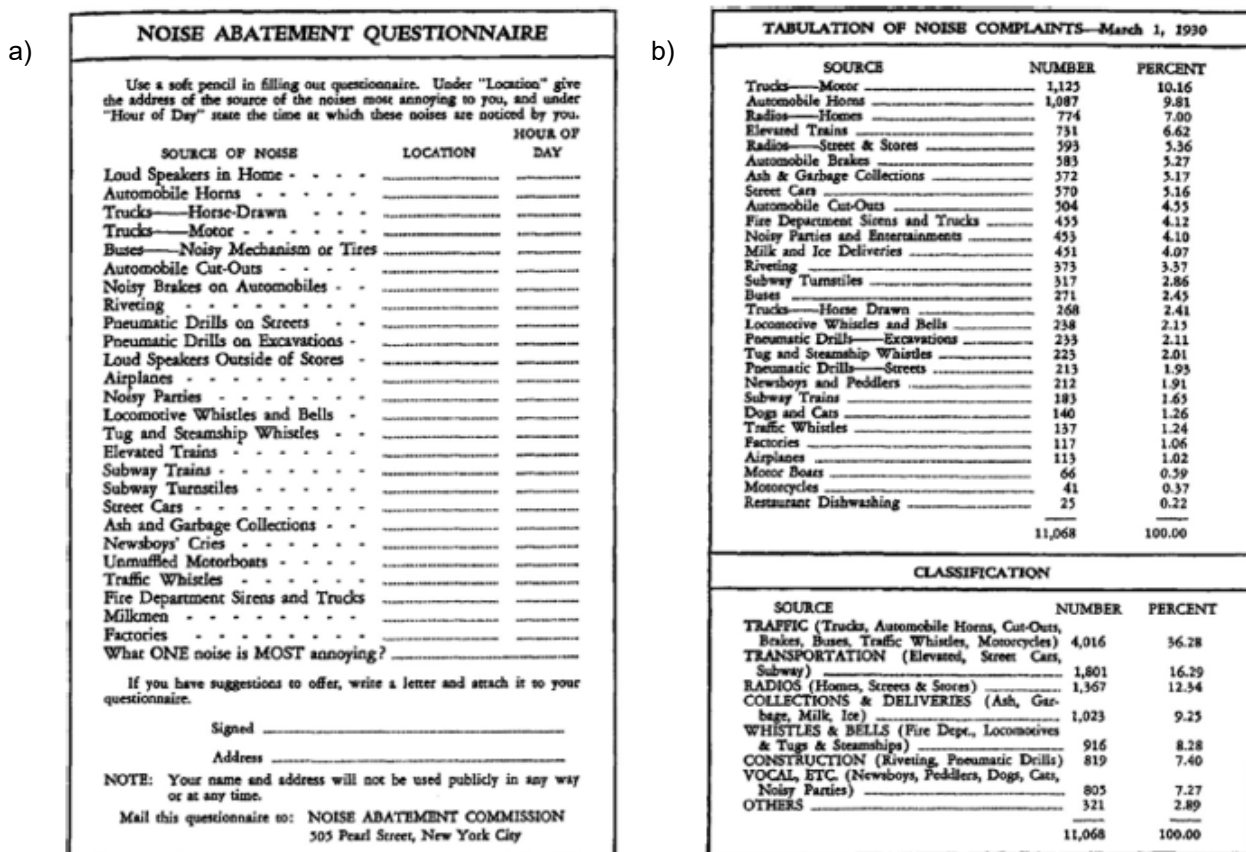


Figura 16 – Questionário distribuído em 1930 pelo jornal New York Times (a) e resultados obtidos (b). (New York Times, 1930 a)

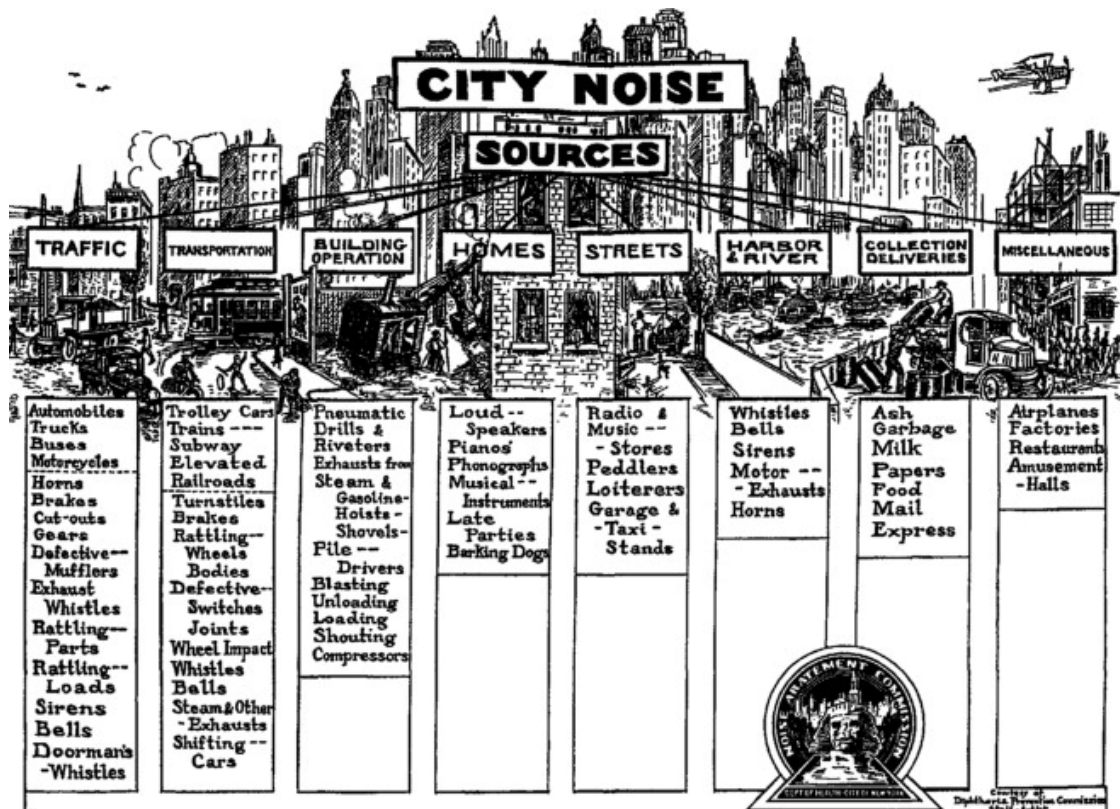


Figura 17 – Representação das fontes sonoras mencionadas no primeiro inquérito sobre ruído ambiente. (New York Times, 1930 b)

2.2. Legislação e normas aplicáveis

2.2.1. Cronologia da legislação do ruído ambiente

Desde 1987 que o ruído se encontra regulado em Portugal pela Lei de Bases do Ambiente, através da Lei n.º 11/87 de 11 de abril e do Decreto-Lei n.º 251/87 de 24 de Junho, que aprovou o primeiro Regulamento Geral sobre o Ruído. Este regulamento serviu para completar e atualizar de forma integrada matéria repartida em legislação diversa e estabeleceu um conjunto de normas adequado a uma política de prevenção e combate ao ruído, para um ambiente mais sadio. Este regulamento foi bastante inovador e o legislador reconheceu-o quando estabeleceu a obrigatoriedade de revisão ao fim de três anos de vigência no artigo 2º do Decreto-Lei de aprovação.

Em 1996, a Comissão Europeia, no Livro Verde sobre a futura Política do Ruído, identifica o ruído no meio ambiente como um dos principais problemas ambientais da Europa. Por exigência do Parlamento Europeu na sua resolução de 10 de junho de 1997, foi decidido que as medidas e ações concretas contidas no documento fossem incluídas numa diretiva que visasse a redução do ruído ambiente. No entanto, verificou-se que existia falta de dados fiáveis e comparáveis para as diferentes fontes de ruído.

Foi entendido que os dados relativos ao ruído ambiente deveriam ser recolhidos, coligidos e comunicados pelos Estados-Membros, segundo critérios comparáveis, harmonizando a utilização de indicadores e de métodos de avaliação.

Durante este período em Portugal a legislação sobre o ruído foi sofrendo alterações. A primeira alteração ocorreu passados treze anos e não os três anos estabelecidos pelo legislador, com o Decreto-Lei n.º 292/2000 de 14 de Novembro, que aprovou o Regime Legal Sobre a Poluição Sonora (RLPS) incluindo as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 292/89 de 2 de Setembro. Neste caso, ao utilizar a designação “poluição sonora” já se deu conotação negativa a esta componente do ambiente, admitindo que existem sons que poluem.

Em 2002 surge a Diretiva 2002/49/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho de 26 de junho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. Esta Diretiva estabelece a obrigatoriedade de efetuar a recolha de dados acústicos nos vários Estados-Membros e de elaborar relatórios sobre o ambiente acústico ao nível comunitário. O Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de Julho, transpõe para o direito nacional esta diretiva comunitária, retificado pela Declaração de Rectificação n.º 57/2006, de 31 de Agosto.

Devido à evolução legislativa nacional e comunitária nesta temática, houve necessidade de clarificar a articulação do Regulamento Geral do Ruído (RGR) com outros regimes jurídicos, como o da urbanização e da edificação e o de autorização e licenciamento de atividades. O Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro, procede a ajustamentos ao regime legal sobre poluição sonora aprovando o novo RGR de modo a compatibilizá-lo com as normas ora aprovadas, em especial a adoção de indicadores de ruído ambiente harmonizados. Foram incluídas neste Decreto-Lei, as alterações entretanto introduzidas Decreto-Lei n.º 76/2002, de 26 de Março, que aprova o Regulamento das Emissões Sonoras para o Ambiente de Equipamento para Utilização no Exterior (RESAEUE); o Decreto-Lei n.º 259/2002, de 23 de Novembro, que estabelece a competência dos órgãos municipais na participação e fiscalização do cumprimento do RGR e o Decreto-Lei n.º 293/2003, de 19 de Novembro, que transpõe para a ordem jurídica nacional a

Diretiva n.º 2002/30/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 26 de Março, relativa ao estabelecimento de regras e procedimentos para a introdução de restrições de operação relacionadas com o ruído nos aeroportos comunitários.

Existe ainda o Decreto-Lei n.º 136-A/2019, de 6 de Setembro, que transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva (UE) 2015/996, da Comissão, de 19 de maio de 2015. Esta Diretiva procede à alteração do Anexo II da Diretiva 2002/49/CE, estabelecendo métodos comuns de avaliação do ruído, tornando obrigatória a adoção desses métodos.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro, existem três períodos de referência para o indicador de ruído:

- Período diurno – das 7 às 20 horas (duração de 13 horas);
- Período do entardecer – das 20 às 23 horas (duração de 3 horas);
- Período noturno – das 23 às 7 horas (duração de 8 horas);

O indicador de ruído diurno (L_d), determinado durante uma série de períodos diurnos representativos de um ano, pode ser expresso pela Equação 8:

$$L_d = 10 \times \log_{10} \frac{1}{13} \left[\sum_{i=1}^{13} 10^{\frac{L_{i eq,h}}{10}} \right] \quad \text{Equação 8}$$

Em que: L_d - "Indicador de ruído diurno", é o nível sonoro médio de longa duração, determinado durante uma série de períodos diurnos representativos de um ano

: $L_{i eq,h}$ – Nível equivalente de pressão sonora numa hora (para as 13 horas do período diurno – 7 h às 20 h)

O indicador de ruído do entardecer (L_e), determinado durante uma série de períodos do entardecer representativos de um ano, pode ser expresso pela Equação 9:

$$L_e = 10 \times \log_{10} \frac{1}{3} \left[\sum_{i=1}^3 10^{\frac{L_{i eq,h}}{10}} \right] \quad \text{Equação 9}$$

Em que: L_e – "Indicador de ruído do entardecer", é o nível sonoro médio de longa duração, determinado durante uma série de períodos do entardecer representativos de um ano

$L_{i eq,h}$ – Nível equivalente de pressão sonora numa hora (para as 3 horas do período do entardecer – 20 h às 23 h)

O indicador de ruído noturno (L_n), determinado durante uma série de períodos noturnos, pode ser expresso pela Equação 10:

$$L_n = 10 \times \log_{10} \frac{1}{8} \left[\sum_{i=1}^8 10^{\frac{L_{ieq,h}}{10}} \right] \quad \text{Equação 10}$$

Em que: L_n – “Indicador de ruído noturno”, é o nível sonoro médio de longa duração, determinado durante uma série de períodos noturnos representativos de um ano

$L_{ieq,h}$ – Nível equivalente de pressão sonora numa hora (para as 8 horas do período noturno – 23 h às 7 h)

O indicador de ruído diurno-entardecer-noturno (L_{den}), associado ao incómodo global durante as 24 h do dia, com uma penalização de 10 dB(A) para o ruído noturno e uma penalização de 5 dB(A) para o ruído do entardecer e pode ser expresso pela Equação 11:

$$L_{den} = 10 \times \log_{10} \frac{1}{24} \left(13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \quad \text{Equação 11}$$

Os planos municipais de ordenamento do território definem a ocupação das várias áreas de cada município. De acordo com essa ocupação classificam as zonas em sensíveis (quando destinadas a uso habitacional, escolas, hospitais ou espaços de lazer, existentes ou previstos), e mistas (quando a ocupação das áreas existentes ou previstas, é diferente do considerado nas zonas sensíveis). No caso da cidade de Lisboa, de acordo com o artigo 21º do Plano Diretor Municipal (PDM), toda a área do território municipal foi classificada como zona mista.

Esta classificação é importante porque, o Decreto-Lei n.º 9/2007, estabelece os valores limite de exposição ao ruído em função dessa classificação, conforme apresentado na Tabela 4. Nesta tabela é ainda considerada a proximidade das zonas sensíveis de uma Grande Infraestrutura de Transporte (GIT), existente ou projetada.

Tabela 4 – Limites de exposição ao ruído em função da classificação de zonas.

Classificação da zona	L_{den} dB(A)	L_n dB(A)
Zonas sensíveis	55	45
Zonas sensíveis na proximidade de GIT terrestre existente	65	55
Zonas sensíveis na proximidade de GIT aéreo em projeto	65	55
Zonas sensíveis na proximidade de GIT não aéreo em projeto	60	50
Zonas mistas	65	55
Zonas fora dos perímetros urbanos, não classificadas (*)	63	53

(*) Até ser classificada em sensível ou mista (Decreto-Lei n.º 9/2007)

Na Figura 18, podemos ver de forma resumida a evolução da legislação do ruído ambiente. Atualmente vigora o Decreto-Lei n.º 9/2007, sendo que o primeiro grande projeto de mitigação de ruído nos portos é de 2008, nenhum dos dados entretanto recolhidos neste projeto e seguintes se encontra refletido na legislação.

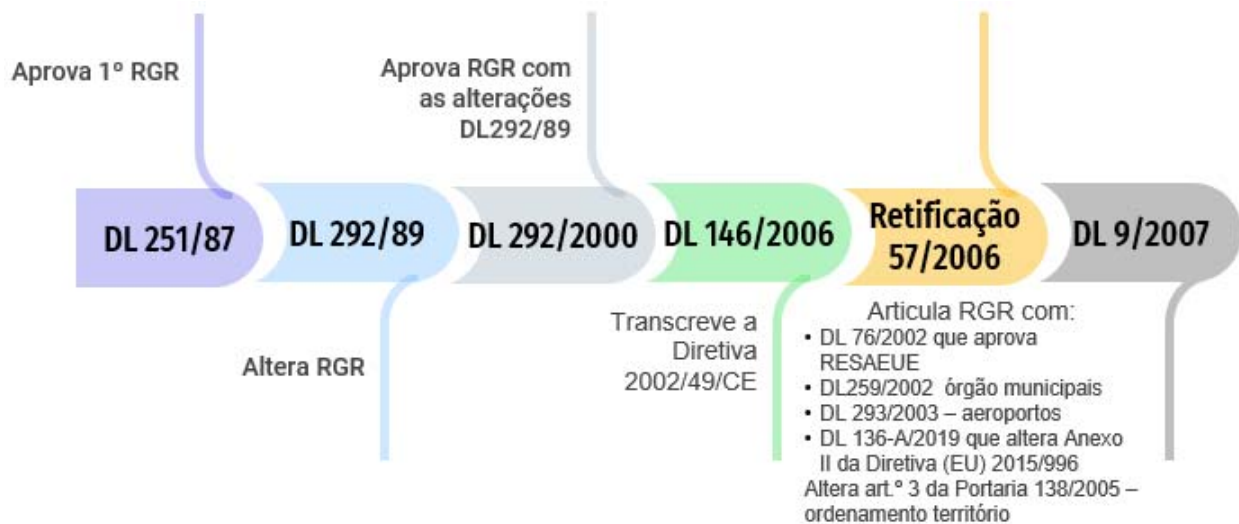


Figura 18 – Cronologia da legislação do ruído ambiente.

2.2.2. Ruído ocupacional

Relativamente ao ruído nos locais de trabalho em Portugal, vigora o Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro, que transpõe para a ordem jurídica interna a *Diretiva 2003/10/CE Do Parlamento Europeu e Do Conselho Da União Européia, de 6 de Fevereiro, Relativa Às Prescrições Mínimas de Segurança e de Saúde Em Matéria de Exposição Dos Trabalhadores Aos Riscos Devidos Aos Agentes Físicos (Ruído)*.

Este Decreto, conforme disposto no n.º 2 do artigo 1º é aplicável a todas as atividades dos sectores privado, cooperativo e social da administração pública central, regional e local, dos institutos públicos e das demais pessoas coletivas de direito público, bem como a trabalhadores por conta própria.

O Decreto-Lei n.º 182/2006, estabelece o valor limite de exposição e os valores de ação de exposição superior e inferior e determina um conjunto de medidas a aplicar sempre que sejam atingidos ou ultrapassados esses valores.

Este tipo de ruído tem a ver com valores de exposição dos trabalhadores e é o ruído que mais provoca a perda de audição. Neste caso é avaliado o valor de ruído a que está exposto o trabalhador, bem como o tempo de exposição. De acordo com a legislação num dia de trabalho de 8 h, se ($LA_{eq}, 8h$) for igual ou superior a 80 dB(A), o trabalhador deve ter disponível uma proteção auditiva. Se este valor for superior a 85 dB(A) a utilização da proteção auditiva é obrigatória.

2.2.3. Normalização aplicável

A atual legislação de ruído ambiente em Portugal enquadra a adoção da Norma Portuguesa (NP) ISO 1996, de 2019. Esta norma intitulada "*Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente*", é constituída por duas partes, e está harmonizada com a Norma Internacional ISO 1996-1:2016, "*Acoustics. Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1*".

A primeira parte da norma define as "*grandezas fundamentais e métodos de avaliação*". A segunda parte da norma, "*determinação dos níveis de pressão sonora*", estabelece os procedimentos a adotar na realização de

ensaios acústicos para avaliação de exposição a níveis de ruído ambiente exterior e para avaliação da incomodidade devida ao ruído.

A Agência Portuguesa do Ambiente (2020) publicou um “*Guia prático para medição de ruído ambiente*”, para harmonizar os procedimentos de medição e tratamento de resultados, tendo em vista a boa aplicação desta norma, no contexto do RGR.

Do conteúdo da norma, salientam-se as definições dos vários tipos de ruído e grandezas fundamentais, os fatores a ter em conta para uma correta seleção dos intervalos de avaliação dos níveis sonoros bem como o equipamento a utilizar e correspondente classe de precisão. São ainda estabelecidas recomendações sobre as posições de medição, diferenciadas para medições no exterior e interior de recintos.

2.2.4. Legislação sobre ruído nos portos

A legislação atualmente existente em Portugal sobre o ruído ambiente, Decreto-Lei n.º 9/2007, considera GIT apenas infraestruturas rodoviárias, infraestruturas ferroviárias e infraestruturas aéreas, nunca referindo infraestruturas portuárias.

Sendo o porto uma infraestrutura industrial, aplica-se o Decreto-Lei n.º 182/2006 para avaliação do ruído, mas apenas para os trabalhadores do porto. Os portos enquanto “indústria” estão sujeitos a esta legislação para os trabalhadores do porto, mas se o ruído do porto incomodar quem vive perto não se aplica este decreto que só se aplica a ruído ocupacional.

A falta de regulamentação deve-se principalmente ao número de entidades e autoridades envolvidas e à complexidade do porto como fonte de ruído (Borelli *et al.*, 2019).

Ao não considerar os portos como uma GIT, estes ficam isentos de elaborar Mapas Estratégicos de Ruído e consequentemente Planos de Ação, que assegurariam a gestão dos problemas e efeitos do ruído, incluindo a sua redução sempre que fosse necessário.

No entanto, faz sentido avaliar o ruído nos portos porque começa a ser uma preocupação global pelos impactos que causam nas populações vizinhas. Por questões económicas e ambientais o transporte marítimo está a aumentar e o movimento dos portos também, consequentemente, se não se tomarem medidas o ruído nestas zonas pode ultrapassar em muito os valores admissíveis. Apesar de já existir essa preocupação a nível internacional e começarem a surgir alguns estudos sobre este tema, ainda não são conhecidas medidas em Portugal e por isso faz sentido realizar as medidas do som no Porto de Lisboa. As campanhas de monitorização realizadas contaram com o apoio e colaboração da Administração do Porto de Lisboa (APL) e dos concessionários das várias áreas em estudo. Tal revela a crescente sensibilização e preocupação com o incómodo do ruído nas populações vizinhas.

2.2.5. Modelação de ruído nos portos

Atualmente, nos casos em que a legislação obriga à apresentação de MER, a utilização de um modelo de cálculo é praticamente obrigatória. Embora seja necessário um investimento inicial elevado para aquisição do *software*, e alocação de recursos humanos com formação específica, a alternativa de medir níveis sonoros

em grandes áreas é impraticável. Por vezes é até mais económico, a entidade que necessita do MER contratar este serviço a uma empresa da especialidade.

Esta necessidade de modelos de cálculo de ruído é economicamente atrativa para as empresas de desenvolvimento de *software* e já existem no mercado vários modelos disponíveis. Estes modelos são baseados em medições acústicas ou previsões. No caso do ruído das infraestruturas viárias, por exemplo, são ainda considerados vários aspetos, como por exemplo, limites de velocidade, categorias de rua, tipo de superfície das vias (nível de absorção de ruído), tipos de veículos e condições climáticas, entre outras. Também devem ser introduzidos dados topográficos da área e dados relativos ao ruído medido, sempre que possível. O modelo também pode considerar elementos que afetam a dispersão de ruído, como os edifícios e a forma do terreno. O mapa de ruído que será gerado após a introdução de todos esses parâmetros fornecerá posteriormente uma visão geral da área analisada, mostrando como o ruído se propaga a partir das fontes consideradas.

O *software* para cálculo do ruído permite utilizar vários métodos de cálculo diferentes consoante a finalidade que se pretende obter (Piličić *et al.*, 2020). Por exemplo, quando se quer avaliar a influência das condições meteorológicas na propagação do ruído, uma vez que esse era o objetivo principal do estudo que o autor realizou no porto de Thessaloniki, foi necessário selecionar um método de cálculo que tivesse essa opção. O *software* utilizado neste estudo foi o **Predictor-Lima**, desenvolvido por Bruel e Kjaer. Os métodos de cálculo utilizados por este *software* estão divididos em quatro categorias: ruído de tráfego rodoviário, ruído de tráfego ferroviário, ruído industrial e todos eles em conjunto. Uma vez que o estudo se debruçava sobre o ruído portuário e essa categoria não estava considerada, seria melhor considerar a opção “todos eles”, que melhor representaria o ruído proveniente de várias fontes sonoras existentes nas zonas portuárias. Mas dos dois métodos disponíveis, um ainda está em fase experimental (**Harmonoise**), e, o outro não suportava o cálculo com diferentes velocidades e direções do vento (**CNOSSOS-EU**) (Piličić *et al.*, 2020).

Uma vez que o ruído das zonas portuárias não é contemplado na atual legislação, e que a procura destes modelos pelas entidades responsáveis dessas zonas será reduzida, não existe o mesmo empenho das empresas de *software* no desenvolvimento de modelos adequados para estas áreas.

Em Espanha, foi desenvolvido um projeto que servirá de apoio à elaboração de um plano diretor para fornecimento de energia elétrica aos navios atracados nos portos espanhóis e uma empresa espanhola desenvolveu um simulador, designado **SIMNOISESHIP**. O algoritmo foi definido seguindo o método de cálculo de propagação de som descrito na ISO 9613 (método oficial definido pela legislação em vigor para a realização de avaliações de ruído industrial). Este simulador é apenas dedicado à análise da influência que a fonte de alimentação terrestre - *Onshore Power Supply (OPS)* tem no ruído produzido pelos navios, e, também não considera o ruído da zona portuária, com outras fontes sonoras (Santander *et al.*, 2018).

No caso do porto de Trípoli, ao abrigo do projeto MESP, Schenone *et al.* (2016) referem que foi usado o modelo de simulação **MITHRA Road**, mas não dão detalhes do mesmo.

Quando se analisou o estado da arte nesta matéria de modelação do ruído nas zonas portuárias, constatou-se que ainda há muito a fazer, e, que a alteração da legislação será fundamental para impulsionar novos desenvolvimentos.

Mas, no caso das zonas portuárias, não havendo uma obrigatoriedade legal de apresentação de mapas de ruído, e representando um custo elevado, existe a tendência de as entidades responsáveis não procederem a medições de forma preventiva, só efetuando medições de forma reativa perante a necessidade de dar resposta às reclamações que surgem.

A maior consciencialização das populações afetadas, do efeito que o ruído tem na saúde, poderá provocar o aumento de reclamações e, poderá ser também uma força de pressão perante as entidades responsáveis pelos portos, levando-as a pressionar as empresas de desenvolvimento de *software*.

2.3. Problema de ruído nas zonas portuárias

Nos últimos anos, o crescente impacto ambiental do transporte rodoviário de carga, bem como o aumento dos custos associados a este tipo de transporte contribuíram para o aumento do transporte marítimo. A redução do transporte rodoviário contribuiu para a redução do impacto ambiental resultante deste tipo de transporte mas, o aumento do transporte marítimo provocou uma maior atividade nas zonas portuárias, com impacto no ambiente destas zonas, nomeadamente no que diz respeito ao ruído (poluição sonora) (Trozzi e Vaccaro, 2000).

De acordo com a Revisão do Transporte Marítimo (2019), na Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento - *United Nations Conference on Trade and Development* (UNCTD), em 2018 o transporte marítimo atingiu quase 12 biliões de toneladas de carga, o que representa um aumento de 2,7 % em relação a 2017 (UNCTAD, 2020).

Nos últimos anos a capacidade de carga dos navios aumentou bastante conforme se pode observar na Figura 19, para quatro décadas, entre 1977 e 2017. Esta evolução da capacidade de carga não se deve apenas a questões tecnológicas, mas a uma questão económica que pretende reduzir cada vez mais o custo do transporte das cargas (Dragagem do Porto de Santos, 2021).

A transmissão do ruído resultante do transporte marítimo pode ser aquática, aérea ou estrutural. No caso da área do porto, o ruído mais importante é o ruído aéreo e, particularmente, o ruído ambiente ao ar livre, incluindo o ruído transmitido para as áreas adjacentes ao porto.

O ruído portuário foi negligenciado pela Diretiva 2002/49/CE, e conseqüentemente os poucos estudos que tratam esta temática têm sido marginalizados (Nastasi *et al.*, 2020). Além da escassez de estudos, o ambiente portuário é complexo e com um grande número de fontes sonoras que muitas vezes se sobrepõem, sendo de extrema importância a caracterização das fontes portuárias, os Mapas Estratégicos de Ruído e os Planos de Ação de Ruído, à semelhança do que a Diretiva exige para as principais estradas, ferrovias, aeroportos e centros urbanos a cada cinco anos.

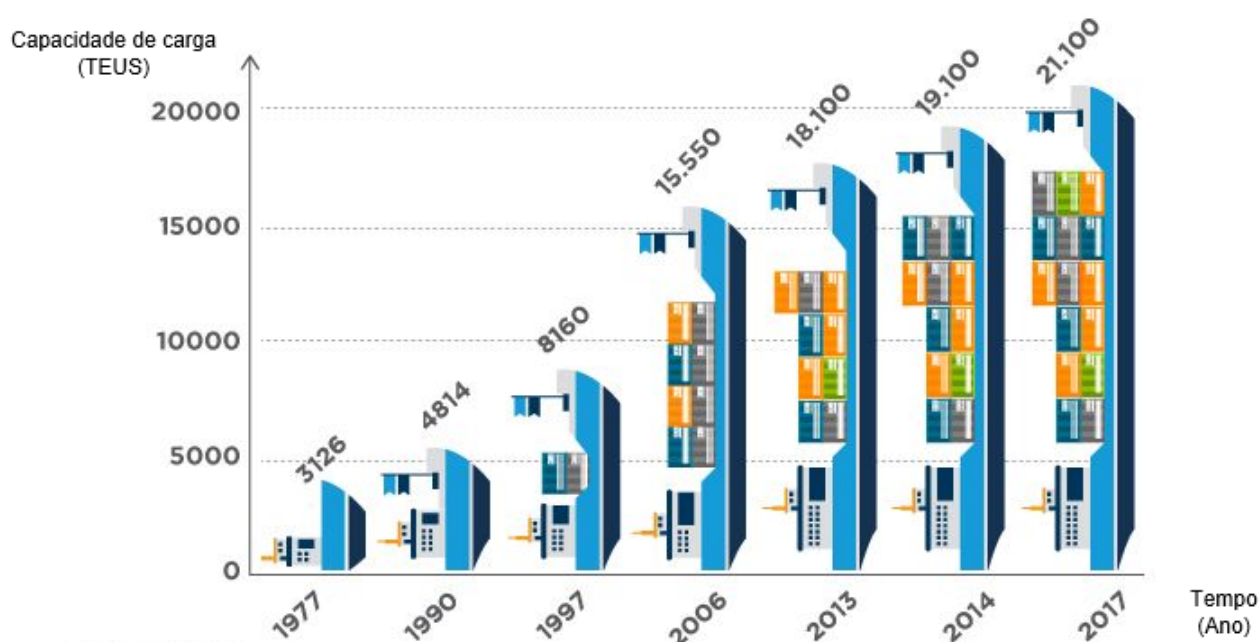


Figura 19 – Evolução em quatro décadas da capacidade de carga dos navios em TEUs (tamanho padrão).

(Adaptada de Dragagem do Porto de Santos, 2021)

Os portos são caracterizados por diversas operações complexas, tendo vários tipos de fontes sonoras com características diferentes, o que faz com que a análise da poluição sonora nestes locais represente uma tarefa difícil (Schenone *et al.*, 2014).

Segundo Trozzi e Vaccaro (2000), as fontes de ruído nas áreas portuárias podem ser individualizadas em três tipos principais:

- Tráfego rodoviário de automóveis de passageiros e veículos pesados
- Movimentação de mercadorias
- Tráfego ferroviário

Enquanto os navios de cruzeiro têm máquinas modernas e silenciosas para maior conforto dos passageiros, com os outros grandes navios de carga tal não acontece (Nastasi *et al.*, 2020).

Os navios atracados em porto também são responsáveis por ruído devido ao funcionamento dos motores. Esse ruído de baixa frequência produz um grande impacto à noite, mesmo a grandes distâncias quando o ruído de fundo tem um nível mais baixo (Bolognese *et al.*, 2020). Mas, de acordo com Murphy e King (2014), ainda existe pouca investigação sobre o ruído nos portos e, o ruído de baixa frequência, é um tipo de ruído pouco estudado e explorado na comunidade académica.

No entanto, durante as pesquisas realizadas para este trabalho, constatou-se que já existem alguns projetos relevantes sobre o ruído portuário e algumas organizações preocupadas com esta temática.

2.4. Organizações envolvidas no ruído dos portos

2.4.1. European Sea Port Organisation (ESPO)

A ESPO (Organização dos portos marítimos da Europa) é uma organização que representa as autoridades portuárias, associações e administrações dos portos marítimos dos Estados-Membros da União Europeia e da Noruega, que tem como um dos objetivos transformar o setor portuário europeu num setor mais eficiente e ambientalmente sustentável (ESPO, 2021).

A publicação do primeiro Código de Práticas Ambientais em 1994 deve-se a uma das iniciativas relevantes da ESPO (Schenone *et al.*, 2014).

Anualmente, a ESPO, em colaboração com a Fundação Ecoports – *EcoPorts Foundation* (EPF), continua a priorizar as dez principais prioridades ambientais dos portos europeus – Guia Verde ESPO. Ao longo dos anos, ocorrem algumas alterações nestas prioridades devido a fatores políticos que, entretanto, vão predominando, mas algumas das prioridades mantêm-se nesta lista revelando a sua importância para o setor.

Analisando os dados apresentados na Tabela 5, retirados do portal da ESPO, podemos verificar que o impacto do ruído nos portos atinge uma alta classificação a partir de 2004 e que se mantém até hoje. Sendo difícil apresentar os dados de todos os anos na mesma tabela, optou-se por apresentar apenas para alguns anos para se verificar a tendência das prioridades desde 1996 até ao ano de 2020.

Tabela 5 – Dez principais prioridades ambientais do setor portuário europeu ao longo do tempo.

1996	2004	2009	2013	2017	2020
Desenvolvimento porto (água)	Resíduos do porto	Ruído	Qualidade do ar	Qualidade do ar	Qualidade do ar
Qualidade da água	Operações de dragagem	Qualidade do ar	Resíduos do porto	Consumo de energia	Alterações climáticas
Eliminação resíduos de dragagem	Eliminação resíduos de dragagem	Resíduos do porto	Consumo de energia	Ruído	Eficiência energética
Operações de dragagem	Poeira	Operações de dragagem	Ruído	Qualidade da água	Ruído
Poeira	Ruído	Eliminação resíduos de dragagem	Resíduos dos navios	Operações de dragagem	Relação com a comunidade local
Desenvolvimento porto (terra)	Qualidade do ar	Relação com a comunidade local	Relação com a comunidade local	Resíduos do porto	Resíduos dos navios
Solo contaminado	Carga perigosa	Consumo de energia	Operações de dragagem	Desenvolvimento porto (terra)	Qualidade da água
Degradação do habitat	Abastecimento de navios	Poeira	Poeira	Relação com a comunidade local	Resíduos do porto
Volume de tráfego	Desenvolvimento porto (terra)	Desenvolvimento porto (água)	Desenvolvimento porto (terra)	Resíduos dos navios	Operações de dragagem
Efluente industrial	Descarga das sentinas dos navios	Desenvolvimento porto (terra)	Qualidade da água	Alterações climáticas	Desenvolvimento porto (terra)

Nota. Dados retirados do Portal da ESPO, (2021)

Nos relatórios anuais da organização, são também realizadas análises às prioridades ambientais em função da dimensão e da geografia dos portos.

2.4.2. EcoPorts Foundation (EPF)

A EPF é uma fundação criada em 1997 por alguns portos da Europa, mais sensíveis aos desafios ambientais. Esta Fundação passou a integrar a ESPO em 2011.

A EcoPorts é a principal iniciativa ambiental do setor portuário europeu e fornece ferramentas para portos e terminais portuários poderem construir o seu próprio sistema de gestão ambiental, com base nas diretrizes do Sistema de Revisão Ambiental Portuário - *Port Environmental Review System* (PERS), que é o único padrão de gestão ambiental específico do setor portuário. O PERS baseia-se nas recomendações de política da ESPO e indica aos portos objetivos claros a serem alcançados. Para isso, é necessário que primeiro preencham o Método de Autodiagnóstico - *Self Diagnosis Method* (SDM), que é um *checklist* que permite identificar e refletir sobre os riscos ambientais em cada porto. Dados agregados e anónimos fornecidos pelos membros do EcoPorts são usados para construir e atualizar o *benchmark* do setor de desempenho em gestão ambiental.

Os portos e terminais fora da Europa também podem recorrer às ferramentas EcoPorts através da Cadeia Logística Sustentável ECO - ECO Sustainable Logistic Chain (ECOSLC), (EcoPorts, 2021).

2.5. Projetos de mitigação do ruído nos portos

2.5.1. Projeto NoMEPorts

O projeto colaborativo (NoMEPorts), de gestão de ruído em áreas portuárias envolveu seis portos: Amsterdão (Amsterdão, Holanda), Civitavecchia (Roma, Itália), Copenhaga/Malmo (Copenhaga, Dinamarca), Hamburgo (Hamburgo, Alemanha), Livorno (Florença, Itália) e Valência (Valência, Espanha). A coordenação científica do projeto esteve a cargo da Universidade de Cardiff (Europe Commission, 2021) e, o Porto de Amsterdão funcionou como gestor do projeto. Os outros cinco portos colaboraram como parceiros: Livorno, Hamburgo, Copenhaga/Malmo, Civitavecchia e Valência. O projeto teve ainda a colaboração de cinco portos observadores: Porto de Roterdão (Roterdão, Holanda), Porto de Bremen (Bremen, Alemanha), Porto de Gotemburgo (Gotemburgo, Suécia), Porto de Tenerife (ilha Tenerife, Espanha) e Porto de Oslo (Oslo, Noruega). Todos os portos envolvidos neste projeto estão representados na Figura 20.

Este projeto foi criado tendo por base a partilha de conhecimentos e experiências sobre as questões relacionadas com o ruído ambiente em áreas portuárias, tendo como objetivo criar condições equitativas entre os portos europeus e ajudar na interpretação e implementação da Diretiva Ruído Ambiente 2002/49/CE. Iniciou-se em 2005, parcialmente financiado pelo Programa EU LIFE para o Meio Ambiente 2005, e em 2008, o NoMEPorts em colaboração com a EPF elaborou um Guia de Boas Práticas sobre Mapeamento e Gestão de Ruído na Área Portuária - *Good Practice Guide on Port Area Noise Mapping and Management* (NoMEPorts, 2008), para facilitar a futura implementação desta metodologia nos portos europeus.

prioridade para os referidos mapas de ruído. No entanto, não são apresentados casos práticos de ações de mitigação e, assim, não se faz a análise do impacto das mesmas.

Finalmente o projeto elenca cinco procedimentos como recomendação a projetos futuros:

- Análise dos mapas de ruído;
- Mitigação de ruído;
- Planos de ação e desenvolvimentos futuros;
- Divulgação e envolvimento público (associações, organizações, grupos de indivíduos);
- Avaliação de planos de ação.

2.5.2. Projeto PENTA

Este projeto é dedicado a cinco portos do Báltico: Estocolmo (Estocolmo, Suécia), Helsínquia (Helsínquia, Finlândia), Talin (Talin, Estónia), Turku (Turku, Suécia) e Naantali (Naantali, Suécia), conforme Figura 21, razão pela qual este projeto ficou conhecido por PENTA. O projeto foi desenvolvido no âmbito do programa Interreg IV, entre 2007 e 2013, e, tinha como objetivo a partilha de conhecimento e exploração de alternativas entre estes portos para enfrentar os desafios futuros. O projeto teve também a cooperação do Instituto de Pesquisa de Transporte Sueco - Transport Research Institute (TFK), para as questões ambientais do projeto, com enfoque no ruído. Todas as entidades envolvidas tinham um representante no grupo de trabalho e, (Mustonen, 2013), representante da TFK, foi a gestora do projeto e responsável pela elaboração do relatório final.

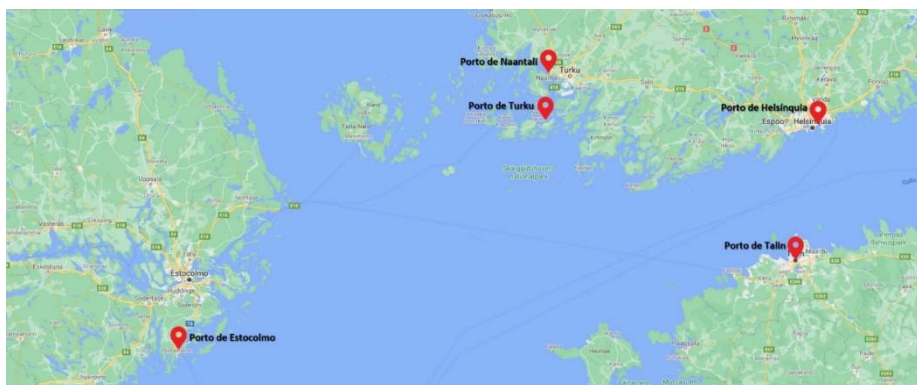


Figura 21 – Portos envolvidos no projeto PENTA.

Apesar de este projeto estar diretamente relacionado com a Diretiva Europeia 2002/49/CE para o ruído ambiente, constatou-se que na Suécia e Finlândia as questões de ruído já fazem parte das licenças ambientais desde os anos 90, muito antes da publicação da diretiva europeia em 2002.

Inicialmente foram feitas várias entrevistas qualitativas e abertas, com duração variável, a autoridades, empresas das comunidades portuárias, um especialista em acústica e duas associações de moradores. Realça-se o fato de todos os contactados na Suécia e Finlândia terem acedido a participar, enquanto na Estónia nunca foi possível entrevistar um representante da autoridade portuária.

Posteriormente foram feitas consultas breves por telefone como complemento às entrevistas e para verificação de fatos em falta.

Para evitar que os inquiridos conscientemente ou não, tendessem a beneficiar a organização a que pertencem e não relatassem de forma objetiva os fatos, todas as questões foram feitas a várias pessoas de forma a validar os dados. Acresce o fato de as entrevistas na Estónia não serem realizadas na língua oficial mas em inglês e a informação disponível no país ser reduzida e o desconhecimento por parte do autor sobre a cultura administrativa do país ser reduzida, leva a que o autor considere que as conclusões sobre a Estónia devam ser vistas com algum cuidado (Mustonen, 2013).

Quanto à legislação dos países considerados no projeto, constatou-se que a Suécia é o país que tem os valores limite de exposição ao ruído mais baixos.

Relativamente às ações para redução do ruído nestes portos destaca-se:

- Alterações e desvio de tráfego nas zonas de acesso ao porto para garantir um tráfego mais suave, bem como alteração dos limites de velocidade;
- Construção de uma colina artificial aquando da construção do porto Vuosaari (Helsínquia, Finlândia);
- Tráfego pesado desviado para um túnel no acesso ao porto Vuosaari (Helsínquia, Finlândia);
- Investimentos em equipamentos de movimentação de carga mais silenciosos (Estocolmo e Helsínquia);
- Rampas equipadas com isolamento de borracha no porto de Kapellskar (Estocolmo, Suécia) reduziram o ruído de impulso entre 10 a 15 dB(A);
- Implementação de soluções de fornecimento de energia aos navios (OPS), que já existe no porto de Estocolmo desde os anos 80 e em Helsínquia, para os navios da Linha Viking, existe desde 2012 (solução baixa tensão);
- Tráfego regulado para horários mais favoráveis, por exemplo, o porto de Helsínquia já está a impedir a atracagem de navios mais ruidosos durante o período noturno;
- Cooperação com outros “poluidores sonoros” quando as autoridades portuárias não têm controlo direto sobre todas as atividades causadoras de ruído nas zonas portuárias;
- Cooperação com as autoridades das cidades que geralmente são distintas das dos portos;
- Cooperação com outros portos para pressionar em conjunto os armadores que têm os navios mais ruidosos;
- Construção de barreiras de ruído, de que se destaca a do porto de Vuosaari com 1 Km de comprimento e mais de 10 m de altura - Figura 22.



Figura 22 – Barreira de ruído no porto de Vuosaari (Helsínquia, Finlândia).

(Mustonen, 2013)

No relatório deste projeto e, tendo por base os seis procedimentos sugeridos pelo projeto NoMEPorts, o autor elenca sete procedimentos, aplicados à situação atual nos portos PENTA, para a gestão de ruído e que poderão ser úteis em casos futuros, em portos semelhantes:

- Medições, mapeamento e modelação do ruído;
- Identificação das fontes de ruído e pontos quentes (pontos especialmente ruidosos);
- Avaliação do impacto das medidas atuais de redução de ruído;
- Plano de ação;
- Novas medidas de redução de ruído;
- Tratamento das reclamações;
- Acompanhamento contínuo.

2.5.3. Projeto MESP

O projeto de gestão do meio ambiente e sustentabilidade dos portos *Managing the Environmental Sustainability of Ports* (MESP) decorreu entre 2012 e 2015 em quatro portos: Aqaba (Aqaba, Jordânia), La Spezia (La Spezia, Itália), Patras (Patras, Grécia) e Trípoli (Trípoli, Líbia), com o objetivo de identificar as melhores práticas e procedimentos de monitorização e o seu teste em portos diferentes que servissem de piloto, para validar as metodologias selecionadas, por forma a poder expandi-las a outros portos idênticos. Foi financiado pelo Programa Bacia do Mar Mediterrâneo 2007 - 2013 ENPI CBC e teve a Universidade de Génova como parceiro principal. Neste projeto participaram ainda outras cinco entidades com conhecimento no campo da proteção ambiental e fenómenos de poluição, alguns dos quais tinham também um bom conhecimento dos diferentes contextos portuários e das atividades desenvolvidas nas zonas portuárias:

- Estação de Ciências Marinhas da Oceanografia Física - *Physical Oceanography Marine Science Station* (MSS) da Universidade da Jordânia;
- Autoridade Portuária de La Spezia, Itália;
- Universidade Al-Manar de Trípoli - *Al-Manar University of Tripoli* (MUT), Líbano;
- Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da Empresa Municipal de Patras para Planeamento e Desenvolvimento SA, Grécia
- Escritório de Exploração do Porto de Trípoli - *Exploitation Office of Port of Tripoli* (OEPT), Líbano.

Durante o projeto realizou-se a recolha da informação disponível entre todos os parceiros e avaliou-se os dados de diferentes pontos de vista, como legislação, ferramentas de gestão, tecnologias e experiências internacionais mais significativas no tema de estudo. Nos quatro projetos-piloto optou-se por três intervenções de demonstração, uma para cada temática ambiental (este projeto além do ruído estudou também outros setores ambientais, água e ar). Escolheram Aqaba para a temática da poluição da água, La Spezia para a poluição do ar e Patras para a poluição sonora. No caso do porto de Trípoli implementaram as três vertentes: água, ar e ruído. Assim, neste trabalho, apenas são analisados os portos de Patras e Trípoli, os únicos que abordam a temática da poluição sonora.

De acordo com Schenone *et al.* (2016), que analisou os projetos piloto de Patras e Trípoli, os dois casos evidenciaram contextos diferentes em termos de caracterização das atividades e integração com o tecido urbano, conduzindo a duas abordagens distintas.

Em Patras, considerando que o orçamento disponível não permitia realizar uma intervenção significativa e intervir diretamente sobre as fontes sonoras e, uma vez que os resultados de monitorização mostraram altos níveis de ruído que afetava a população da área residencial circundante, a ação por que se optou foi a aplicação de janelas insonorizadas num edifício-piloto que estava diretamente exposto ao ruído do tráfego numa rua residencial junto ao porto (Schenone *et al.*, 2016).

No caso do projeto piloto em Trípoli, o ruído do tráfego foi considerado uma fonte primária de ruído, que acompanhava todas as outras atividades portuárias que geravam ruído. Outros fatores que contribuíam para aumentar o nível de pressão sonora, era o comportamento dos motoristas na área do porto (em particular os limites de velocidade frequentemente ignorados, buzinas excessivas e comportamento de condução imprópria). O estado das estradas portuárias com partes não pavimentadas, a idade dos veículos portuários compostos por camiões antigos e guas com motores antigos, também contribuíam para o ruído na zona portuária. A fim de reduzir o ruído, apesar dos valores medidos não ultrapassarem os permitidos, atuou-se na manutenção dos equipamentos portuários e dos veículos pesados para transporte de carga de, e para o porto. Para a redução do ruído de trânsito houve intervenção na pavimentação com asfalto insonorizante, colocação de redutores de velocidade, nova sinalização de limite de velocidade e proibição de buzinas (Schenone *et al.*, 2016).

2.5.4. Porto de Dublin

Realizou-se um estudo no porto de Dublin em 2012 (Murphy e King, 2014), com o objetivo de avaliar a exposição das residências da guarda costeira ao ruído ambiente do porto. O estudo debruça-se também sobre os problemas de saúde provocados pelo ruído, sendo que os mais graves, como por exemplo deficiência cognitiva de crianças e doença isquémica do coração nem sempre são detetados atempadamente nem relacionados com a causa. Já em relação ao incómodo, distúrbio do sono, cansaço no dia seguinte e alteração de humor, são identificados por entrevistas aos residentes como consequência do ruído noturno no porto durante as horas de descanso.

Neste estudo, são identificados os tipos de ruído noturno e os problemas de saúde daí resultantes. O autor refere também o problema dos ruídos de baixa frequência e, de acordo com as pesquisas que realizou,

constatou que este tipo de ruído está muito pouco estudado, apesar de causar grande incómodo na comunidade. São ruídos que a maior parte dos indivíduos não ouve, mesmo sendo afetado por eles.

Foram também avaliados os tempos tonais e impulsivos, através das entrevistas porque a sua imprevisibilidade e variação brusca de tom, são ainda considerados mais incómodos, principalmente durante o descanso dos residentes, chegando a acordar abruptamente, sofrendo choques nos padrões de sono.

Neste estudo houve uma campanha com um ponto de medição, conforme Figura 23, durante 45 dias, no período noturno, e, foi feito o tratamento de dados verificando-se o incumprimento dos valores limite, em alguns intervalos de tempo.

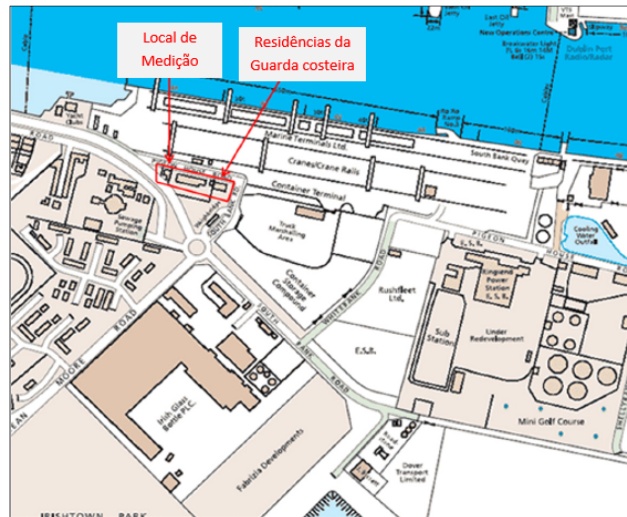


Figura 23 – Porto de Dublin.

(Adaptada de Murphy e King, 2014)

Foram identificadas as fontes principais de ruído no local:

- Movimento dos guindastes ao longo dos trilhos do guindaste;
- Sirenes para inversão dos guindastes;
- Ruído dos navios atracados;
- Choque entre contentores nas cargas e descargas;
- Movimento de veículos no apoio à carga e descarga.

Como medida de mitigação Murphy e King (2014) sugere a restrição ou cessação da atividade portuária durante o período noturno. Sugere ainda, não só para esta zona mas para outras zonas residenciais idênticas, que seja implementado um sistema de gestão de ruído do porto, conforme aconselhado no guia do NoMEPorts.

2.5.5. Projetos Rumble, Mon acumen e Report

Os sete portos Bastia (Ilha de Córsega, França), Cagliari (Ilha da Sardenha, Itália), Génova (Génova, Itália), La Spezia (La Spezia, Itália), Livorno (Livorno, Itália), Nice (Nice, França) e Portoferraio (Ilha d'Elba, Itália) fizeram parte de um projeto global, composto por três projetos: Rumble, Mon acumen e Report. Os projetos foram financiados pelo programa Interreg Maritime Itália-França, cofinanciados pelo Fundo Europeu de

Desenvolvimento Regional (FEDER) e foram desenvolvidos entre 2014 e 2020, na área do ruído ambiente, em zonas portuárias (Interreg Maritime, 2021a).

É apresentada de seguida uma breve descrição da abordagem de cada projeto.

Rumble - Este projeto visava melhorar a monitorização das fontes de ruído que causavam poluição sonora nos portos comerciais e implantou pequenas infraestruturas para reduzir o ruído que incomodava a população residente junto a grandes portos. O projeto realizou um levantamento preliminar dos valores de ruído junto ao porto para identificar as áreas mais afetadas. Posteriormente, foram realizadas intervenções de mitigação de pequenos impactos, que depois foram monitorizadas (Interreg Maritime, 2021c).

Mon acumen - Este projeto teve como objetivo reduzir o impacto acústico em quatro portos comerciais da área abrangida pelo programa: porto de Livorno, porto de La Spezia, porto de Cagliari e porto de Bastia. Para isso, foi desenvolvida uma metodologia comum que detetava e analisava o ruído, partilhada pelos respetivos sistemas de monitorização. Posteriormente foi feita uma recolha, verificação e comparação dos dados recolhidos nos quatro portos (Interreg Maritime, 2021b).

Report - Este projeto teve como objetivo mitigar as emissões sonoras dos portos da área considerada no programa. Apoiado num grupo científico com diferentes competências, este projeto abordou de uma forma multidisciplinar, o vazio legal da Diretiva 2002/49/CE que não requer uma avaliação específica do ruído portuário, tratando-o como ruído industrial. O desenvolvimento de novos algoritmos e metodologias nos diversos setores permitiu definir melhores estratégias, replicáveis, para a redução da poluição sonora, permitindo abordar a gestão do ruído na zona portuária de uma forma completa e de forma sustentável, um dos eixos prioritários estabelecidos no Interreg Maritime (Interreg Maritime, 2021d).

Na Figura 24, podemos ver quais os portos envolvidos neste projeto e quais as abordagens feitas em cada porto.



Figura 24 – Portos envolvidos nos três projetos, Rumble, Mon acumen e Report.

(Fredianelli *et al.*, 2021)

A abordagem foi feita em conjunto uma vez que se pretendia avaliar diferentes aspetos do ruído, que se complementam, desenvolvendo uma abordagem complementar e integrada do ruído nos portos. Assim, e de acordo com a Figura 25, não fazia sentido avaliar cada projeto de forma independente.

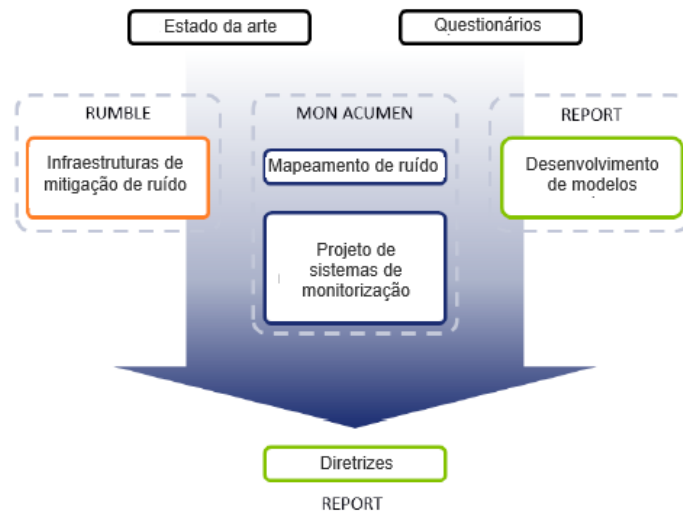


Figura 25 – Estrutura das atividades dos projetos Interreg Maritime.

(Adaptada de Bolognese *et al.*, 2020)

Os parceiros envolvidos nestes projetos foram:

- Três universidades italianas (Universidade de Cagliari, Universidade de Génova, Universidade de Pisa);
- Uma universidade francesa (Universidade da Córsega Pasquale Paoli);
- A região italiana da Ligúria;
- Duas associações de municípios (ANCI Ligúria, ANCI Toscana);
- Autoridades portuárias dos portos italianos envolvidos (Cagliari, Génova, La Spezia, Livorno e Portoferraio);
- Agência de Proteção Ambiental da região da Toscana;
- Dois municípios (Nice Cote D’Azur e Olbia);
- Duas Câmaras de Comércio e Indústrias Francesas (Nice, Bastia);
- Centro de pesquisa francês;
- Transportes da Córsega.

Com estes projetos pretendeu-se colmatar as lacunas da legislação no que diz respeito ao ruído dos portos, investigando o estado da arte do ruído portuário no mar Tirreno do Norte e desenvolvendo instrumentos que viriam a ser úteis para as autoridades portuárias desta área (Bolognese *et al.*, 2020).

A primeira etapa destes projetos (comum aos três projetos) foi analisar o estado da arte do ruído portuário em termos de tecnologias disponíveis e da perceção dos cidadãos em relação ao ruído do porto.

O levantamento dos sistemas de monitorização de ruído, plano de monitorização e existência ou não de equipa dedicada aos sistemas, para os portos considerados neste projeto, apresenta-se na Tabela 6. O único porto equipado com sistema de monitorização de ruído é o porto de Nice, com dois sistemas de monitorização. Foi, entretanto, instalado um sistema adicional de 3 medidores de nível de som que monitoriza iates e barcos

de recreio no cais, tráfego de veículos, atividades comerciais, eventos, manifestações e obras nas proximidades do porto para identificar o principal ruído em caso de reclamações.

No caso do porto de Génova, existe um sistema de monitorização que é propriedade de um concessionário e, por isso, os dados não são públicos e não estão disponíveis para a autoridade portuária.

Tabela 6 – Sistemas de monitorização sonora nos diversos portos.

Portos	Sistema de monitorização	Plano de monitorização ¹	Equipa dedicada
Bastia	Não	Não	Não
Cagliari	Não	Sim	Sim
Génova	Sim ²	Não ³	Sim
La Spezia	Não	Sim	Não
Livorno	Não	Não	Não
Nice	Sim ⁴	Sim	Sim
Portoferraio	Não	Não	Não

¹ Os planos de monitorização são programas plurianuais de monitorização ambiental que incluem dados do ruído e também poluição da água e do ar; ² Propriedade de um concessionário; ³ Só medição pontual; ⁴ Existem dois sistemas de monitorização diferentes

(Adaptada de Bolognese *et al.*, 2020)

Foram elaborados questionários comuns e enviados a todas as entidades envolvidas no processo: áreas portuárias, organizações ambientais locais e universidades envolvidas nos projetos. Os questionários incidiam sobre a existência de sistemas de monitorização de ruído, campanhas de medição realizadas anteriormente, mapas de ruído e reclamações dos cidadãos. Através das respostas aos questionários foi possível obter alguns dados relevantes como, por exemplo, a falta de consciencialização, tanto de moradores como de autoridades locais, o que justifica a ausência de ações destinadas a reduzir o ruído portuário (Bolognese *et al.*, 2020).

Mas segundo Bolognese *et al.* (2020), nem tudo está mal nestes portos, destacando o porto de Nice com dois avançados sistemas de monitorização do ruído, que poderão ser alargados a outros portos.

A partir dos questionários foi possível identificar algumas características fundamentais do ruído portuário, nomeadamente a sazonalidade e o período de máxima perturbação, como se pode verificar na Tabela 7.

As duas colunas mais à direita da tabela mostram, para cada porto, a estação do ano e o período do dia em que as reclamações são mais frequentes. Excluindo o porto de Bastia e o porto de Nice, os resultados do período noturno são os mais críticos. Relativamente à estação do ano, excluindo Cagliari e La Spezia, a estação crítica é o verão.

A análise dos dados recolhidos através dos questionários (dados objetivos e subjetivos) demonstrou a grande necessidade de desenvolver processos inovadores com tecnologias adequadas à gestão da poluição sonora nos portos. Os três projetos atrás referidos pretendiam resolver os problemas detetados e a partilha futura das soluções adotadas com portos da mesma área (Bolognese *et al.*, 2020).

Tabela 7 – Dados recolhidos nos questionários nos diversos portos.

Porto	Histórico de reclamações	Comité de prevenção de ruído	Sazonalidade	Período
Bastia	Não	Não	Verão	Dia
Cagliari	Não	Sim	----	----
Génova	Não	Sim	Verão	Noite
La Spezia	Sim ¹	Sim	----	Noite
Livorno	Não	Desconhecido	Verão	Noite
Nice	Sim ²	Sim	Verão	Ambos
Portoferraio	Não	Desconhecido	Verão	Noite

¹ seis por ano, ² quarenta e seis entre 2017 e 2018

(Adaptada de Bolognese *et al.*, 2020)

A informação recolhida através destes questionários também foi disponibilizada aos três projetos. No final das atividades de pesquisa, o projeto Report agregou todos os resultados alcançados nos diferentes projetos – “Dados a disponibilizar brevemente” (Interreg Maritime, 2021c). Os resultados apresentados neste projeto “global” são obtidos por meio dos esforços realizados durante os três projetos envolvendo grandes portos, ou seja, Rumble, Mon acumen e Report.

A seguir serão apresentadas as medidas de mitigação, quando existentes, nos portos abordados pelo projeto Rumble.

Porto de Cagliari - A Autoridade Portuária do Mar da Sardenha, face à falta de informação suficiente sobre o impacto acústico das atividades portuárias desenvolvidas no Porto de Cagliari e, em particular, no Porto Velho, preferiu deixar para mais tarde a decisão de selecionar com precisão a área de intervenção, após a realização de medições específicas de ruído.

Porto de Portoferraio - Foi considerado neste caso que a poluição sonora produzida pelo tráfego de veículos que entram e saem do porto, principalmente nos meses de verão, representa a maior causa de incómodo. A intervenção prevista pretende reduzir os níveis de emissão de ruído produzidos pelos pneus dos veículos que passam no local, mas não é referido como se pretende obter esse resultado.

Porto de Génova - O porto de Génova caracteriza-se pela proximidade da cidade e de outras grandes infraestruturas de transporte e por uma orografia particular, pelo que foi considerado muito difícil definir a prioridade das intervenções. Em particular, a área de Génova Prá é uma zona sujeita a inúmeros problemas de ruído devido à morfologia do território (anfiteatro montanhoso com vista para o mar) e à presença da rede ferroviária e da autoestrada. Em tempo, já havia sido proposta a criação de uma espécie de barreira de mitigação entre as atividades portuárias, criando o passeio pedonal urbano e algumas plantações como barreira visual.

O objetivo neste projeto foi implementar as intervenções realizadas ao longo dos anos, criando uma verdadeira duna com uma altura uniforme que pode mascarar as atividades portuárias no lado do mar através da criação de um parque urbano. Em 2019, existia um aterro constituído por materiais de diversa natureza que separava as áreas concessionadas ao VTE / PSA do canal adjacente a este aterro. O tipo de intervenção proposta foi do tipo infraestrutural, e consistiu em desmontar o aterro existente e implantar uma duna montada

a uma altura homogênea de cerca de 8,5 m. Acima desta obra deveria ser criado um parque urbano arborizado que poderia ser utilizado pela comunidade. Esta intervenção foi dividida em dois lotes, visíveis na Figura 26.

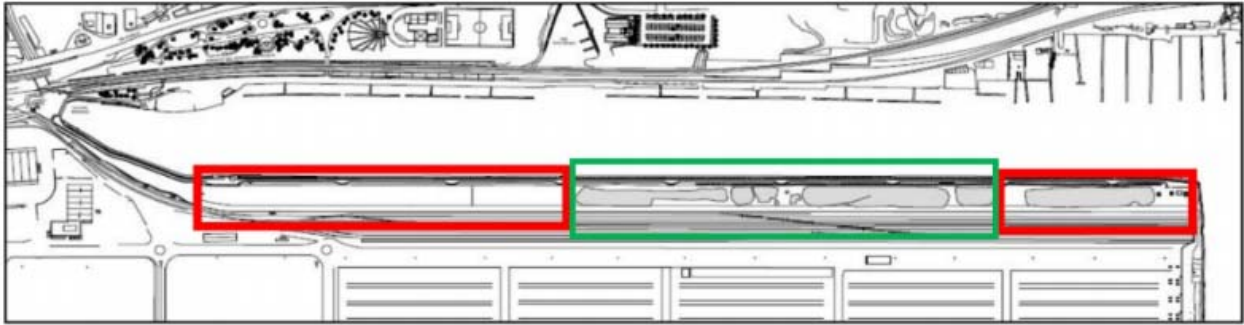


Figura 26 – Intervenção no porto de Génova – duna lote I a vermelho e duna lote II a verde.

(Interreg Maritime, 2021c)

O parque urbano foi construído explorando-se os montes presentes na área, os quais foram devidamente modelados e utilizados como um conjunto de dunas.

Porto de La Spezia – Neste porto foi construída uma barreira acústica ao longo da zona portuária, concebida com o objetivo de defender a primeira linha de edifícios.

Porto de Bastia – Neste porto, em 2019, continuavam os estudos com o objetivo de identificar a área de intervenção.

2.5.6. Projeto NEPTUNES

O projeto NEPTUNES (*Noise Exploration Program To Understand Noise Emitted by Seagoing Ships* - Programa de exploração de ruído para compreender o ruído emitido por navios de alto mar), foi lançado por onze portos da Europa, Austrália e Canadá: Amesterdão (Amesterdão, Holanda), Gotemburgo (Gotemburgo, Suécia), Hamburgo (Hamburgo, Alemanha), Roterdão (Roterdão, Holanda), Estocolmo (Estocolmo, Suécia), Malmo (Malmo, suécia), Turku (Turku, Finlândia), Cork (Cork, Irlanda), Koper (Koper, Eslovénia), Nova Gales do Sul (Sydney, Austrália), Vancouver (Vancouver, Canadá) (Figura 27).

Este projeto teve como objetivo estudar as causas do ruído característico gerado por navios atracados em porto e como este pode ser mitigado, com o objetivo de alcançar operações portuárias sustentáveis.

Como resultado deste projeto foi lançado um Guia de Boas Práticas para mitigação de ruído em navios atracados, que pretende resumir toda a experiência e resultados obtidos com o projeto e fornecer uma série de medidas de ruído comprovadas e aplicadas e que pode ser usado para mitigar o ruído gerado pelo navio no cais (NEPTUNES, 2018).

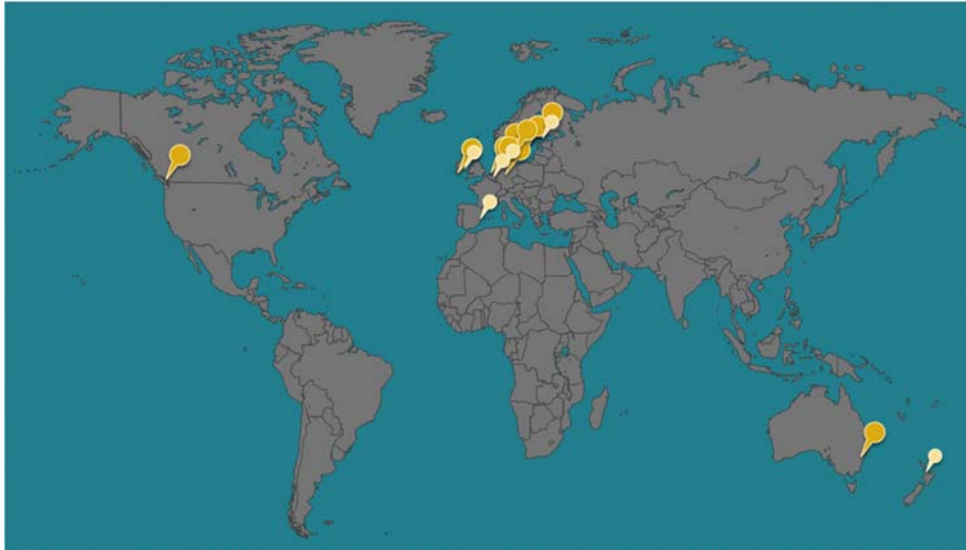


Figura 27 – Portos do projeto NEPTUNES.

(NEPTUNES, 2021)

Em 2018, foi decidido pela Associação Internacional de Portos - *International Association of Ports and Harbors* (IAPH), que o Índice Ambiental do Navio - *Environmental Ship Index* (ESI), passasse a incorporar um módulo de ruído separado, baseado no projeto Neptunes (NEPTUNES, 2018). Neste projeto foi criado o conceito de rótulo de ruído que, pode ser usado para recompensar os esforços feitos por transportadoras que implementem medidas de mitigação de ruído nos seus navios e, para persuadir as companhias de navegação que não se preocupam com esta temática a aplicar medidas de mitigação no futuro aos seus navios. Este rótulo será válido por um período de 5 anos ou até que modificações / alterações significativas sejam feitas nos navios que afetam a emissão geral de ruído do navio no cais. Se este período for excedido, as medições devem ser repetidas para proceder à sua renovação. Um certificado deve ser fornecido informando o número de pontos obtidos em cada categoria e os pontos gerais obtidos para o rótulo de ruído.

Em setembro de 2020, o MS BARZAN, um navio porta-contentores de 18.800 TEU da Hapag-Lloyd, recebeu o primeiro certificado ESI-Ruído. Este certificado foi baseado nos resultados de uma medição abrangente de ruído que ocorreu no porto de Hamburgo e seguiu o protocolo oficial de medição do NEPTUNES (DW-ShipConsult, 2021).

2.5.7. Porto de Barcelona

Foi realizado um estudo no porto de Barcelona que teve por objetivo registar e descrever as fontes de ruído, com enfoque em quatro terminais com transporte de passageiros e veículos, parcialmente financiada pela Comissão Europeia sob o projeto LIFE DY-NAMAP LIFE13 e pela Secretaria de Universidades e Pesquisa do Departamento de Economia e Conhecimento - (Governo da Catalunha). Este projeto reuniu uma grande quantidade de informação sobre as diversas fontes de ruído nas zonas seleccionadas, caracterizadas por tipologia, caracterização espectral, duração e impacto. A seleção dos quatro terminais foi feita de modo a obter uma grande diversidade de sons para análise. A recolha de todos os dados permitiu uma boa caracterização da paisagem sonora do porto de Barcelona. Foi ainda elaborado um estudo preliminar do impacto que os vários eventos de som tiveram no nível equivalente de ruído e no ruído de fundo, tendo constatando que tiveram influências diferentes conforme os locais de medição (Alsina-Pagès *et al.*, 2018).

É de comum acordo entre todas as partes envolvidas nesta temática que as fontes sonoras num porto são muitas e diversas e que, não existe muita informação detalhada sobre o assunto. Daí a importância deste projeto cujo grande objetivo foi criar uma boa base de dados de ruído nas zonas portuárias, o mais diversificada possível, para estudos futuros em outros portos.

Na campanha foram realizadas quatro medições, uma por cada terminal, com duração de 30 min cada. A Figura 28 apresenta o tipo de fontes sonoras detetadas nos quatro terminais do porto de Barcelona, bem como a quantidade e duração dos tipos de ruído por cada terminal. Apresenta ainda a totalidade de eventos de ruído e duração total dos mesmos.

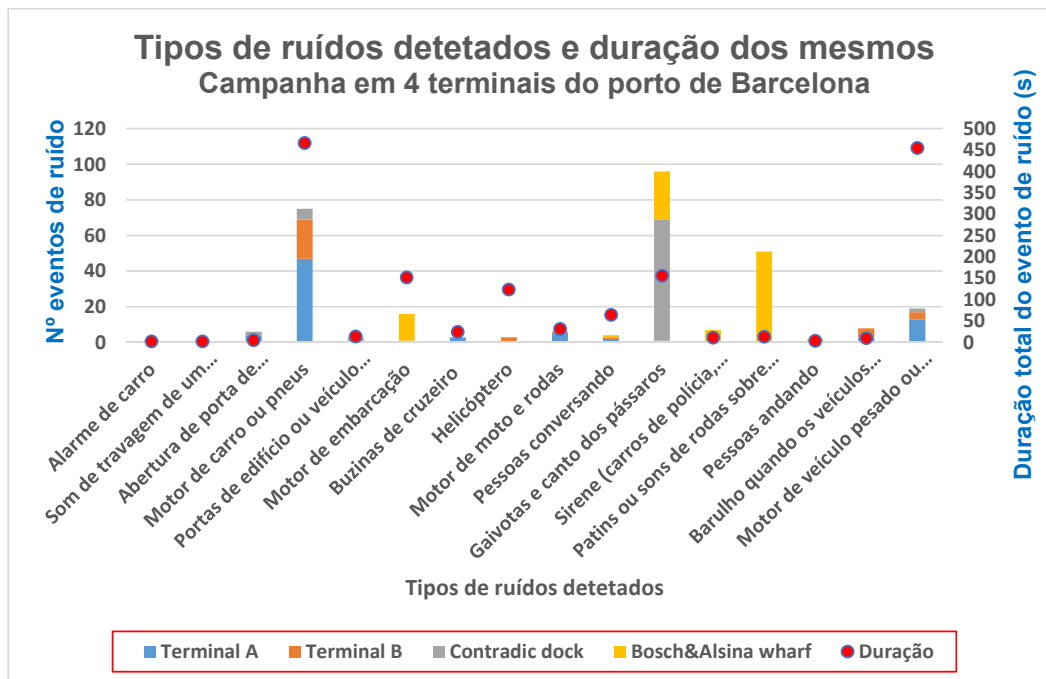


Figura 28 – Resultados obtidos em quatro terminais do porto de Barcelona.

Dados obtidos de Alsina-Pagès *et al.*, (2018)

2.6. Medidas de mitigação da poluição sonora nos portos

Para mitigar o ruído nos portos, de acordo com (NoMEPorts, 2008), existem três tipos de opções de intervenção, hierarquizadas. Sempre que possível a intervenção deverá ser na origem, atuando diretamente sobre as fontes sonoras. Se tal não for possível ou esgotadas as hipóteses de mais intervenção deste tipo, deverá atuar-se ao nível da propagação do ruído. Só depois de esgotadas estas intervenções se deverá atuar no receptor. Serão apresentadas a seguir as medidas que foram sendo implementadas nos projetos atrás referidos.

2.6.1. Janelas insonorizadas

A utilização de janelas insonorizadas em edifícios vizinhos ao porto foi utilizada no porto de Patras, ao abrigo do projeto MESP. No entanto, não são referidas no projeto características técnicas da solução adotada nem dos resultados obtidos, pelo que se optou por realizar uma pesquisa sobre esta temática.

Quando se consultam empresas fabricantes de janelas e se solicita isolamento acústico, várias opções são apresentadas: espessura de vidro, vidro simples ou duplo, laminado ou duplo com câmara-de-ar. É referido no projeto MESP, por exemplo, “*Em zonas com nível de ruído elevado deve-se incluir vidros com propriedades acústicas e exigir reduções acima dos 40 dB*”, não sendo explícito o que são vidros com propriedades acústicas.

Uma vez que a consulta de dados de empresas não possibilitou verificar soluções práticas com dados concretos, optou-se por utilizar os resultados obtidos num estudo realizado em 2014, com testes laboratoriais a diversos tipos de opções de janelas e vidros, como exemplo. De acordo com Schvarstzhaupt *et al.* (2014), muitas vezes especificam-se vidros de espessuras mais elevadas para aumentar o desempenho acústico do sistema de fachada, sem, no entanto, entender a real contribuição deste elemento no desempenho global. Para obter dados reais, a autora realizou ensaios em laboratório de 2 modelos de esquadrias de PVC, utilizando vidros simples de 4mm e 6mm, laminados com vidros 4+4mm e 4+6mm e vidro duplo de 4+6mm, com câmara-de-ar entre estes de 6mm de espessura. Considerou também a existência de persianas e o efeito para as situações de persiana aberta e fechada. Os resultados obtidos mostraram que o isolamento sonoro de sistema de fachada era superior na situação de esquadria com persiana fechada, exceto nas baixas frequências. O vidro laminado apresentava melhores resultados em relação ao vidro duplo, porém com pequena diferença em relação ao sistema com vidros simples.

2.6.2. Equipamentos portuários e veículos pesados

A idade dos veículos portuários e dos camiões que transportavam a carga de, e para o porto, bem como a pouca manutenção que é feita, contribuem para um elevado nível de ruído nas zonas portuárias. Este pode ser reduzido se se fizer uma melhor manutenção destes equipamentos ou se, se substituírem em caso de necessidade, como foi o caso da intervenção no porto de Trípoli. Também os portos de Estocolmo e Helsínquia investiram em equipamentos de movimentação de cargas mais silenciosos como medida de mitigação do ruído nesses portos (Mustonen, 2013) e (Schenone *et al.*, 2014).

2.6.3. Limites de velocidade

Uma das razões que origina um elevado ruído nas zonas portuárias deve-se ao fato de os veículos pesados para transporte de carga de, e para o porto circularem a uma velocidade elevada, por vezes agravada pelo mau piso das estradas de acesso ao porto. A utilização de nova sinalização de limite de velocidade no acesso ao porto, bem como a colocação de redutores de velocidade, são boas opções de redução do ruído, medidas utilizadas no porto de Trípoli, bem como em alguns dos portos do projeto PENTA (Mustonen, 2013) e (Schenone *et al.*, 2014).

2.6.4. Utilização de buzinas

A utilização de buzinas como consequência da impaciência dos motoristas dos veículos de transporte de carga de, e para o porto são uma das causas de ruído muito incomodativo nas zonas portuárias, uma vez que os ruídos impulsivos provocam ainda maior incómodo. Neste caso, a proibição da utilização de buzinas nas vias de acesso ao porto foi uma boa opção utilizada no porto de Trípoli (Schenone *et al.*, 2014).

2.6.5. Repavimentação de vias

O estado das vias de acesso aos portos, por vezes com pouca manutenção e alguns troços que nem sequer são pavimentados, são uma constante no ruído das zonas portuárias. A repavimentação das vias com materiais mais adequados poderá reduzir bastante o ruído nestas áreas, como foi como o caso no porto de Trípoli, que utilizou asfalto insonorizante (Schenone et al., 2014).

2.6.6. Desvio de trânsito

Algumas vezes o desvio de trânsito de veículos pesados de transporte de carga para o porto, por exemplo através de um túnel, é um bom exemplo de mitigação de ruído nas zonas portuárias. Essa medida de mitigação foi utilizada por exemplo, no porto de Vuosaari e, é uma das soluções pensadas para outros portos nórdicos, como por exemplo em Estocolmo em que, já existe um túnel em construção para acesso ao porto (Mustonen, 2013).

2.6.7. Desvio das zonas de carga

Alguns portos têm vindo a deslocar as suas zonas de carga e descarga para terminais mais afastados da cidade para impedir a perturbação dos moradores. No entanto, o porto de Helsínquia tem muitos transportes de RoPax (navio para o transporte de veículos que se movam pelos próprios meios, embora esteja provido de acomodações para passageiros, significa *Roll-on/Roll-off* e passageiros), o que inviabilizou esta solução. Apesar de o transporte de veículos a entrar e sair do navio ser uma grande fonte de ruído, com ruído impulsivo, mais incomodativo, o fato de o transporte também transportar pessoas impediu a deslocação para outro terminal que, iria deixar as pessoas em locais afastados do centro da cidade (Mustonen, 2013).

2.6.8. Substituição de equipamentos nos navios

Habitualmente os navios têm muitos equipamentos ruidosos como por exemplo motores e ventiladores. A utilização de máquinas mais silenciosas podem contribuir para uma redução de ruído a partir dos navios. O caso do projeto Neptunes, e a introdução de um módulo de ruído no ESI, podem funcionar como incentivo às empresas de navegação (NEPTUNES, 2018).

Uma das medidas de pressão que as autoridades portuárias fazem às empresas de navegação é exigir que os navios mais ruidosos façam a descarga fundeados em vez de atracados (Mustonen, 2013).

2.6.9. Colocação de barreiras

A construção artificial de barreiras naturais tipo colina ou duna, é um bom processo de mitigar o ruído. Por vezes, esta medida também é complementada com uma zona arborizada. Temos exemplos desta medida no porto de Génova. Também podem ser construídas barreiras não naturais. O maior exemplo dos projetos já abordados neste TFM é a barreira construída no porto de Vuosaari, com 1 Km de comprimento e mais de 10 m de altura (Interreg Maritime, 2021c).

2.6.10. Rampas mais silenciosas

As rampas de acesso aos navios para carga *Ro-Ro* (designação dada a navios que transportam veículos ou qualquer outro material circulante – significa *Roll-on/Roll-Off*). A entrada /saída destes veículos provoca um

ruído bastante incomodativo, uma vez que é um ruído impulsivo que geralmente provoca mais incómodo do que um ruído constante. Nos países nórdicos por questões de orografia do terreno, este tipo de navios são muito utilizados. O porto de Kapellkar optou por equipar as rampas de acesso aos navios com isolamento de borracha, tendo reduzido o ruído de impulso entre 10 a 15 dB(A) (Mustonen, 2013).

2.6.11. Horários mais favoráveis

A grande parte dos portos europeus funcionam 24 h por dia, 365 dias por ano. Uma vez que o ruído noturno tem valores limite mais apertados, e que é o mais incomodativo no descanso das pessoas que vivem perto do porto, a alteração do tráfego de navios e carga e descarga dos mesmos para horários mais favoráveis, por exemplo, evitar a atracagem do navio e operações portuárias no período noturno, será também uma medida de mitigação. Esta medida também é referida no estudo do porto de Dublin.

No entanto, por questões económicas esta será uma medida de difícil aderência. Apesar de ser sugerida no projeto PENTA, não são mostradas evidências de que tenha sido possível implementá-la em nenhum dos portos do projeto (Mustonen, 2013) e (Murphy e King, 2014).

2.6.12. Fonte de alimentação terrestre

Há algum tempo que se estuda a poluição do ar e as emissões de gases com efeito de estufa, provocada por navios atracados em portos, com os seus motores auxiliares ligados para garantir o funcionamento do navio, mas que representa um problema ambiental nas zonas portuárias, não só pela poluição do ar, mas também pela poluição sonora. Assim, uma das soluções estudadas para resolver este problema foi passar a alimentar os navios a partir da rede elétrica em terra, permitindo assim que os navios desliguem os motores auxiliares quando estão atracados. Esta questão já foi estudada e sabe-se que existem ainda outras fontes de ruído dos navios atracados como entradas/saídas de ventilação da casa das máquinas e do convés de carga, por exemplo, que não são resolvidas com esta solução (Santander *et al.*, 2018).

Espanha foi sensível a este problema e elaborou um Plano Diretor para os portos espanhóis (*OPS Master Plan for Spanish Ports*), que propõe o fornecimento de energia elétrica aos navios atracados nos portos espanhóis, a partir da rede elétrica, em vez de utilizar geradores de motores auxiliares. Associado a este projeto existem diversos estudos técnicos que pretendem identificar os benefícios resultantes da implementação desta nova tecnologia. Com esta opção também se obtém benefício na redução das emissões de outros poluentes dos navios atracados em porto (Santander *et al.*, 2018). Começaram por recolher dados dos motores de alguns navios, criando uma base de dados fundamental para o projeto. Consideraram, no entanto, que a base de dados é reduzida pelo que deverá ser mais alargada no futuro com outro tipo de navios. Um dos estudos realizou-se entre setembro e novembro de 2017, no porto de Bilbao, para três tipos de navios: navios *Ro-Ro*, navios porta-contentores e navios de cruzeiro. Sempre que possível, as medições de som realizaram-se no período noturno, por se considerar ser o período mais favorável em que existia menor ruído na zona envolvente, que contribuísse negativamente para as medições a realizar.

Foi reconhecido que esta medida tem impacto positivo, dependendo, no entanto, do tipo de navio. No navio *Ro-Ro* obteve-se uma redução de 2 dB, para o navio porta-contentores obteve-se uma redução entre 2 e 6 dB e, para navios de cruzeiro obteve-se uma redução entre 6 e 10 dB. Toda esta redução de ruído na fonte

resulta num aumento de conforto, tanto para os moradores instalados próximos do porto, como para os próprios tripulantes.

O porto de Kristiansand, em cooperação com a empresa dinamarquesa PowerCon e a empresa de energia local Agder Energi Nett, estabeleceram a maior instalação de energia em terra, num porto da Europa. O sistema de energia tem uma grande escala que até mesmo os maiores navios de cruzeiro do mundo podem utilizar esta opção e desligar os seus motores enquanto estão atracados. O que torna este sistema de energia em terra único é o conversor de frequência que pode fornecer aos navios 50 e 60 Hz, dependendo da sua necessidade. O sistema está integrado num total de 8 contentores de 20" que podem fornecer até 16 MVA de energia elétrica, de acordo com a norma internacional de alta tensão IEC 80005-1.

O projeto será um importante contributo para o cumprimento da **meta da UE** de fornecimento de energia em terra em todos os portos europeus importantes até 2025 e estabelece o Porto de Kristiansand como líder em tecnologia de energia em terra (WPSP, 2021).

2.6.13. Cooperação entre entidades

Habitualmente as cidades e os portos são entidades com gestão própria e não existe planeamento conjunto. O ruído das zonas portuárias incomoda, por exemplo, os residentes nas áreas vizinhas dos portos, mas as cidades continuam a aprovar novos projetos de habitação junto às zonas portuárias porque atualmente estas habitações são vendidas a um preço elevado, colocando um problema à gestão do porto, com o aparecimento de um elevado número de reclamações, e em que os portos consideram não ser responsáveis porque a construção dos edifícios já surgiu depois do porto estar naquele local e sem ter sido incluído no planeamento. Por outro lado, o porto altera o seu funcionamento e não planeia as alterações com a gestão da cidade porque está a intervir no seu espaço, apesar de poder alterar o ruído ambiente de uma parte da cidade. Seria conveniente, no futuro, que todas estas alterações fossem realizadas com o acordo conjunto.

Relativamente à gestão das zonas portuárias, atualmente é prática comum a cedência de espaço a outras entidades e é necessário para intervir nesse espaço a colaboração de todos os envolvidos: a gestão do porto e as entidades concessionárias. Mais uma vez, o fato de as medidas de mitigação de ruído nos portos exigirem gastos elevados dificulta a articulação entre estas entidades.

As dificuldades em identificar com precisão as fontes de ruído dificultam a aceitação das medidas de mitigação por parte dos operadores de terminais se, não tiver sido demonstrado que o ruído emitido pelas suas atividades é o responsável pelas reclamações da comunidade (Borelli *et al.*, 2019).

2.6.14. Responsabilidade da poluição sonora

Na ótica de toda a legislação ambiental, promove-se a atribuição de responsabilidades a quem contribui para um fator que polua o meio ambiente e, responsabiliza-se os poluidores pelos custos inerentes à solução. Sendo o ruído poluição sonora, deverá ser utilizado um critério idêntico.

O NoMEPorts (2008) foi um projeto pioneiro nesta temática do ruído nos portos e, já abordava a questão do princípio poluidor-pagador, mas apenas constatava que ainda é abordado de maneiras diferentes nos vários estados europeus individualmente, o que dificulta a sua interpretação e implementação. Este projeto apenas recomenda que se façam voluntariamente ou, sejam exigidos por regulamentação, estudos de impacto

ambiental com a componente de avaliação de ruído. Não é claro como se classifica o poluidor e, como se atribui a responsabilidade de pagador.

De acordo com Mustonen (2013), no caso do ruído nas zonas portuárias é necessário definir primeiro quem são os poluidores uma vez que, os portos hoje são responsáveis por muitos tipos de ruído, mas em alguns deles não podem sequer intervir diretamente, como é o caso do ruído proveniente de navios. Também as operações de estiva são muitas vezes subcontratadas pelos portos e, aí será necessário que os portos acautelem a situação do ruído nos contratos realizados com as empresas de estiva.

Relativamente a edifícios residenciais junto ao porto, construídos após o início de operação do mesmo, deverão ser os responsáveis pelo urbanismo das cidades a exigir requisitos de isolamento de ruído aquando de novas construções. No entanto, estes requisitos irão encarecer os edifícios podendo considerar que neste caso os pagadores são os futuros moradores (Mustonen, 2013).

Não chega definir o poluidor de uma forma jurídica, porque a dificuldade surge na aplicação prática das medidas necessárias. Por exemplo, um porto assume o custo para fornecimento de energia em terra, e a empresa de navegação assume a redução do ruído do navio. Mas, no caso do porto de Gotemburgo, este tem um valor limite para a instalação do sistema OPS, e, se for necessária uma solução fora da solução padrão, terá que ser a empresa de navegação a suportá-la, apesar de ser uma infraestrutura terrestre (Mustonen, 2013).

3. CASO DE ESTUDO

3.1. História do Porto de Lisboa

A formação dos centros urbanos do litoral e fluviais teve por base as atividades que estiveram na origem da circulação dos homens e de bens no passado. Existe uma grande complexidade de condições que podem ser agrupadas da seguinte forma (Blot, 2003):

- cenários geográficos proporcionados pela evolução geomorfológica do litoral e que incluem os cursos fluviais;
- utilização das vias aquáticas nas trocas comerciais;
- povoamento relacionado com os pontos de contacto das rotas marítimas e fluviais.

Reza a lenda que há muito tempo existia um promontório onde desembocava o Tejo. Era um reino inóspito, muito além das Colunas de Hércules (situadas no Estreito de Gibraltar), conhecido pelo nome de Ufiusa (que significava a terra das serpentes) e tinha como rainha um estranho ser, metade mulher, metade serpente. Senhora absoluta do seu reino, a rainha costumava visitar o alto do monte e gritar ao vento: “Este é o meu reino, nenhum homem se atreverá a por aqui os pés, ai do que ousar,...”

Um dia, surgiu errante, com os ventos, o grego Ulisses, que depois da guerra de Troia e por um capricho dos deuses, navegou perdido pelo Mediterrâneo sem fim. Os barcos de Ulisses foram soprados muito para além das Colunas de Hércules, vindo a entrar pela desembocadura de um imenso rio (Tejo), aportando no reino de Ufiusa, logo se deslumbrando com a beleza daquelas terras, a suavidade das suas brisas e o gosto doce das águas do seu rio (alimentado por grande quantidade de ribeiras). Ofuscado por tanta beleza, Ulisses declarou aos seus homens que ali iria edificar a mais bela cidade, capital das belezas do mundo e lhe daria o seu nome Ulisseia. Mas a rainha não concordava com tal ideia e muitos dos homens de Ulisses morreram com as picadas das serpentes. Até que, perante tanta insistência e bravura, a rainha se apaixonou e acabou por concordar que Ulisses construísse a sua cidade desde que ali ficasse para sempre. Ulisses não respondeu com palavras, sorriu, e com um menear de cabeça deu a entender que concordava (Facebook@aminhaLisboa, 2021) e (Neiva, 2021).

Ergueu a cidade, mas o coração de Ulisses pertencia a Penélope, sua mulher, que há muitos anos o esperava de volta. Assim, mesmo deslumbrado com a sua obra, o grego só pensava em partir, mas a paixão da rainha serpente não permitia, tornando-o prisioneiro da sua própria cidade. Ulisses teve que urdir uma trama e um dia combinou um passeio noturno com a rainha, mas enviou um dos seus homens com a mesma estatura, que ao longe se pudesse confundir, enquanto ele fugia navegando pelas águas do Tejo em direção ao oceano. Durante o passeio, só a rainha falava. Inquietando-se com o silêncio do amado, e cruzando o olhar, percebeu que os olhos eram outros e tinha sido vítima de traição. Logo mordeu o impostor, envenenando-o com a sua

peçonha. O infeliz ainda murmurou que o seu amo já deveria ir longe, a navegar pelo grande oceano, rumo às terras gregas. Desesperada, a rainha estendeu o corpo de serpente sobre a cidade na ânsia de alcançar o amado, e com as suas contorções desenhou as sete colinas. Mas Ulisses já estava longe e a infeliz rainha não resistiu e morreu após tamanho esforço.

Em outras épocas a cidade também foi chamada de Olissipo que, segundo alguns, derivaria de “Allis-Ubo” que em fenício significava “Porto-Seguro”. Ainda hoje se fala de olissipografia como o estudo ou conjunto de estudos sobre a cidade.

Ulisses jamais retornou, mas a “sua” cidade tornou-se a principal às margens do Tejo e, muitos anos mais tarde, depois de várias alterações deixadas por quem se encantava por ela, a cidade de Ulisses passou a ser conhecida como Lisboa. O estuário do Tejo oferecia vários ancoradouros naturais que atraíam as embarcações vindas do exterior. Como tinha vários esteiros e braços fomentava o desenvolvimento dos recursos agrícolas e industriais ao longo de toda a orla fluvial.

Desde a idade média que reis, nobres e instituições religiosas se aproximaram do rio e aí estabeleceram quintas (com hortas e pomares entre outros produtos) e áreas industriais (moinhos de maré, vidro e cerâmica, por exemplo). Era habitual estas propriedades terem pequenos cais que serviam para o escoamento dos produtos. Estas quintas tinham ainda a vantagem de servir de refúgio a estas pessoas e famílias durante os períodos das pestes (APL, 1987).

No século XIV, o PLx tinha grande movimento de embarcações para carregamento de vinho e sal que levava para várias cidades da Europa. A descrição que Fernão Lopes faz deste porto, na crónica de D. Fernando, embora aparentemente anterior a instalações portuárias construídas e de relevo, não deixa dúvidas acerca da capacidade navegável do estuário do Tejo: *“jaziam muitas vezes ante a cidade quatrocentos e quinhentos navios de carregaçã, e estavam à carrega no rio de Sacavém, e à ponta do Montijo, da parte de Ribatejo, sessenta e setenta navios em cada lugar, carregando de sal e de vinhos. E pela grande espessura de muitos navios que assim jaziam defronte a Lisboa, como dizemos, iam antes as barcas de Almada aportar a Santos, que é a um grande espaço da cidade”* (Lopes, 1443).

O grande movimento no Tejo contribuiu para uma grande variedade de embarcações, algumas típicas deste local, e uma grande evolução tecnológica na construção naval e nas técnicas de navegação para que muito contribuíram os estaleiros da Ribeira das Naus. Surgiu a necessidade de embarcações com mais do que um mastro e diferentes tipos de velas, que contribuíram em muito para que os portugueses se aventurassem a novas descobertas em outras paragens (APL, 1987).

Nos Séculos XV e XVI, com os Descobrimentos e a Nova Visão do Mundo, os portugueses começaram a viajar para outros destinos. Portugal foi um dos países vanguardistas nas explorações marítimas durante esta época e um grande impulsionador do comércio internacional. Durante anos Portugal foi uma das maiores potências comerciais do mundo envolvendo vários continentes.

As naus começaram a chegar a Lisboa em 1506 e a mercadoria era depositada na Casa das Índias, sob a responsabilidade do rei, de onde depois era exportada para toda a Europa. O PLx e as suas tercenas (depósitos de cereais junto a um rio ou a um cais), tornavam-se o espaço mais concorrido e o próprio rei, D.

Manuel I, não hesitou em mandar construir uma nova residência junto à zona portuária: o Paço da Ribeira, junto à Ribeira das Naus (Rodrigues, 1994), citado por (Blot, 2003).

É também nesta época dos descobrimentos que surgem junto ao rio fábricas de biscoitos que os navegantes transportavam em barris. Para isso era necessária farinha e assim se criaram também moinhos de maré nestas zonas (chegando a ser 37). Para o transporte de alimentos (sólidos e líquidos) produzidos nas quintas já referidas atrás, houve necessidade de criar indústrias de cerâmica e tanoaria, sempre junto ao rio, para facilitar o transporte, e assim se foram criando cada vez mais indústrias dos dois lados do rio. Mas, de todas as indústrias à volta do porto, destacam-se sem dúvida os estaleiros, com especial realce para o estaleiro da Ribeira das Naus onde, de acordo com Cristóvão Rodrigues de Oliveira, em 1551, trabalhavam cerca de 400 pessoas, desde 1 provedor mor, 1 tesoureiro, 227 carpinteiros, 100 calafates (operários que vedam com estopa alcatroada as juntas do navio), o que dá bem ideia da dimensão do estaleiro.

Foi neste período dos Descobrimentos que surgem as primeiras cartas do estuário com mais pormenor. Destacam-se a carta portuguesa de Fernando Álvaro Seco, de 1560, e a carta holandesa de 1583, com indicação das profundidades do estuário obtidas através de sondas, Figura 29. Serão os documentos cartográficos mais antigos e relevantes para o estudo do Porto de Lisboa.

No século XVIII surgem os primeiros projetos gerais para melhoramento do porto de Lisboa, dos quais se destaca um atribuído a D. João V, conforme referido no documento *Description de la Ville de Lisbonne* impresso em Paris e Amesterdão em 1730, que refere “há quem afirme que o rei, tem o propósito de alargar a cidade construindo de um ao outro extremo de Lisboa um cais com cerca de quarenta toesas” (a toesa é uma medida antiga equivalente a 1,949 m), “conquistadas ao Tejo, o que se pode conseguir facilmente porque o rio tem pouco fundo até à distância em que se projeta a obra. Num sítio chamado Boa Vista, onde o rio faz um cotovelo, projeta o rei fazer uma doca para os seus barcos de guerra ali se acolherem quando haja mau tempo”(APL, 1987).

A Figura 30, do século XVII, é bem ilustrativa da quantidade de embarcações que à época andavam pelo rio Tejo, grande porto de abrigo que, permitia que em tempos de tempestade, por exemplo, se protegessem no interior do porto, devido à sua grande capacidade de albergar um grande número de embarcações.

Em 1750, Carlos Mardel, engenheiro húngaro a viver em Portugal, apresenta um projeto global para melhoramento do porto de Lisboa. Talvez o facto de passados cinco anos ter ocorrido o terramoto de 1755, tenha originado novas necessidades para a cidade e tenha impedido o avançar do projeto relativamente ao porto da cidade. Apesar de este projeto não ter avançado, apresenta-se a Figura 31, que demonstra bem a dimensão do mesmo (APL, 1987).

Sendo o porto uma estrutura fundamental para a cidade, em 14 de novembro de 1755 (13 dias após o terramoto), o Marquês de Pombal publica Alvará para reconstrução do Arsenal da Ribeira das Naus no mesmo local que existia, com uma inovação à época, a construção de uma sala de “risco”, com adequadas dimensões, que funcionava como escola naval, com vários modelos de arquitetura naval e uma corveta para ensino de aspirantes. Em 1788, ocupavam-se cerca de 3 000 trabalhadores neste arsenal e só em 1939 encerra portas, passando o arsenal do Alfeite a suceder-lhe. É também o Marquês de Pombal que em 1758,

por Decreto de 16 de janeiro, ordena a construção do imponente edifício onde funcionou a Alfândega de Lisboa, junto ao Jardim do Tabaco (APL, 1987).

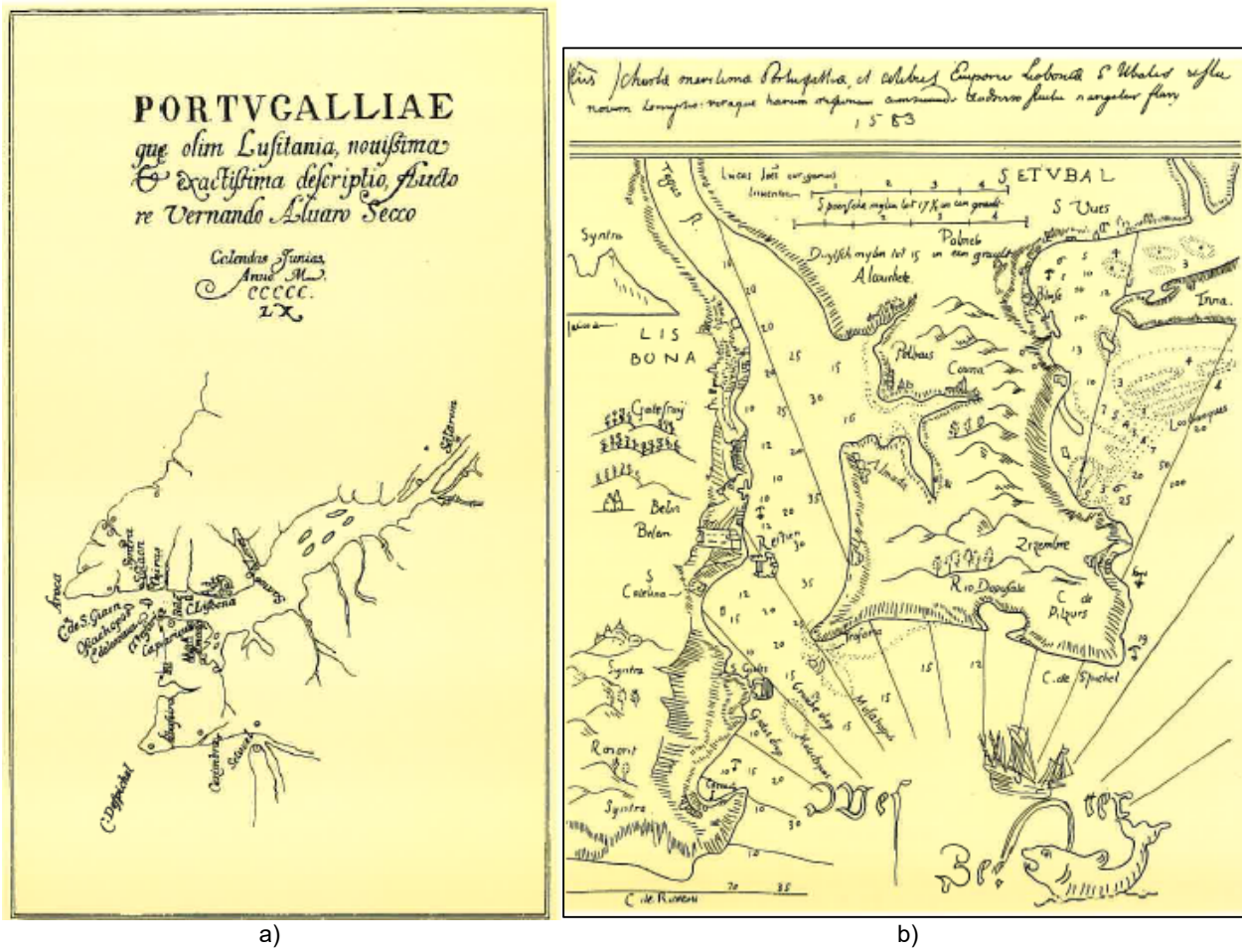


Figura 29 – a) Carta portuguesa de Fernando Álvaro Seco, de 1560 e b) Carta holandesa da barra do Tejo e Península de Setúbal de 1583, com sondagens.

(APL, 1987)



Figura 30 – “Vista panorâmica de Lisboa” atribuída a Domingos da Cunha, séc. XVII.

(APL, 1987)

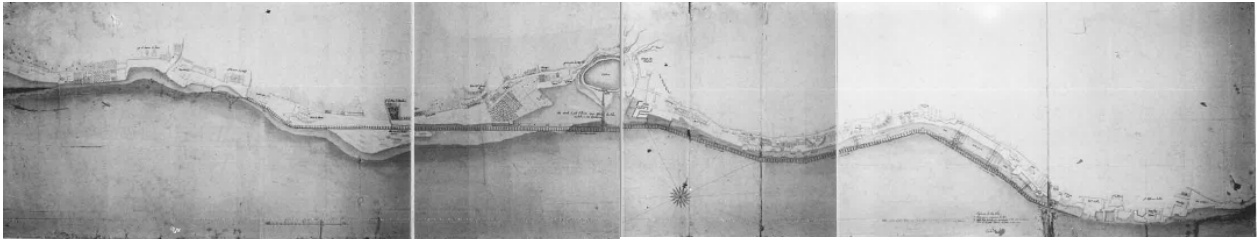


Figura 31 – Projeto de um porto para Lisboa, Carlos Mardel, c.1750.

(APL, 1987)

Não tendo, entretanto, avançado com um grande projeto de remodelação do porto, apenas se foram realizando pequenas obras de melhoramentos locais e o porto continuava a ter pequenos cais que adotavam os nomes dos géneros que aí chegavam como, por exemplo: Cais do Carvão, Cais da Pedra, Cais da Madeira, Cais das Bestas entre outros.

Na Figura 32 pode observar-se o “Plano geral das obras que convém realizar nas margens do Tejo em frente de Lisboa para o desenvolvimento marítimo, comercial e industrial do PORTO E CIDADE DE LISBOA” de 1884, confirmando a importância do comércio marítimo para a cidade de Lisboa e a necessidade de intervenção no PLx.

Desde Carlos Mardel (1750) que se foram executando alguns planos para melhorias, mas nenhum avançou, pelo que em 25 de abril de 1884, o ministro das Obras Públicas António Augusto de Aguiar apresenta uma proposta de lei dizendo que, “*de todas as obras que na actualidade se recommendam à atenção do governo, figuram em primeiro lugar as do porto de Lisboa*”: A não votação desta lei leva à demissão do ministro. Em 1885, Fontes Pereira de Melo, que, entretanto, ocupou o lugar das Obras Públicas, leva novamente a lei a votação com pequenas alterações, conseguindo a sua votação e aprovação.



Figura 32 – Plano de obras no Porto de Lisboa em 1884.

(Biblioteca Nacional digital)

Apresentaram-se seis projetos a concurso, tendo ficado classificado em primeiro lugar o projeto de Pierre Hildernet Hersent, apresentado na Figura 33.

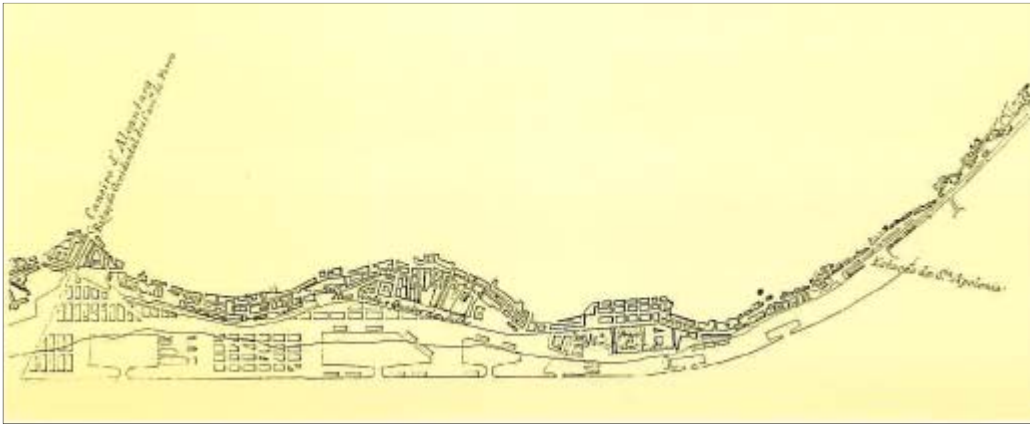


Figura 33 – Projeto do Engenheiro H. Hersent (1885).

(APL, 1987)

Foi lançado o concurso para a empreitada geral das obras de melhoramento do PLx, tendo havido dois concorrentes, H. Hersent e Frederic William Reeves, sendo o concurso ganho pelo primeiro.

A inauguração das obras do PLx, em 1887, teve lugar a trinta e um de outubro, dia do quadragésimo nono aniversário de El-Rei Dom Luís I, que marcou presença no evento, acompanhado pelas entidades e figuras importantes à época. Também o povo de Lisboa acorreu em massa para assistir ao momento. Este evento está devidamente documentado na imprensa da época, como o exemplo da Figura 34.

Em 1892, através de Portaria, e após alguns desentendimentos com o empreiteiro Hersent, o governo português toma posse administrativa de todas as obras e materiais pertencentes à empreitada da primeira secção das obras do PLx. Posteriormente, e após difíceis negociações, é novamente assinado contrato entre o governo e o empreiteiro, até 1907, quando o governo passa a explorar por conta própria o porto de Lisboa, entregando a sua gerência a um conselho de administração em sete de maio do mesmo ano.

A partir do século XIX, com o crescimento da industrialização junto ao Tejo, foram sacrificadas algumas das quintas nas proximidades das margens do Tejo e, na necessidade de mais espaço, foi sendo tomado o rio, conforme refere Norberto de Araújo, citado por (APL, 1987): “recuou o tejo, para que Lisboa não houvesse que se queixar: a cidade precisou dele, e – pois bem! – o rio deixou-se subverter”.

Entre 1911 e 1946 construíram-se novas docas e novos cais e alguns edifícios dos quais se destaca o Frigorífico do Bacalhau, atual Museu do Oriente. Adquiriram-se novos guindastes e rebocadores. Em 1946, o Decreto-Lei n.º 35716, de 24 de Junho de 1946, promulga as bases para a execução de um novo plano de desenvolvimento e valorização do PLx (Figura 35).

Fizeram-se obras notáveis das quais se destaca a regularização da margem entre a Matinha e Cabo Ruivo e entre Cabo Ruivo e Beirolos. Esta última regularização inclui a doca dos Olivais, destinada a aeroporto marítimo. Foi por estes tempos que se conquistaram algumas áreas ao rio, eliminando diversas áreas lodosas. Construiu-se uma ponte cais em Cabo Ruivo para a movimentação de produtos petrolíferos.

Diario de Noticias

PROPRIETARIOS

VISCONDE DE S. MARÇAL & EDUARDO COELHO, redactor

N.º 7:830 – 23.º anno – 1887

Assignatura paga adiantada.—Lisboa: mex, 240; 3 meses, 700.—Provincias, trimes-
tre, 930. Anuncios, 20 rs. a linha. As publicações no corpo do jornal são reguladas
pela tabella do escriptorio.—Este *Diario* foi condecorado com um diploma especial
de honra por serviços prestados á exposição nacional agricola de Lisboa em 1884.

ADMINISTRADOR A. SIMAS

CADA NUMERO 10 REIS

Segunda feira 31 de outubro

Assigna-se na administração, Typographia Universal, rua do Diario de Noticias,
110. Cada anno os assignantes têm um brinde litterario.—O importe das assigna-
turas das provincias deve ser remetido em vales do correio neminas, ao admi-
nistrador do *Diario de Noticias*, A. SIMAS. Endereço telegraphico, «Noticias, Lisboa»

ASSUMPTOS DO DIA

**Inauguração das obras
do porto de Lisboa**

É hoje a festa maxima da cidade, e que o commercio e a industria, principalmente, recebem em gallas.

Ha quasi um anno que se abriu concurso para a adjudicação da 1.ª secção das obras do porto de Lisboa. Foi no dia 22 de dezembro de 1886, 25.º anniversario da aclamação de sua magestade el-rei D. Luiz I, que durante o seu reinado tem assistido á transformação completa do nosso paiz, e n'esse dia, por tantos motivos faustoso, pôde dizer-se que se decretou a obra de maior vulto que se tem realizado para o progresso de Portugal.

Quanto estamos longe das discussões acaloradas que por aquella occasião se ouviram em toda a cidade, e da indiferença desdenhosa com que nos annos anteriores eram ouvidos os propagandistas teimosos da idéa advogar calorosamente a necessidade impreterivel d'esse grande melhoramento nacional!

No recente debate uns diziam que a execução do muro de caes era impossivel; outros que custaria o triplo d'aquillo porque estava orgado; por fim opinava-se que o governo actual não ousaria emprehender uma obra que tinha combatido violentamente na opposição, e que desequilibrava as finanças por muitos annos.

Figura 34 – Notícia da inauguração das obras do Porto de Lisboa em 1887.

(Diário de Noticias, 1887)

Em 1942, foi criada a zona industrial do Porto de Lisboa, através do Decreto-Lei n.º 47078, de 7 de Julho de 1966, autoriza-se a Administração Geral do Porto de Lisboa a contratar com a Empresa Geral de Fomento, S. A. R. L., o estabelecimento, em terrenos situados na sua área de jurisdição de que esta é proprietária, de instalações industriais ou de armazenagem.



Figura 35 – Plano de melhoramento do Porto de Lisboa de 1946.

(APL, 1987)

Destacam-se os equipamentos fabris na margem norte do Tejo por ser essa a margem onde se desenvolve este trabalho: Fábrica de Gás na Matinha, instalações de refinação e de armazenagem de petróleo em Cabo Ruivo e Moagem Lisbonense. Apresenta-se na Figura 36, uma fotografia de 1958 da zona industrial de Cabo Ruivo. A localização de um grande número de indústrias nas margens do Tejo deve-se ao aproveitamento do fácil acesso ao transporte marítimo (APL, 1987).



Figura 36 – Zona industrial de Cabo Ruivo (1958).

(APL, 1987)

3.2. Atividades no Porto de Lisboa durante o século XX

A importância do PLx pode ser verificada pelas várias atividades recentes que ali ocorreram, nomeadamente durante o século XX.

Pesca - O PLx sempre exerceu um papel importante na atividade piscatória. Servia de ancoradouro tanto aos navios que iam para a Terra Nova para a pesca do bacalhau, como a embarcações de pesca na costa ou até mesmo a pequenos botes de pesca fluvial. A quantidade de embarcações de pesca era tão grande que desde cedo houve necessidade da regulamentação desta atividade. O número de barcos de pesca e as toneladas

de peixe pescado foram diminuindo drasticamente, até que, em 1 de novembro de 2003, o porto de pesca (mercado de peixe de Pedrouços, a Docapesca de Lisboa) fechou definitivamente. (Henriques, 2003). Na Figura 37, o número de embarcações de pesca na lota (a) e o número de lugres (navio de vela, geralmente com três mastros, que normalmente é usado na pesca do bacalhau) bacalhoeiros na segunda fotografia (b), são exemplo da importância da pesca no PLx no século passado.



a)



b)

Figura 37 – a) Descarga de peixe no Cais da Ribeira Nova; b) Bênção dos bacalhoeiros em Belém.
(a) Fernandes, 1958; b) Passaporte, n.d.)

Indústrias nas margens do porto - As indústrias à beira do Tejo facilitavam a chegada de produtos necessários e a partida dos produtos produzidos. Na Figura 38 pode observar-se a descarga de carvão diretamente para o espaço da central térmica junto ao Cais do Sodré (a). No caso da empresa Abel Pereira da Fonseca (b), esta podia receber as uvas e exportar o vinho para diversos países beneficiando da sua posição encostada ao Tejo.



a)



b)

Figura 38 – a) Descarga do carvão para a central Tejo; b) Abel Pereira da Fonseca.

(a) Benoiel, 1907; b) Estúdio Horácio Novais - Biblioteca de arte da F.C.G., 1927)

Estaleiros navais - Os melhoramentos do PLx não descuraram a tradição histórica da indústria de construção e reparação de navios neste porto, equipando-o com meios que permitissem a reparação de todo o tipo de navios a flutuar, em docas secas e com meios de alagem (meios de levantamento). A Figura 39 é o exemplo de uma reparação na doca seca do Estaleiro Naval da Administração Geral do Porto de Lisboa (AGPL), na

Rocha Conde d' Óbidos (a) e do Arsenal da Ribeira das Naus (b), que se manteve naquele local até 1939, quando foi substituído pelo arsenal do Alfeite na margem sul do Tejo.

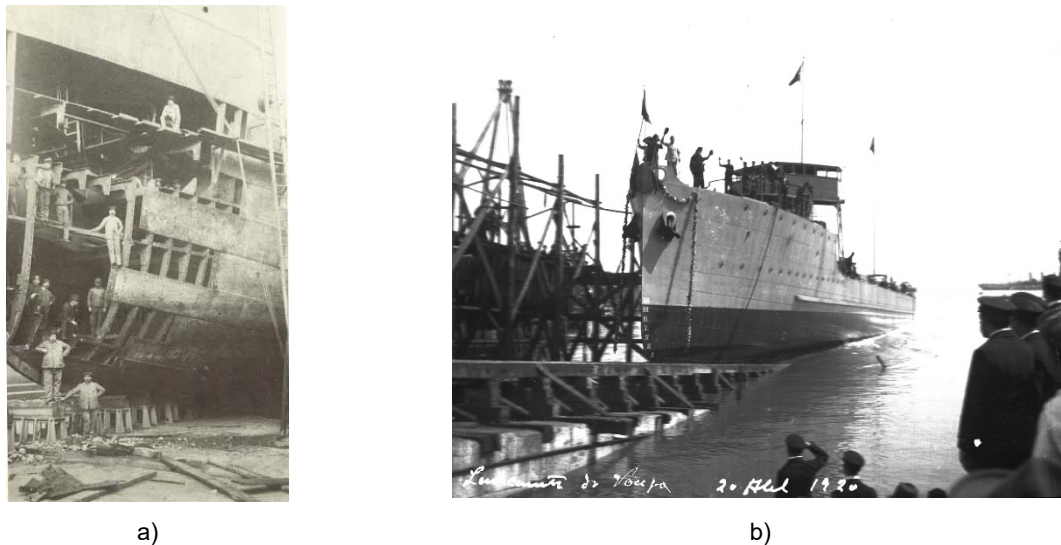


Figura 39 –a) Embarcação Navio Cowrie na doca seca do estaleiro da Rocha do Conde de Óbidos; b) Lançamento do navio Vouga.

(a) Seixas, 1910; b) A. Novais, 1920)

Ponte-cais em Cabo Ruivo - O aumento da zona petroléira do PLx e a necessidade do seu eficiente funcionamento levou à construção de uma ponte-cais em T, em Cabo Ruivo, conforme decreto lei 35716 de 24 de junho de 1946. A solução da ponte-cais, exemplo do que na época se fazia nos portos da Europa e América, afastada 200 m da margem ficou a dever-se à possibilidade de dragagem que permitisse a altura de água necessária ao acesso e à acostagem de petroleiros de grandes dimensões - Figura 40.

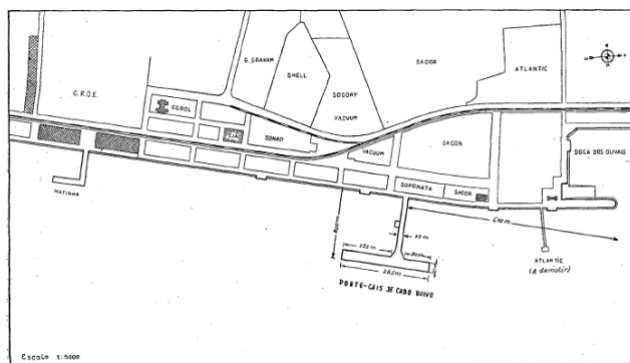


Figura 40 – a) As grandes obras do porto de Lisboa - Ponte-cais de Cabo Ruivo; b) Panorâmica da ponte-cais de Cabo Ruivo Anos 70.

(a) Lisboa, 1955; b) CDI PLx, 2020)

Aeroporto marítimo de Cabo Ruivo - A companhia aérea americana Pan Am (Pan American World Airways) em 1938 estabeleceu, provisoriamente, a sua base marítima em Cabo Ruivo - Figura 41. Durante a II Guerra Mundial, Lisboa tornou-se uma das principais portas de fuga dos refugiados europeus para o continente americano e os voos transatlânticos que chegavam da América faziam escala no aeroporto marítimo. Quando os passageiros queriam continuar viagem para outros destinos europeus, eram transportados para o Aeroporto da Portela através de uma grande avenida, entretanto construída, a Avenida Entre Aeroportos (hoje

Avenida de Berlim). Após a II Guerra Mundial, com o desenvolvimento da aviação terrestre, em termos de velocidade e segurança, os hidroaviões tornaram-se obsoletos e, em finais da década de 1950, o aeroporto marítimo de Cabo Ruivo foi desativado (APL, 2019).



a)

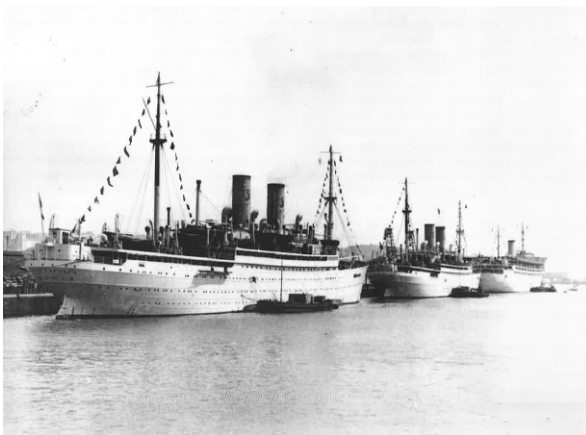


b)

Figura 41 – a) Planta do aeroporto marítimo de Lisboa; b) Aeroporto marítimo de Lisboa.

(a) M. Novais, 1940; b) Hoffman, 1940)

Porto nas rotas turísticas – No século XX o PLx tinha três docas onde atracavam cruzeiros de passageiros: Doca de Alcântara, Doca da Rocha Conde d’Óbidos e Doca de Santa Apolónia, para dar resposta ao grande número de paquetes que passavam na cidade, uma vez que Lisboa estava na rota de muitos cruzeiros. No século XXI foi construído um terminal de cruzeiros na zona antiga da cidade, em Santa Apolónia (Figura 42).



a)



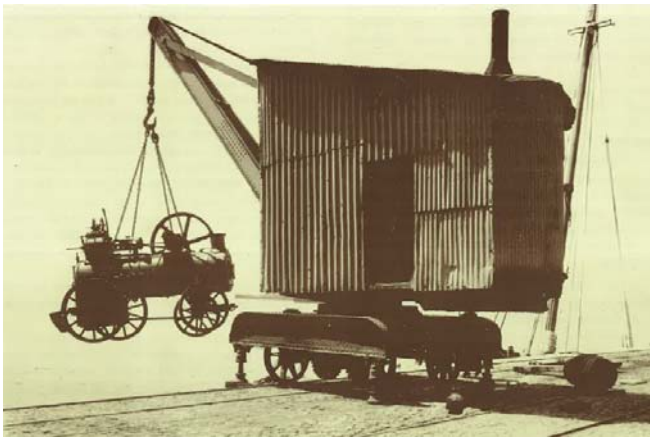
b)

Figura 42 – a) Paquetes atracados no Cais da Rocha; b) Navio de cruzeiro no terminal de cruzeiros de Lisboa.

(a) APL, 1991; b) Farinha, 2018)

Equipamentos de carga e descarga

Durante o século XX, o transporte marítimo aumentou bastante na sequência da Revolução Industrial já referida neste trabalho, ocorrida no século XIX. Consequentemente, as cargas manuseadas nos portos tiveram um grande incremento que obrigou à evolução dos meios de carga e descarga das zonas portuárias para dar resposta às necessidades surgidas. As duas imagens apresentadas na Figura 43, com apenas três décadas de diferença, são bem demonstrativas da evolução neste tipo de equipamentos.



a)



b)

Figura 43 – a) Guindaste a vapor - 1917; b) Bateria de Guindastes em Alcântara – 1948.

(a) CDI PLx, 2010; b) CDI PLx, 2016)

Cais de Santa Apolónia – carga contentorizada

A evolução do transporte marítimo e o volume de cargas transportadas conduziram a uma forma revolucionária de transporte, com uma evolução dos navios e uma especialização da carga transportada em contentores (carga contentorizada).

O terminal de contentores de Santa Apolónia, entrou em exploração em 1970, equipado com gruas especiais porta-contentores, acompanhando o ritmo de outros portos no que diz respeito à contentorização, e tornou-se o primeiro porto da Península Ibérica a dispor de um terminal equipado com grua própria para o embarque e desembarque de grandes contentores. Iniciava-se uma nova visão do transporte marítimo de mercadorias. As duas imagens apresentadas na Figura 44, com apenas três décadas de diferença, são bem ilustrativas da evolução na forma de transporte de cargas por via marítima.



a)



b)

Figura 44 – a) Cais de Santa Apolónia – carregamento de cortiça; b) Terminal de contentores de Santa Apolónia.

(a) Goulart, 1960; b) APL, 1987)

Em 1985 surge o terminal de contentores de Alcântara com uma área de 8 ha, com a vantagem de maiores fundos, 10/13 m, vocacionado para operações de *transshipment* (quando uma carga é movida de um navio

para outro durante o seu trânsito até ao destino final). Este terminal goza ainda de boas condições naturais que permitem o seu funcionamento sem grande necessidade de dragagens de conservação. A Figura 45 mostra o impacto que a carga contentorizada teve no transporte marítimo do Porto de Lisboa nas primeiras duas décadas.

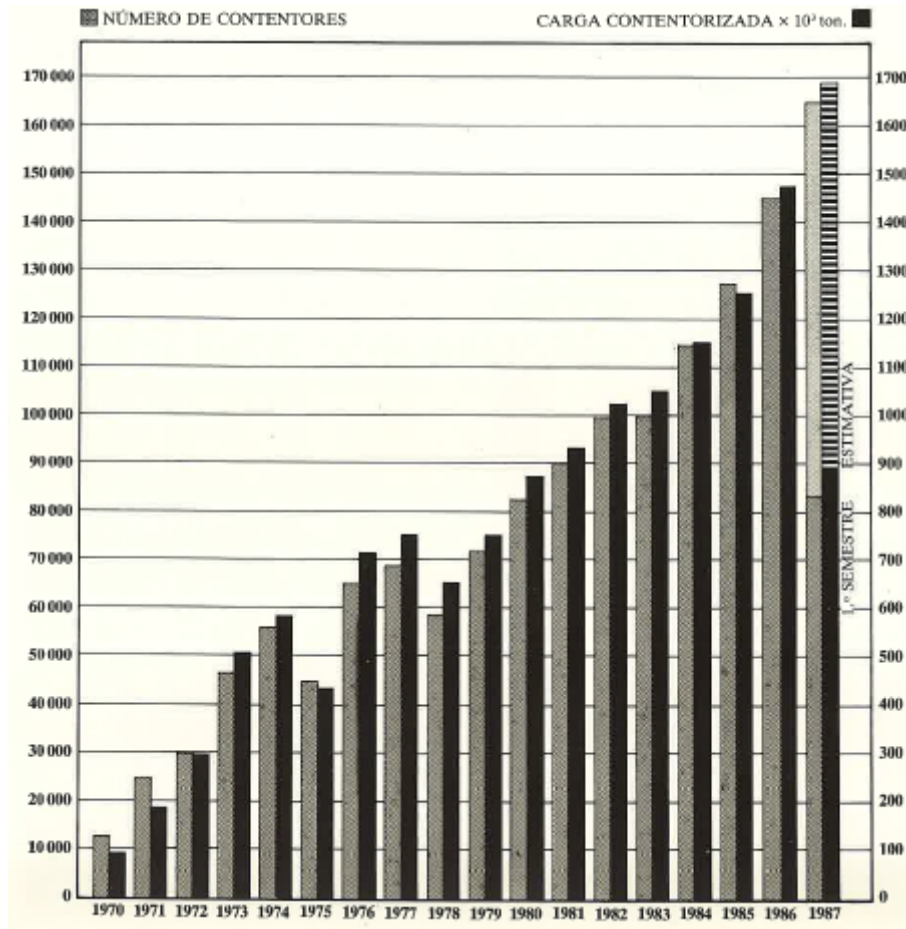


Figura 45 – Evolução da contentorização no PLx nos primeiros dezassete anos.

(APL, 1987)

3.3. Caracterização do atual Porto de Lisboa

O Porto de Lisboa é um porto natural que se encontra na foz do rio Tejo para o oceano Atlântico, numa bacia líquida de 31.600 ha, com excelentes condições de navegação e abrange onze municípios: Alcochete, Almada, Barreiro, Benavente, Lisboa, Loures, Moita, Montijo, Oeiras, Seixal e Vila Franca da Xira (Figura 46) (Portal do Porto de Lisboa, 2020).

Atualmente, as atividades portuárias desenvolvem-se em ambas as margens do rio Tejo. O PLx compreende diversos terminais especializados na movimentação de vários tipos de carga: contentores, granéis sólidos, granéis líquidos e carga fracionada.

Tabela 8 – Terminais de carga do PLx e tipo de cargas efetuadas em cada cais.

Terminais de carga	Operador portuário	Contentores	Granéis sólidos	Granéis líquidos	Carga Fracionada
Terminal de Contentores de Alcântara	Liscont	✓			
Terminal Multipurpose de Lisboa	TSA	✓			
Terminal de Contentores de Santa Apolónia	Sotagus	✓			
Terminal Multiusos do Beato	TMB	✓		✓	✓
Terminal Multiusos do Poço Bispo	ETE	✓		✓	✓
Terminal de Granéis Alimentares da Trafaria	Silopor		✓		
Terminal de Granéis Alimentares de Palença	Sovena		✓		
Terminal de Granéis Alimentares do Beato	Silopor		✓		
Terminal de Granéis Alimentares de Alhandra	Iberol		✓		
Terminal Cimenteiro de Alhandra	Cimpor		✓		
Terminal do Barreiro	Atlanport		✓		✓
Terminal de Líquidos do Porto dos Buchos	OZ			✓	
Terminal de Líquidos de Porto Brandão	Petrogal			✓	
Estação de Assistência Naval do Porto de Lisboa	ETC			✓	
Terminal de Líquidos de Banática	Repsol			✓	
Terminal de Granéis Líquidos- Barreiro	Alkion			✓	
Terminal de Granéis Alimentares de Palença	Sovena			✓	
Terminal do Barreiro	Atlanport			✓	

Dados do Portal do Porto de Lisboa, (2021)

Tabela 9 – Movimento de mercadorias no Porto de Lisboa em 2017 (ton).

Carga fracionada	Carga contentorizada	Ro-Ro	Granéis sólidos	Granéis líquidos
177 812	3 950 707	10 097	5 372 763	1 637 273
			Total	11 148 652

Dados da Autoridade da concorrência, (2018)

3.4. Porto de Lisboa na Rede Europeia de Transportes

Em 2017, o transporte marítimo de mercadorias a nível nacional foi o meio mais utilizado para transportar as exportações para países fora da UE (78 %). No caso das importações de países fora da UE, o transporte marítimo também foi responsável por 79 % das mercadorias. Mas o transporte marítimo de mercadorias está

necessariamente associado a outros tipos de transporte, nomeadamente o marítimo, o rodoviário e o ferroviário, que asseguram a continuidade do transporte entre a origem da mercadoria e o seu destino final (Autoridade da concorrência, 2018).

A excelente localização do PLx permite que este tenha diversos tipos de ligações para o transporte das cargas de e para o porto (Portal do Porto de Lisboa, 2020):

Ligações Marítimas - Lisboa é porto principal (*Core Network* – Rede Principal) do chamado Corredor Atlântico, o qual liga Portugal, Espanha, França e Alemanha. Na ligação marítima, o Porto de Lisboa integra também a Autoestrada do Mar da Europa Ocidental, a qual liga Portugal e Espanha ao Mar do Norte e Mar da Irlanda, via arco do Atlântico.

Ligações Ferroviárias - O Porto de Lisboa tem ligação à rede ferroviária nacional em ambas as margens do Tejo. Os seus principais acessos ferroviários são a Linha do Norte (Lisboa-Porto) e a Linha do Sul e Sueste (Barreiro-Faro). Alguns dos terminais do porto têm ainda ramais dedicados, como é o exemplo do Terminal de Contentores de Alcântara, que possui ramal próprio com ligação ao ramal de Alcântara e ao nó de Campolide, assegurando o trânsito de contentores para plataformas multimodais, como a de Bobadela, Leixões e Elvas, e para diferentes destinos como Guarda, Madrid, Tarragona, Valência, Saragoça, Barcelona e Bilbao. A zona Oriental (Santa Apolónia – Poço do Bispo) tem também um ramal ferroviário para a zona portuária.

Ligações Rodoviárias - No Porto de Lisboa a movimentação de mercadorias concentra-se na zona ocidental (Alcântara) e Oriental (Santa Apolónia – Poço do Bispo) de Lisboa, em Alhandra, Almada e Barreiro. Apenas a zona oriental do porto apresenta uma rua de cintura interna portuária com acesso aos diferentes terminais. Nos restantes casos, os terminais portuários têm ligação direta às vias rodoviárias nacionais. Apesar de inserido em malha urbana no concelho de Lisboa e em áreas industriais/logísticas em Alhandra, Barreiro e Almada, o porto de Lisboa tem conexão às principais vias rápidas que asseguram a circulação de mercadorias e a ligação ao *hinterland* (área contínua atrás do porto, sendo uma zona influenciada pela atividade portuária) do porto.

3.5. Mapas de Ruído Global de Lisboa

Para dar cumprimento à legislação que estabelece que as câmaras municipais devem elaborar mapas de ruído, que caracterizem a situação acústica existente devida às diferentes fontes, designadamente: tráfego rodoviário, ferroviário, aéreo e indústria, a CML elaborou os mapas de ruído para a cidade: indicador dia-entardecer-noite e indicador ruído noturno. De acordo com a (CML, 2018), os mapas foram elaborados tendo por base as diretrizes para a elaboração de mapas de ruído publicadas pela APA e recorreu a um *software* de simulação de níveis sonoros (CadnaA).

No mapa global do indicador L_{den} , Figura 47, verifica-se que a Avenida Infante D. Henrique, paralela ao terminal do PLx em análise, tem um valor superior a 70 dB(A). Relativamente ao mapa global do indicador noturno L_n , Figura 48, verifica-se que a mesma avenida tem valores entre 55 e 60 dB(A), o que para ruído noturno se podem considerar valores relevantes.

A CML elaborou o Plano de Ação de Ruído de Lisboa (PAR), que inclui a análise dos dados. A CML constatou que, para o indicador L_{den} , 20 % da área do município estava acima do valor limite, dos quais, 12 % estava 5 dB(A) acima desse valor e 8 % estava acima do valor limite em 10 dB(A). No caso do indicador L_n a área em desconformidade é maior, cerca de 41 %, dos quais, 18 % está 5 dB(A) acima desse valor e 23 % está acima do valor limite em 10 dB(A). A partir destes resultados a CML estabeleceu dois níveis de intervenção distintos:

- Zonas desconformes (estratégia de redução);
- Zonas tranquilas (estratégia de manutenção e extensão).

De acordo com CML (2014), o PAR identificou 29 zonas prioritárias de intervenção, onde foram implementadas medidas de carácter corretivo de modo a reduzir o número de pessoas expostas a níveis de ruído excessivo, mas nenhuma delas é adjacente ao terminal considerado neste trabalho. No entanto, tendo em atenção que os mapas foram obtidos por modelo de cálculo e que a CML refere que considerou as fontes regulamentares, não é considerada a zona portuária como tal e isso poderia alterar os resultados.

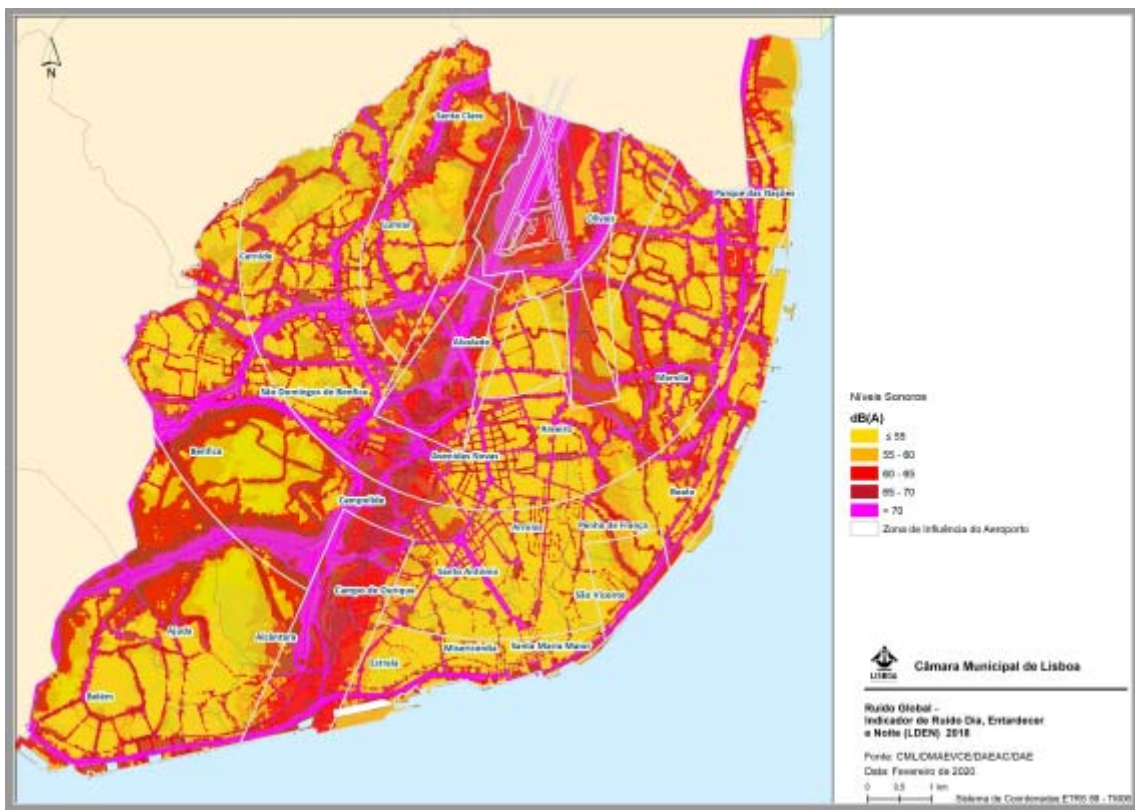


Figura 47 – Mapa de Ruído Global de Lisboa – indicador de ruído dia-entardecer-noite.

(CML, 2018)

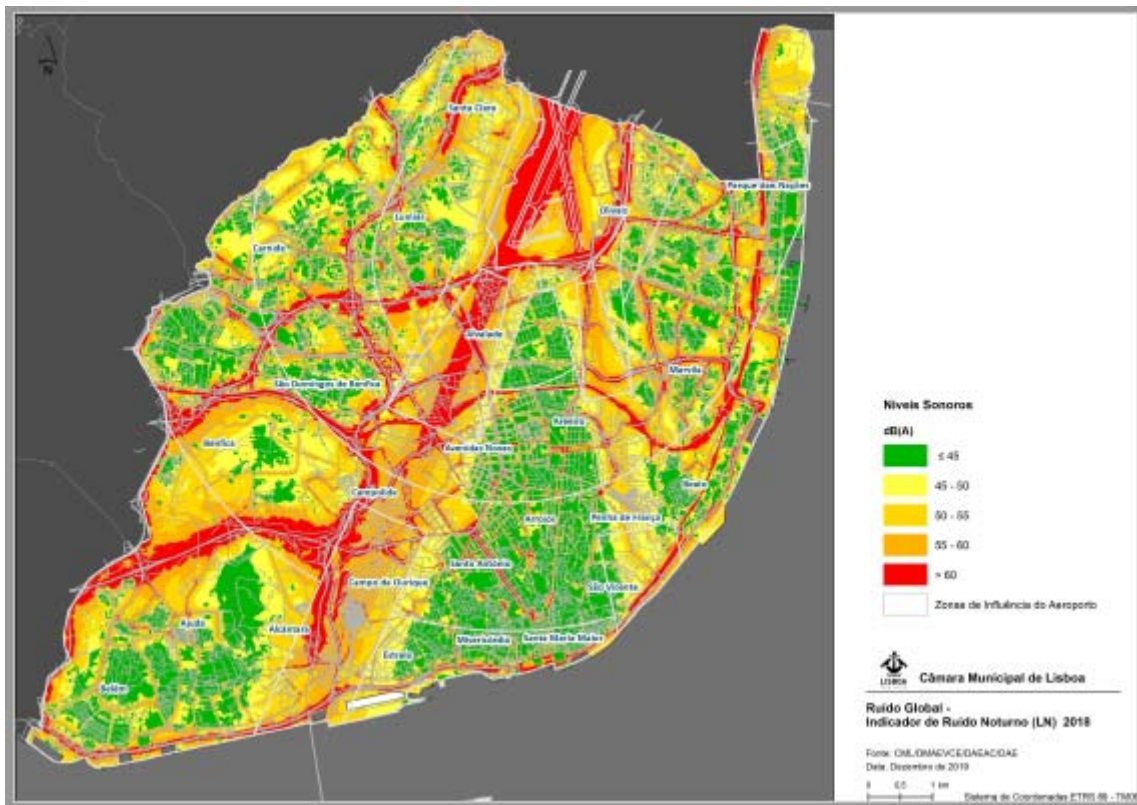


Figura 48 – Mapa de Ruído Global de Lisboa – indicador de ruído noturno.

(CML, 2018)

Apesar da monitorização ambiental da cidade ser da responsabilidade da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo (CCDR_LVT) através de uma rede oficial de estações fixas instaladas na cidade, a CML decidiu investir numa rede de monitorização de parâmetros ambientais. Assim, em 2021, a CML procedeu à instalação de vários sensores na cidade, que têm por objetivo o mapeamento da cidade ao nível dos parâmetros ambientais, nomeadamente do ruído para integração na Plataforma de Gestão Inteligente de Lisboa (PGIL), e posterior acompanhamento da evolução dos indicadores de qualidade ambiental de suporte à decisão e disponibilizar essa informação à comunidade em tempo real (CML, 2021b).

A Figura 49 representa uma parte da cidade de Lisboa e os sensores de ruído aí instalados. Podemos constatar que existe um sensor próximo do terminal do PLx onde se realizou a primeira campanha de medição de ruído.

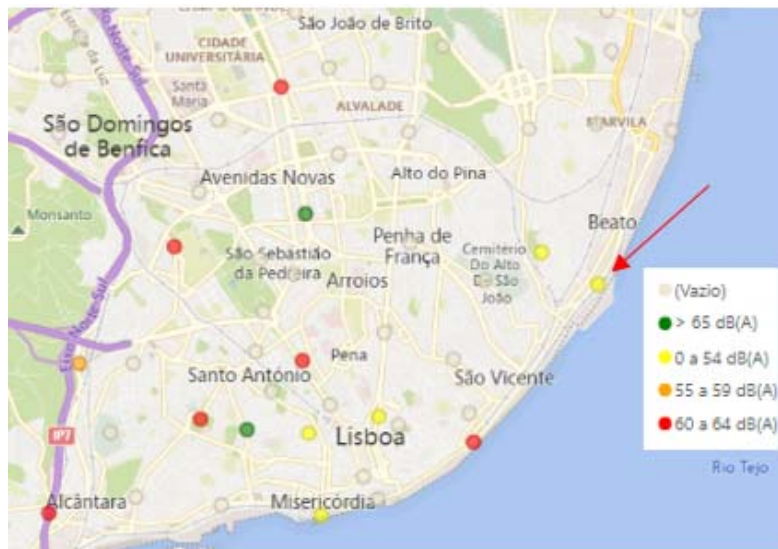


Figura 49 – Alguns sensores de ruído instalados na cidade de Lisboa.

(CML, 2021a)

3.5.1. Medidas de som realizadas pelo Porto de Lisboa

De acordo com a APL (2021), esta entidade só realiza a monitorização do ruído nas zonas sensíveis mais próximas do PLx quando procede a obras nas suas instalações.

Esta monitorização tem como objetivo verificar se atividades extraordinárias e temporárias afetam o bem estar das populações vizinhas, mas não monitorizam a atividade regular do PLx. Para proceder a estas medições de som, a APL recorre a empresas especializadas e dão cumprimento aos requisitos da legislação e normativos em vigor.

Estas medições cumprem a legislação no que diz respeito à execução extraordinária de obras no porto mas não fazem medições das atividades do porto no seu funcionamento normal. Tendo em conta que a legislação não considera as zonas portuárias como uma GIT, a APL não está obrigada a fazê-lo.

3.5.2. Reclamações

Quando o ruído é incomodativo, por exemplo, ruído noturno, ruído de obras, os cidadãos queixam-se do incómodo. No entanto, não foi possível identificar reclamações para esta zona junto da CML ou do Porto de Lisboa.

Os Mapas Estratégicos de Ruído da cidade de Lisboa, reportam-se ao ano de 2008. Os valores do mapa de ruído no município de Lisboa foram obtidos através de um *software* de simulação de níveis sonoros (CadnaA), e integraram o ruído rodoviário, ferroviário, aéreo e de algumas fontes fixas (zonas de diversão noturna), não sendo nesta zona considerado o Terminal Portuário.

Esta zona não foi identificada como zona desconforme no Mapa de Conflitos (o Mapa de Conflitos representa o cruzamento dos mapas de ruído global, L_{den} e L_n , com o mapa de zonamento acústico, ilustrando as zonas que apresentam valores de ruído ambiente acima dos estabelecidos por lei, para cada um dos indicadores). Não sendo esta zona identificada como desconforme, consequentemente não foi considerada Zona de

Intervenção Prioritária (tem em atenção os valores sonoros e o número de pessoas afetadas), e por isso não deu origem a medidas de intervenção no Plano de Ação de Ruído por parte da Câmara Municipal de Lisboa e demais entidades envolvidas.

Apesar de não ter sido possível identificar reclamações oficiais do ruído emitido pelo PLX no Cais de Santa Apolónia, junto das entidades responsáveis na área, CML e PLX, e verificando que os dados recolhidos na primeira campanha eram elevados, optou-se por elaborar um questionário após esta campanha. Verificou-se nas respostas ao inquérito que os cidadãos, quando questionados, são sensíveis ao incómodo que o ruído lhes provoca, nas várias situações ao longo do dia. No ponto 3.5.3, apresentam-se as Figura 50 a Figura 53, com os resultados mais relevantes das respostas ao questionário realizado.

3.5.3. Questionário

Para aferir a sensibilidade dos cidadãos ao ruído, foi elaborado um questionário em que se pretendeu avaliar quais os ruídos que são considerados mais incomodativos. O questionário realizou-se entre 23 e 29 de dezembro de 2020 através da plataforma Google Forms.

O questionário foi respondido por 81 indivíduos da Área Metropolitana de Lisboa com uma média de idades de 35 anos, 69 % dos inquiridos era do género feminino e 31 % do género masculino.

Relativamente ao ruído diurno, a maior taxa de incómodo é atribuída ao ruído dos vizinhos (22 %) igualado pelo ruído das obras (22 %), que se supõe ser também obras na vizinhança. De salientar que o ruído seguinte, na escala de incomodidade, são as crianças com 9 %. Na Figura 50 são apresentados os resultados globais.

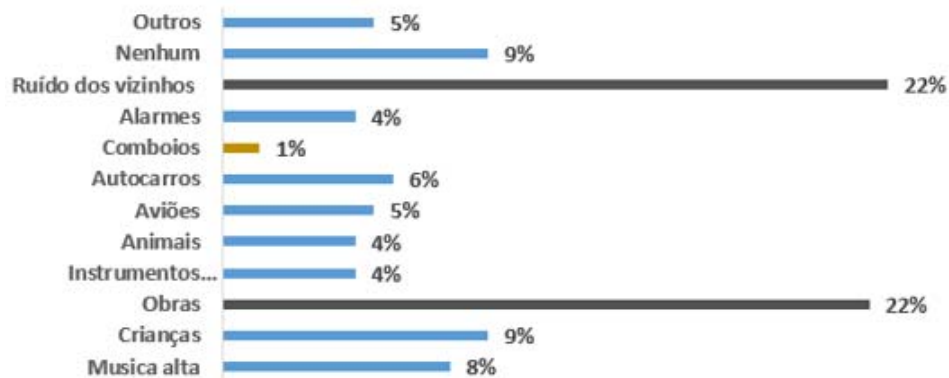


Figura 50 – Tipo de ruído que incomoda durante o dia.

Quando se pediu a identificação dos ruídos noturnos mais incomodativos, foi também o ruído dos vizinhos que mais incomodou (29 %), seguido pelo ruído dos camiões de recolha de resíduos urbanos (18 %) e dos camiões de recolha do vidro nos vidrões (14 %). De salientar que 24 % dos inquiridos não refere qualquer ruído incomodativo durante a noite.

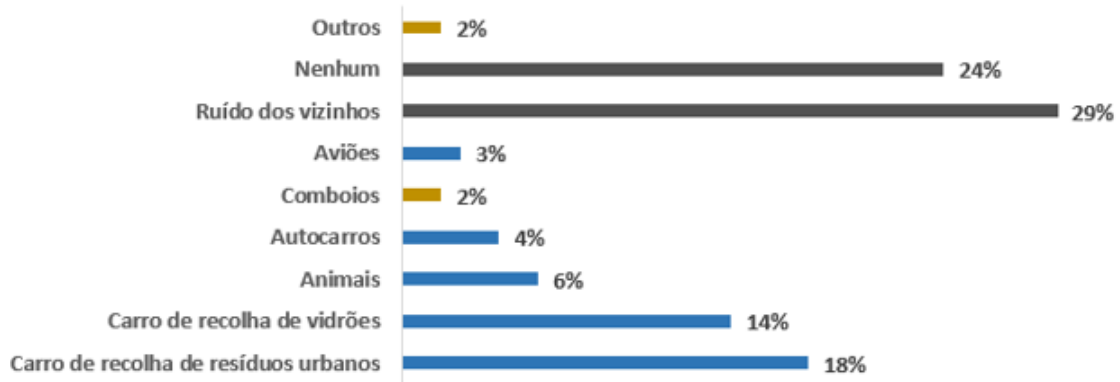


Figura 51 – Tipo de ruído noturno que o incomoda.

Nas deslocações casa/emprego/casa, os ruídos mais incomodativos são os ruídos dos automóveis (referido por 31 % dos respondentes), seguido pelo ruído dos autocarros (24 %), dos comboios (13 %) e aviões (11 %).

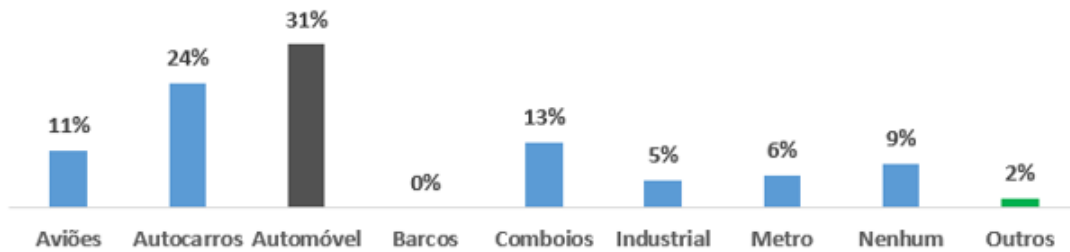


Figura 52 – Tipo de ruído durante as deslocações.

Na perceção dos efeitos do ruído sobre a saúde de cada um dos respondentes, consideraram que o ruído excessivo provocava a 40 % alterações de humor, a 25 % provocava alterações da qualidade de sono, a 18 % sensação de cansaço e a 16 % ansiedade.

A aplicação deste questionário permitiu evidenciar os efeitos do ruído na saúde, efeitos diretamente percecionados pelos respondentes. São efeitos relevantes que importa minimizar através da diminuição dos níveis de exposição ao ruído que a população em geral está exposta.

Nos ruídos incomodativos é notória a referência aos vizinhos no período noturno. Tal evidencia o mau isolamento sonoro da maioria das habitações em Portugal. No período diurno em casa, a incomodidade do ruído dos vizinhos e das obras é notório.

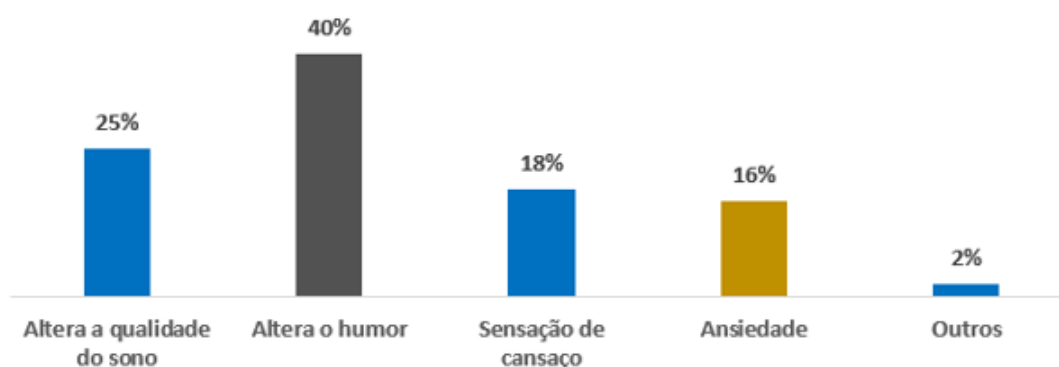


Figura 53 – Como o ruído afeta a sua saúde.

De realçar que o ruído das obras, durante o dia, não está legislado. O uso de ferramentas de percussão conjugadas com o mau isolamento sonoro conduz a este desconforto com os impactos na saúde já referenciado. Este facto foi provavelmente mais agravado durante a pandemia devido ao maior tempo de permanência em casa. Seria importante aperfeiçoar e aplicar a legislação sobre o isolamento sonoro das habitações bem como a limitação do ruído provocado por obras em edifícios habitados.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Equipamento de medição de ruído

A legislação de ruído ambiente em Portugal, através do Regulamento Geral do Ruído (Decreto-Lei n.º 9/2007), enquadra a adoção da norma NP ISO 1996, estabelece que as medidas de som deverão ser realizadas com um sonómetro calibrado e estabelece também as suas características e opções para as medições. No entanto, diversos estudos apontam para a possibilidade de recorrer a *smartphones* para realizar medições com elevada fiabilidade (Maisonneuve *et al.*, 2010, D'Hondt *et al.*, 2013, Kanhere, 2013, Kardous e Shaw, 2014 e 2016, Murphy e King, 2016, Roberts *et al.*, 2016, Celestina *et al.*, 2018, McLennon *et al.*, 2019, Jacobs *et al.*, 2020 e Serpanos *et al.*, 2021).

Em 2010, Maisonneuve *et al.*, em colaboração com a Sony CSL de Paris (uma estrutura de pesquisa da Sony em diversas áreas como, por exemplo, sistemas de comunicação e tratamento de dados) e o Software Language Lab (laboratório de pesquisa do Departamento de Ciência da Computação da Universidade de Bruxelas) desenvolveram um estudo de medição de som ambiental, utilizando a aplicação NoiseTube, recorrendo ao contributo do público em geral, através da utilização dos seus *smartphones*. Os autores avaliaram a utilização desta aplicação face a três tipos de abordagem convencionais: mapas de ruído baseados em simulação, redes de sensores e campanhas de monitorização. Os autores consideraram que o conhecimento das fontes de ruído existentes e as leis físicas de propagação do som utilizados na simulação dos mapas de ruído convencionais, geravam mapas de ruído muito limitados em relação à realidade de uma cidade. Assim, no seu estudo, os autores recorreram a indivíduos que circulavam numa determinada área com os seus telemóveis ligados, medindo o som dos locais por onde passavam. Estes percursos foram seguidos por GPS e as medidas de som foram enviadas para um servidor. Estes indivíduos com os seus *smartphones* criavam uma rede de sensores móveis e as medições realizadas podiam, assim, contribuir para um mapeamento de ruído ambiental em tempo real, considerando os fenómenos de ruído ocasionais em locais não previstos, que uma rede de sensores convencional (com sensores estáticos) não captava. Os indivíduos participantes podiam ainda acrescentar informações sobre a fonte de determinado ruído (passagem de um avião), localização exata da fonte (em que rua) ou mesmo comentários subjetivos (som irritante). Esta informação adicional representava uma mais-valia na caracterização do ruído que um sensor convencional não conseguia recolher. Relativamente às campanhas de monitorização tradicionais, estas ocorrem numa zona limitada e num curto espaço de tempo, enquanto que recorrendo à população poderiam obter-se dados de zonas alargadas num período alargado de tempo.

Em 2013, D'Hondt *et al.* realizaram um estudo sobre a recolha de medições de som feita por voluntários, através dos seus *smartphones*, utilizando a aplicação NoiseTube, já utilizada no estudo anterior. Habitualmente questiona-se se os dados recolhidos desta forma e com esta tecnologia têm a mesma precisão

dos dados recolhidos com equipamentos tradicionais, razão que levou os autores neste estudo a concentrarem-se em determinar a qualidade de dados de som que se pode obter com este método de recolha de dados. O estudo decorreu em Antuérpia e foi realizado em duas fases:

- Uma primeira fase tinha uma área menor e um percurso definido, com menor quantidade de dados recolhidos, e tinha como objetivo controlar os parâmetros e corrigir problemas com o tratamento de dados, garantindo a relevância estatística dos valores medidos;
- Na segunda fase a área abrangida era maior, não tinha rota fixa e permitia que os indivíduos fizessem recolha efetiva de valores medidos de som, num percurso à sua escolha dentro da área definida, obrigando apenas a um tempo mínimo de recolha de dados para garantir dados suficientes para o estudo. No entanto, era dada liberdade do período de recolha de dados poder não ser consecutivo.

De seguida, construíram-se mapas de ruído baseados apenas nos dados recolhidos pelos indivíduos participantes e para a área alvo do estudo, e os autores verificaram que as margens de erro obtidas eram comparáveis às margens de erro dos mapas oficiais baseados em simulação.

Na sequência dos estudos anteriores, Kanhere em 2013, defende a deteção participativa através de um *crowdsourcing* de dados de *smartphones* em espaços urbanos para várias áreas, nomeadamente em dados de ruído ambiente (também dados da qualidade do ar, tráfego ou outros). Devido à rápida melhoria no poder de processamento de dados, ao número de sensores incorporados e à maior capacidade de armazenamento de dados dos telemóveis, a recolha de dados através da população é muito superior aos dados recolhidos a partir de uma rede de sensores. Abrange, também, uma área de monitorização muito maior do que a área abrangida pelos sensores. No entanto, o autor reconhece algumas limitações neste método de recolha de dados como, por exemplo, lacunas de dados em algumas áreas ou confiabilidade dos dados recebidos. O autor alertou que esta opção de participação voluntária de dados necessitava de ser avaliada, para que os dados fornecidos a uma plataforma não fossem corrompidos intencionalmente, com objetivos diferentes como, por exemplo, reduzir o ruído numa zona de venda de edifícios de habitação.

Kardous e Shaw (2014) realizaram um estudo para avaliar a precisão das aplicações de medição de som realizadas por *smartphones*, ponderando a viabilidade destes equipamentos serem utilizados de forma adequada em medições de ruído ocupacional. Para a realização do estudo, os autores adquiriram uma amostra representativa de *smartphones* e *tablets* de várias marcas e modelos. Avaliaram mais de 130 aplicações iOS, das quais apenas 10 corresponderam aos critérios de seleção por eles propostos. Das 62 aplicações para Android apenas 4 foram testadas porque só estas garantiam os critérios de seleção e, mesmo assim, parcialmente. Em três das aplicações utilizadas (NoiSee, SoundMeter e SPLnFFT), a média das diferenças dos níveis sonoros não ponderados tem uma diferença de ± 2 dB em relação ao valor de referência, obtido por um sonómetro calibrado. O estudo mostrou ainda que algumas das aplicações de medição de som para *smartphones* e *tablets* da Apple podem ser consideradas precisas e confiáveis na avaliação de ruído ocupacional, relativamente às aplicações para Android e Windows que não ofereceram a confiança necessária para avaliações de ruído ocupacional ou ambiental. Nos sistemas Android e Windows a diversidade de componentes usados (microfones e processamento de som) apresenta níveis de qualidade muito diversa. Os resultados obtidos neste estudo mostraram que a aplicação SPLnFFT obteve o melhor

desempenho em níveis de pressão sonora (SPLs) não ponderados, com uma diferença média de 0,07 dB em relação aos valores de referência.

De acordo com Murphy e King (2016) em Outubro de 2014, 64 % dos adultos nos EUA possuíam um *smartphone*, tal potenciava o uso destes equipamentos para diversos fins, entre eles a monitorização do som ambiental. Nesse estudo, os autores realizaram testes experimentais para avaliar a capacidade das aplicações de monitorização de ruído poderem vir a ser utilizadas no futuro como uma solução alternativa de baixo custo à monitorização tradicional de ruído, usando um sonómetro. No estudo testaram 100 *smartphones* e compararam as medições de ruído obtidas com os níveis reais de ruído adquiridos por meio de um sonómetro calibrado, num total de 1472 testes. As diferenças de valores obtidas dependeram do tipo de telemóvel, do tipo de microfone e do tipo de plataforma. Os melhores resultados foram obtidos utilizando *smartphones* da marca Apple. Tendo em conta o número crescente de *smartphones* e os bons resultados obtidos, os autores consideraram que se deveria ponderar a utilização futura de *smartphones* como dispositivos de monitorização e avaliação de ruído ambiental de baixo custo. Atualmente, o número de adultos nos EUA que possui um *smartphone* estará em 85 % (Pew Research Center, 2021).

Em 2016, Kardous e Shaw desenvolveram um novo estudo para avaliar a precisão das aplicações de medição de som analisadas no seu estudo anterior em 2014 (NoiSee, SPL Pro, SPLnFFT, e SoundMeter). Neste novo estudo, os autores recorreram ao uso de microfones externos (dois tipos diferentes, i436 da marca MicW e iMM6 da marca Dayton Audio), em substituição dos microfones internos dos *smartphones*, evitando assim o mau funcionamento dos microfones internos caso se encontrem em mau estado. O estudo mostrou que a utilização de microfones externos calibrados aumenta muito a precisão das medições de ruído realizadas com *smartphones*. De uma forma geral, os resultados não apresentaram uma diferença substancial nas medições de ruído tendo em conta o tipo de microfone selecionado, desde que adequadamente calibrado (ambos os microfones apresentaram idênticas *performances* mas o iMM6 é bastante mais barato). Embora o estudo tivesse um alcance limitado e não fosse expectável, no momento, a previsão da substituição de instrumentos profissionais por *smartphones*, os resultados do estudo indicaram que o desenvolvimento permanente de aplicações, bem como a disponibilidade de microfones externos, conduzia a que se estreitasse cada vez mais a diferença entre instrumentos profissionais e aplicações baseadas em *smartphones*. Haverá que realçar as potencialidades de cálculo crescentes dos *smartphones*, ultrapassando até muitos microprocessadores usados em computadores pessoais.

Roberts *et al.* (2016) desenvolveram um estudo utilizando alguns pressupostos de estudos anteriores. Utilizaram três aplicações (NoiSee, SPLnFFT, e SoundMeter), todas disponíveis no sistema operativo iOS. Esta opção deveu-se ao facto de este sistema operativo ter um controlo mais rígido do que outros sistemas operativos e também porque os dispositivos da Apple possuem um *hardware* mais uniforme do que os dispositivos Android. Das três aplicações utilizadas, duas delas (SPLnFFT e SoundMeter) permitiam a exportação das medidas de som armazenadas num ficheiro de valores e que, posteriormente, poderiam ser tratadas num programa de cálculo (por exemplo excel). O estudo utilizou ainda três modelos diferentes de equipamentos da Apple e avaliou os microfones internos dos equipamentos e também dois microfones externos, i436 e iMM6 (Tabela 10).

O desenvolvimento do estudo atrás referido, baseou-se em duas experiências:

- O primeiro procedimento avaliou a influência de microfones internos *versus* microfones externos, tendo os microfones externos apresentado melhor desempenho que os microfones internos, conseguindo obter uma diferença de valor medido menor que 2 dB em relação ao valor de referência. Os microfones internos não conseguiram realizar medições dentro dos 2 dB de diferença em relação ao valor de referência. Dos dois microfones externos, o iMM6 foi o que teve o melhor desempenho e os microfones internos não obtiveram medidas de ruído consistentes com a tolerância pretendida (nível de som tipo 2).
- O segundo procedimento avaliou se os microfones externos podiam ser utilizados para reduzir a variação nas medidas de ruído entre diferentes modelos de *smartphones*, utilizando a mesma aplicação, mas verificaram que o tipo de *smartphone* também influenciava as medidas de ruído obtidas.

Tabela 10 – Diferenças médias obtidas para diferentes aplicações e microfones.

		Nível de ruído de referência dB(A)						
Aplicação	Microfone	60 ^(A)	65	70	75	80	85	90
NoiSee	Interno	7,1	7,1	7,1	7,1	7,2	4,5	0,1
	iMM-6	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0	-0,1
	i436	1,5	1,3	1,3	1,3	1,3	1,5	0,1
SPLnFFT	Interno	2,1	1,6	1,6	1,6	1,6	2,8	1,5
	iMM-6	1,1	1,0	1,1	1,1	1,0	2,1	1,6
	i436	1,3	1,2	1,2	1,2	5,0	2,0	2,2
SoundMeter	Interno	2,9	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4	2,2
	iMM-6	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	i436	1,0	0,9	1,0	1,0	0,4	0,9	0,9

(A) N = 18 para cada nível de ruído de referência, aplicação e combinação de microfone, no global N = 1.458 medidas realizadas

(Adaptada de Roberts *et al.*, 2016)

Os autores Roberts *et al.* (2016) consideraram que, em determinadas situações, os *smartphones* utilizando a aplicação correta e equipados com um microfone externo calibrado podem fazer medições de ruído com a mesma precisão de um sonómetro Tipo 2. Apesar da utilização de *smartphones* não ser uma solução no imediato para substituir os equipamentos tradicionais de medição de ruído, os autores consideraram-nos uma boa ferramenta de pesquisa e úteis para mapear o ruído ambiente de uma comunidade. Os resultados do estudo foram obtidos a partir de medições feitas num ambiente de ruído contínuo pelo que Roberts *et al.* (2016) sugeriram a repetição deste tipo de estudo num ambiente com ruído intermitente, analisando se os *smartphones* têm o mesmo desempenho nesse tipo de ruído. A melhor solução neste estudo foi encontrada para a aplicação SoundMeter, com telefones da Apple e microfone externo iMM6. As diferenças médias entre os valores medidos e o valor de referência foram próximos de zero. Na Tabela 10 apresenta-se a sùmula dos resultados deste estudo.

No entanto, a solução utilizada neste trabalho, a bold na Tabela 10, também foi analisada neste estudo (aplicação SPLnFFT) com telemóveis da Apple e microfone externo iMM6. As diferenças médias entre os valores medidos e o valor de referência variam entre 1,0 e 1,1 dB(A) para valores entre 60 e 80 dB(A), valores muito aceitáveis que cobrem praticamente todos os valores medidos. A aplicação NoiSee foi descontinuada face às evoluções do sistema iOS, não sendo assim uma escolha possível. A utilização da aplicação escolhida (SPLnFFT) em detrimento da aplicação SoundMeter deveu-se ao facto da aplicação utilizada ter capacidade de gravação de 24 h com amostragem de oitavas, enquanto a aplicação SoundMeter tem menor capacidade de gravação nestas condições (apenas 8 h). Para realizar a gravação de 24 h, a aplicação SoundMeter apenas permitia gravar com amostragem de um segundo. Neste caso de estudo, em que não existiam medições de som anteriores neste local que permitissem esperar qual a ordem de grandeza que se ía obter, poderia comprometer-se as campanhas de monitorização realizadas. De realçar que a aplicação SPLnFFT é uma das recomendadas pelo Fundo de Saúde e Segurança dos Trabalhadores da América do Norte (Healthy Hearing, 2021).

Celestina *et al.* (2018) estimavam que em 2020 haveria 2,87 biliões de utilizadores de *smartphones* no mundo e que 99,7 % destes equipamentos utilizavam apenas dois sistemas operativos: Android e iOS, considerando que, por isso, estas seriam as opções naturais para o desenvolvimento de aplicações móveis. Os autores consideraram também que, com este número de utilizadores, seria possível mapear níveis de ruído nas cidades (utilizando os níveis de ruído medidos e georreferenciados pela comunidade). Estes números revelaram-se abaixo da realidade. Existem atualmente (janeiro de 2022) cerca de 5 biliões de utilizadores de *smartphones* no mundo (Statcounter, 2022) com 71 % a optarem pelo sistema Android e 28 % a optar pelo iOS. Apenas cerca de 1 % de utilizadores utilizam outros sistemas operativos.

Em 2019, McLennon *et al.* realizaram um estudo com dez telemóveis escolhidos aleatoriamente num *campus* universitário de Toronto, por forma a representarem os telemóveis mais utilizados nesse momento. Havia ainda uma condição na seleção destes equipamentos: cinco tinham que ser dispositivos iOS e cinco dispositivos Android. Os autores tinham como objetivo analisar a precisão das medidas de som obtidas com os smartphones e qual a aplicabilidade que estas medidas de som teriam em ambientes ocupacionais e ambientais. Os autores utilizaram cinco sinais sonoros diferentes (ruído branco, ruído rosa, fala, fabrico de aço e correia transportadora) para representar o espectro presente num ambiente ocupacional. A utilização de cinco sinais sonoros representa uma melhoria em relação a estudos anteriores que utilizaram apenas sons padronizados: ruído rosa ou ruído branco. Os ruídos padronizados, pelas suas características são adequados para utilização em testes e calibração de equipamentos eletroacústicos. Enquanto o ruído branco é constante para todas as frequências audíveis, o ruído rosa tem uma densidade espectral de potência inversamente proporcional à frequência do sinal (Portal acústica, 2021).

Os autores utilizaram ainda uma faixa de som de 60 a 90 dB(A) com quatro níveis de som (60, 70, 80 e 90), para representar os níveis de exposição ocupacional ao ruído mais prováveis de encontrar em cenários de vida real. Os autores tinham como objetivo determinar se existia uma relação entre o tipo de sinal sonoro e a precisão dos resultados de medição. Neste estudo foram também utilizadas dez aplicações de medição de som (cinco para iOS e cinco para Android), todas de acesso gratuito, que poderão ser menos confiáveis. No entanto, com esta opção de aplicações gratuitas, os autores pretendiam simular o utilizador comum. Apesar de algumas aplicações terem a capacidade de calibrar e ajustar os pesos de frequência, os autores optaram

por não aplicar esta opção e utilizar as configurações padrão em todas as aplicações, com a finalidade de se simular o uso de um indivíduo comum. Os equipamentos iOS apresentaram melhores resultados nas medições de som em relação aos equipamentos Android, com uma diferença média da referência de $-0,7 \pm 2,1$ dB(A) (com a aplicação SLA Lite - iOS) vs. $0,7 \pm 6,4$ dB(A) (com a aplicação Sound Meter and Noise - Android). Uma possível explicação para a discrepância de resultados pode dever-se ao facto dos equipamentos iOS terem apenas um fabricante de *hardware*, enquanto os equipamentos Android têm vários fabricantes de *hardware*. Os autores consideraram que a maior parte das aplicações utilizadas neste estudo ainda não estão em condições de serem utilizadas de uma forma conforme, mas que a aplicação SLA Lite tem potencial para ser utilizada como ferramenta de triagem em cenários ocupacionais, uma vez que demonstra consistência em todos os níveis de som e apresenta baixo erro. Todas as medidas de som neste estudo utilizaram os microfones internos, apesar de estudos anteriores indicarem que se obtêm melhores resultados com microfones externos.

Em 2020, Jacobs *et al.* realizaram um estudo em cinco ambientes diferentes, não considerados industriais comuns, mas que ofereciam potencial para uma análise das medidas de som para exposição ocupacional e não ocupacional, bem como situações em que pesquisas anteriores indicavam a possibilidade de níveis de ruído perigosos. Os ambientes escolhidos foram cafés, comboios superficiais e subterrâneos, restaurantes, aulas de ginástica e escritórios. Este trabalho realizou-se em quatro cidades dos Estados Unidos da América: Chicago, Park Ridge, Arlington e Charlottesville. Neste estudo foi utilizada a aplicação NIOSH com microfone interno, que originou medições razoavelmente precisas quando os níveis de ruído excediam os 75 dB(A) (situações mais perigosas) e, por isso, representou uma boa ferramenta para uma avaliação inicial de exposição em que se possa excluir a necessidade de novas avaliações. Este trabalho teve como grande mais valia o facto de se terem medido níveis de ruído em ambientes onde milhões de pessoas são expostas ao ruído diariamente (grande abrangência). As medições foram realizadas com a aplicação NIOSH, que não garantiu medições com precisão necessária conforme o estabelecido pelas Normas, no entanto, os autores sugerem que se à aplicação se juntar um microfone externo, este problema pode ser ultrapassado (conclusões a que já haviam chegado estudos anteriores). As medições obtidas nestes ambientes selecionados levantaram ainda uma questão: o pico de ruído podia ser importante para determinar o risco de Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) e, no caso das medições realizadas, os valores medidos nos escritórios foram os mais baixos e os valores medidos nas aulas de ginástica foram os mais elevados, atingindo valores de pico considerados perigosos.

Em 2021, Serpanos *et al.* realizaram um estudo cujo objetivo era determinar a precisão das aplicações de *smartphones* para medições de som, utilizando microfones internos e externos, com e sem calibração dos microfones. Os autores usaram um iPhone 6s e duas aplicações de ambiente iOS (NIOSH SLM e SPL Meter). Num primeiro momento, os autores fizeram medições numa cabine de teste com tratamento acústico para níveis entre 20 e 100 dB, com incrementos de 10 dB. Numa segunda experiência, as medições realizaram-se em quatro salas clínicas com dimensões diferentes, sem tratamento acústico e com níveis de som de fundo simulados: 45, 55 e 80 dB(A), por forma a simular salas clínicas reais. Os valores medidos para valores inferiores a 40 dB(A) foram sobrevalorizados, independentemente de se utilizar microfones internos ou externos, calibrados ou não calibrados (a aplicação NIOSH SLM não possibilitava a calibração do microfone interno do *smartphone*). Os autores consideraram que os sistemas de medição utilizados neste estudo não

cumpriram os requisitos para serem utilizados em zonas cujos valores de ruído sejam inferiores a 40 dB(A), mas esperam que no futuro com a evolução da tecnologia, nomeadamente a tecnologia dos microfones, se possa garantir precisão nas medições de som também para esta gama de níveis (menores que 40 dB(A)). Os autores consideraram ainda que apenas uma medição “pontual” na sala clínica é insuficiente e que, no futuro, o som das salas deveria ser monitorizado durante toda a sessão clínica.

Os estudos atrás referidos resumem o “caminho percorrido” na utilização de telemóveis para medições de som. A validação científica da utilização do conjunto *smartphone*/aplicação acoplado a um microfone externo de qualidade, possibilita a utilização deste conjunto como sistema de monitorização ambiental.

Murphy e King (2014), sugerem uma regra prática para avaliação do ruído de baixa frequência através da diferença entre os valores medidos dB(C) e os valores medidos dB(A), considerando que sempre que esta diferença fosse igual ou superior a 15 dB se estava na presença de ruído de baixa frequência.

Este tipo de ruído de baixas frequências não afeta a audição, mas é sentido pelo corpo inteiro, havendo já identificada uma Doença Vibroacústica, VAD (*Vibroacoustic disease*), que se desenvolve em indivíduos excessivamente expostos ao Infrassom e Ruído de Baixa Frequência, ILFN (*Infrasound and Low Frequency Noise*), (Alves-Pereira e Castelo Branco, 2007). Importa assim quantificar este tipo de ruído para decisões futuras a integrar na legislação.

Para este efeito pode utilizar-se o sonómetro ou outro dispositivo de medição de som com o filtro C activo. Neste trabalho serão efetuadas medidas utilizando dois telemóveis em simultâneo: um em modo dB(A) e outro em modo dB(C). Teremos assim possibilidade de aferir diretamente a componente de baixas frequências na monitorização a efetuar.

Neste trabalho de monitorização de ruído no Porto de Lisboa foram usados telemóveis da marca Apple (modelos 5 e 5s), porque de acordo com os resultados obtidos por Kardous e Shaw (2014), o sistema iOS é mais fiável que o sistema Android. O *software* usado para os *smartphones* foi a aplicação SPLnFFT (iOS), desenvolvida por Fabien Lefebvre. A escolha desta aplicação deve-se ao facto de ser considerada uma das aplicações mais consistentes em termos de capacidade de medição de ruído ambiente com precisão (Kardous e Shaw, 2014). Aos telefones foram acoplados dois microfones externos iMM-6 (Daytona Audio) porque, de acordo com o estudo de Kardous *et al.* (2016), a utilização de microfones externos calibrados aumenta muito a precisão das medições de ruído realizadas com *smartphones*. Os microfones são vendidos calibrados e a aplicação de *software* usada permite que se introduza o ficheiro de calibração dos microfones. Este foi o conjunto de *hardware/software* que no estudo efetuado por Kardous e Shaw, 2016, obteve o melhor desempenho e o menor erro (cerca de 2 dB) face ao sonómetro calibrado.

Utilizou-se ainda um gravador digital de marca Sony (modelo PAX-470) para gravação contínua do som em formato MP3. Para a realização das campanhas de monitorização de ruído no PLx, preparou-se uma caixa estanque com todos os equipamentos necessários à recolha de dados, representada na Figura 54 e com o seguinte equipamento:

- Dois telemóveis para captura de som, um com filtro de ponderação A e outro com filtro de ponderação C
- Um gravador para gravação contínua do som

- Três microfones externos – um para cada telemóvel e outro para o gravador de som
- Um *hot spot* para ligação à internet
- Um termómetro e um higrómetro
- Um ponto de alimentação de energia aos equipamentos

Os telemóveis, o gravador de som, o *hot spot* e o termómetro foram colocados no interior da caixa plástica e os microfones fixos no exterior da mesma.



a)



b)

Figura 54 – Interior de caixa com os equipamentos para recolha de dados do som ambiente (a) e exterior da caixa onde se podem ver os microfones (b).

A caixa estanque garantia a proteção do equipamento face às intempéries. Os microfones foram protegidos com espumas anti-vento e a sua altura era de $(4,0 \pm 0,2)$ m do solo como indicado nas regras de monitorização (NP ISO 1996, 2019). O termómetro e higrómetro registavam também os parâmetros máximos e mínimos destas grandezas, permitindo assim acompanhar a temperatura e humidade dentro da caixa. Esta medição foi particularmente importante nos dias com temperaturas mais elevadas.

4.2. Terminal de Contentores de Santa Apolónia (Sotagus)

4.2.1. Caracterização do terminal de Santa Apolónia - Sotagus

O local do PLx selecionado para as campanhas de medição de som foi o Terminal de Contentores de Santa Apolónia, concessionado à empresa Sotagus. Este terminal é multimodal (a carga para o navio e do navio pode ser transportada de várias formas) e oferece serviços diretos a África Ocidental (destacando Angola), ao Norte da Europa e às ilhas portuguesas.

As características principais do terminal de Santa Apolónia são as seguintes (Portal do Porto de Lisboa, 2020):

- Área: 16,7 ha
- Capacidade de armazenagem: 2.720 TEU (no solo) + 200 *reefers* – contentores refrigerados (capacidade operacional: 9.689 TEU)
- Capacidade de movimentação: 450.000 TEU/ano
- Comprimento do cais: 451 m (cais novo) + 321 m (cais antigo)
- Fundos: -9 m ZH e -10 m ZH (cais novo); -7,30 m ZH e -8,30 m ZH (cais antigo)

O ZH (Zero Hidrográfico) é o plano de referência em relação ao qual são medidas as profundidades das águas e posteriormente representadas por linhas isobatimétricas nas cartas náuticas, que têm diversas utilizações, nomeadamente a segurança da navegação marítima. Em Portugal continental o ZH está estabelecido 2,00 m abaixo do nível médio do mar adotado (NMA) - Cascais 1938, sendo caso de exceção os portos do estuário do Tejo onde se insere o Porto de Lisboa, em que se considera o valor de 2,08 m (Instituto hidrográfico, 2021).

O equipamento disponível no terminal para carga e descarga e atividades complementares é o de seguida enunciado (Portal do Porto de Lisboa, 2020):

- 4 pórticos de cais: 1 de 30 ton, 2 de 35 ton e 1 de 40/65 ton
- 1 grua móvel de 100 ton a 22m
- 8 pórticos de parque - carril (RMG) de 40 ton
- 6 pórticos de parque - pneus (RTG) de 35 ton
- 2 empilhadores *Ro-Ro* de 25 e 28 ton
- 1 empilhador frontal com garfos de 25 ton
- 3 empilhadores frontais com *spreader* (contentores vazios), 2 com capacidade de empilhamento de 3 contentores e 1 com capacidade de empilhamento de 5 contentores
- 2 empilhadores frontais com *spreader* (contentores vazios) com capacidade de empilhamento de 5+1 contentores (duplo)
- 4 empilhadores com *spreader* (contentores cheios), com capacidade de empilhamento de 4 contentores até 40 ton
- 5 tratores *Ro-Ro* (com tração 4 × 4 e um assento do operador giratório para operar com qualquer rampa) sendo 4 com capacidade de reboque até 60 ton e 1 com capacidade de reboque até 100 ton)
- 14 tratores de parque
- 22 chassis (4 de 20" e 4 de 45")

* *spreader* - dispositivo projetado para levantar contentores

* chassis – cargas sobre rodas

O equipamento de carga e descarga, a movimentação de camiões, a reparação de contentores e o funcionamento dos *reefers* são as principais fontes sonoras no porto a avaliar neste estudo.

4.2.2. Local da recolha de dados sonoros

Para se avaliar as condições gerais do espaço e decidir qual o local onde se iria colocar a caixa com o equipamento utilizado nas medições de som, da primeira campanha, realizou-se uma visita prévia ao terminal. Sendo necessário um ponto de alimentação de energia para os equipamentos utilizados, foi assegurado,

nesta visita, que o local escolhido teria essa condição. Na escolha do local foi também analisada a altura de colocação do equipamento, que deveria ficar a uma altura aproximada de 4 m em relação às fontes emissoras de ruído. Esta localização permitiu uma medição abrangente sem edifícios entre as fontes sonoras no cais e o medidor.

Optou-se por escolher uma antiga portaria localizada na fronteira entre o terminal portuário e o ramal ferroviário dedicado à zona portuária. Paralelamente encontra-se a rua de cintura interna portuária, a seguir uma infraestrutura rodoviária estruturante da cidade, com trânsito rodoviário considerável (Avenida Infante D. Henrique) e, por fim, também paralela a esta avenida, fica uma infraestrutura ferroviária.

Durante a primeira campanha identificaram-se outras zonas do terminal com características sonoras distintas da primeira localização de monitorização. Optou-se por realizar outras duas campanhas no mesmo terminal, uma no terraço do edifício de operações localizado junto à zona dos contentores frigoríficos permitindo avaliar o impacto que estes contentores (em permanente funcionamento de refrigeração), têm no ruído do porto. A segunda zona identificada situa-se junto às oficinas de reparação de contentores, por se constatar nas visitas de recolha de dados da primeira campanha, que existia nesta zona ruído aparentemente diferente de todas as outras áreas do porto.

Na Figura 55 podemos visualizar o local selecionado para a recolha de dados sonoros (no Terminal de contentores de Santa Apolónia), e as localizações escolhidas para as três campanhas de monitorização do som.



Figura 55 – Localização das medições de som realizadas no Terminal de Santa Apolónia (Sotagus) em três campanhas.

Com a monitorização nas três zonas obteve-se uma panorâmica sonora deste terminal o que permitirá avaliar o seu impacto nas zonas residenciais vizinhas.

4.3. Campanhas de medição de som no Porto de Lisboa

4.3.1. Primeira campanha de medição de som – antiga portaria

A primeira campanha de medição decorreu entre os dias 9 e 23 de dezembro de 2020 (Figura 56). Diariamente, houve uma deslocação ao terminal, sensivelmente à mesma hora, para se descarregarem os dados das 24 h anteriores, guardados pelos dois telemóveis. Os dados dos telemóveis foram descarregados através da internet e os dados do gravador foram descarregados para um computador portátil. Em cada dia o procedimento operatório consistia em:

1. Verificar se o equipamento se encontrava a medir;
2. Registrar hora de início do procedimento de recolha de dados (início da interrupção das medidas), temperatura (máximo, mínimo e atual) e humidade (máximo, mínimo e atual);
3. Ligar o *hotspot* para que os telefones possam descarregar os dados via internet;
4. Parar cada um dos telefones e proceder à transferência de dados para uma conta Dropbox;
5. Transferir os ficheiros de áudio do gravador para um computador portátil;
6. Verificar a limpeza dos tapa-vento dos microfones;
7. Recolocar os telemóveis em modo de medição e o gravador em modo de gravação;
8. Verificar o bom funcionamento de todo o equipamento, fechar a caixa e registar hora do final do procedimento (fim da interrupção das medidas).



Figura 56 – Local de medição de som da primeira campanha (antiga portaria).

Os dados diários (0 às 24 horas) de cada um dos telemóveis foram descarregados para um ficheiro do tipo SPLnFFT com extensão *bin* (binário) que foi depois convertido num ficheiro com extensão *csv* (valores separados por vírgulas). Finalmente este ficheiro foi convertido num ficheiro do tipo excel com extensão *xls/* para posterior tratamento de dados. Os dados foram recolhidos em modo *FAST* com uma medição por cada oitava de segundo.

4.3.2. Segunda campanha de medição de som – terraço do edifício de operações

A segunda campanha de medição do som decorreu entre os dias 17 e 28 de novembro de 2021, no terraço do edifício de operações (Figura 57). Diariamente, repetiu-se todo o procedimento de recolha de dados de forma idêntica ao realizado na primeira campanha, conforme descrito no ponto anterior.

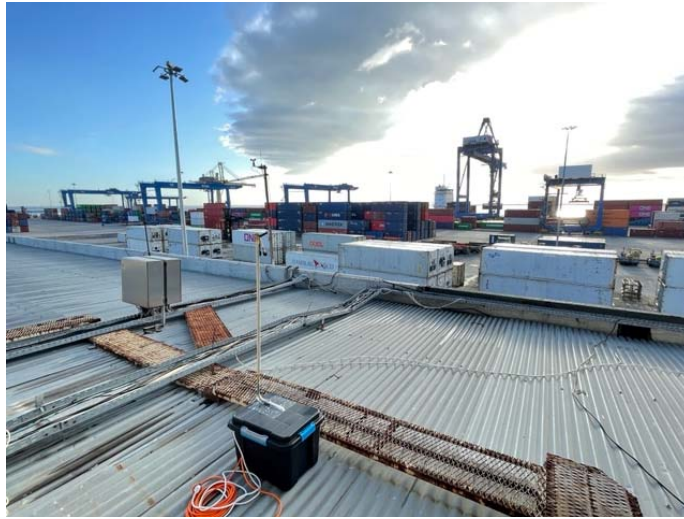


Figura 57 – Local de medição de som da segunda campanha (terraço do edifício de operações) junto aos contentores frigoríficos.

4.3.3. Terceira campanha de medição de som – oficinas de reparação de contentores

A terceira campanha de medição de som decorreu entre os dias 28 de novembro e 6 de dezembro de 2021, junto às oficinas de reparação de contentores (Figura 58), repetindo-se diariamente, o procedimento de recolha de dados de forma idêntica ao realizado nas campanhas anteriores, conforme o descrito no ponto 4.3.1



Figura 58 – Local de medição de som da terceira campanha (junto às oficinas de reparação de contentores).

4.4. Tratamento dos resultados

Neste trabalho utilizou-se a expressão matemática referida no ponto 1.4.3, a Equação 4, utilizando médias intermédias de 15 min (7 200 oitavos de segundo). Adoptou-se este intervalo por ser o período de tempo

minimo passível de utilizar em medições de ruído ambiental. Na equação seguinte, Equação 12, concretiza-se os cálculos para este valor.

$$L_{15min} = 10 \times \log_{10} \frac{1}{15 \times 60 \times 8} \left[\sum_{i=1}^{7200} 10^{\frac{L_i}{10}} \right] \quad \text{Equação 12}$$

Em que: L_i - nível de pressão sonora numa oitava de segundo
 L_{15min} - nível médio de pressão sonora de 15 min

Este cálculo foi repetido para as 24 h de cada dia. Com os dados obtidos nos cálculos foram executados os gráficos para cada dia de medições de som. Foi ainda repetido todo o procedimento para médias de uma hora. Optou-se por apresentar os gráficos para médias de uma hora para estar de acordo com os indicadores de ruído que são expressos em horas. No entanto, os gráficos de médias de 15 min permitem-nos a localização de eventos sonoros. Em seguida, utilizando as expressões já referidas atrás, Equação 8, Equação 9 e Equação 10, e de acordo com o Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro, foram efetuados os cálculos dos indicadores ruído diurno, ruído do entardecer e ruído noturno, L_d , L_e e L_n , respetivamente.

Utilizando a Equação 11, foi calculado o L_{den} , associado ao incómodo global durante as 24 h do dia, valores que completaram os gráficos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Dados recolhidos nas campanhas de som - Terminal de Santa Apolónia

5.1.1. Primeira campanha de monitorização de som – antiga portaria

Na Tabela 11 estão reunidos os dados mais relevantes da primeira campanha: dia, hora de desligar e ligar os equipamentos para recolha dos dados, navios em porto, hora de chegada e partida de cada navio. Os dias e horas de ligar e desligar foram registados nas idas ao local e as horas de chegada e partida dos navios foram retirados do Portal do Porto de Lisboa, consultado nas datas das campanhas de monitorização de ruído. Estes dados foram posteriormente confirmados pelo operador do Terminal (Sotagus). Algumas das datas e horas foram corrigidas, prevalecendo os dados fornecidos pelo operador do terminal.

Tabela 11 – Dados da primeira campanha de monitorização de som no PLX.

Data	Hora desligar equipamento	Hora ligar equipamento	Navios em porto	Hora chegada do navio	Hora partida do navio
9/12/2020		10h30m	Calisto Mastery D	6h01m 19h37m	17h24m
10/12/2020	9h35m	9h55m	Mastery D		22h06m
11/12/2020	9h08m	9h30m			
12/12/2020	9h15m	9h30m			
13/12/2020	9h10m	9h30m	Helena Schepers	13h24m	
14/12/2020	9h10m	9h30m	Helena Schepers		22h03m
15/12/2020	9h08m	9h35m	Corvo	23h30m	
16/12/2020	9h10m	9h27m	Corvo		
17/12/2020	11h35m	11h50m	Corvo Elbsky	14h55m	
18/12/2020	9h25m	9h40m	Elbsky		21h45m
19/12/2020	9h15m	9h25m	Elbsky		22h00m
20/12/2020	9h05m	9h25m	Leonie P Essence	5h25m 11h41m	23h03m
21/12/2020	8h30m	8h45m	Essence		19h33m
22/12/2020	9h00m	9h20m			
23/12/2020	9h05m				

Primeira campanha de monitorização; Dados dos navios retirados do Portal do Porto de Lisboa, (2020); Sotagus, (2020)

5.1.2. Segunda campanha de monitorização de som – edifício de operações

Na Tabela 12 estão reunidos os dados mais relevantes da segunda campanha de monitorização de som, apresentados de forma idêntica aos da primeira campanha. De salientar que os dados entre a “Hora de desligar o equipamento” e a “Hora de ligar o equipamento” não foram considerados. Neste período estavam presentes os investigadores envolvidos neste projeto que procediam à transferência de dados e verificação do equipamento.

Tabela 12 – Dados da segunda campanha de monitorização de som no PLX.

Data	Hora desligar equipamento	Hora ligar equipamento	Navios em porto	Hora chegada do navio	Hora partida do navio
17/11/2021		9h30m	Corvo Elbsky	6h13m	
18/11/2021	8h50m	9h25m	Corvo Elbsky		
19/11/2021	8h45m	9h12m	Elbsky Corvo		7h26m 23h43m
20/11/2021	10h45m	11h00m	Elbspring	8h41m	20h08m
21/11/2021	10h20m	10h35m	Nordic Hamburg	10h59m	
22/11/2021	8h50m	9h00m	Furnas Nordic Hamburg	9h58m	15h16m
23/11/2021	8h25m	8h40m	Furnas	9h58m	
24/11/2021	8h35m	8h50m	Furnas		
25/11/2021	8h50m	9h05m	Furnas		
26/11/2021	8h42m	8h55m	Essence Furnas		5h31m 21h36m
27/11/2021	11h30m	11h50m	Essence Diane A	9h05m	3h25m
28/11/2021	11h10m		Diane A		18h35m

Segunda campanha de monitorização; Dados dos navios retirados do Portal do Porto de Lisboa, (2021)

5.1.3. Terceira campanha de monitorização de som – oficinas de reparação de contentores

Na Tabela 13 estão reunidos os dados mais relevantes da terceira campanha de monitorização de som e apresentados de forma idêntica aos das anteriores campanhas.

Tabela 13 – Dados da terceira campanha de monitorização de som no PLx.

Data	Hora desligar equipamento	Hora ligar equipamento	Navios em porto	Hora chegada do navio	Hora partida do navio
28/11/2021		11h40m	Diane A		18h35m
29/11/2021	10h00m	10h20m			
30/11/2021	8h25m	8h35m	Wes Gesa	15h26m	
1/12/2021	10h05m	10h35m	Corvo Wes Gesa Leonie P Warnow Master	6h41m 5h27m 14h30m	9h28m 23h53m
2/12/2021	8h15m	8h35m	Corvo Warnow Master		17h35m
3/12/2021	8h15m	9h00m	Joanna Corvo Elbspring	8h20m 23h44m	23h39m
4/12/2021	10h35m	10h45m	Joanna Elbspring		
5/12/2021	9h45m	9h58m	Elbspring Joanna		18h41m
6/12/2021	8h30m		Elbspring Furnas	6h40m	17h19m 20h05m

Terceira campanha de monitorização; Dados dos navios retirados do Portal do Porto de Lisboa, (2021)

5.2. Condições meteorológicas

Os dados meteorológicos da primeira campanha foram retirados da Estação Meteorológica Automática (EMA) da Portela (Meteo Portela), que é uma estação privada instalada no topo de um edifício habitacional na Portela, Loures. A estação está instalada em conformidade com os protocolos existentes para instalação de PWS's (Personal Weather Station) em meio urbano, definidos pelo programa CWOP (Citizen Weather Observer Program), um programa de partilha de dados que, entre outras, caracteriza, define e institui um conjunto de normas/indicações consideradas ideais na instalação de estações meteorológicas e respetivos sensores, quer em meio urbano, quer também em meio rural ou misto (Meteo Portela, 2021a). A Figura 59 apresenta a imagem da localização EMA da Portela.

Por vezes, é difícil em meio urbano, garantir a correta instalação dos sensores exteriores devido a limitações diversas, principalmente estruturais como, por exemplo, fachadas de habitações, que poderão influir na medição de algumas variáveis (ex: estruturas que bloqueiem o vento ou que gerem aquecimento, paredes, unidades de ar condicionado, chaminés), alterando, deste modo, a sua correta expressão (alterações na velocidade do vento, temperatura exterior). A EMA da Portela encontra-se instalada no topo de um edifício com 10 andares, estando deste modo bastante resguardada de interferências, o que favorece a correta leitura das variáveis meteorológicas. A Estação Meteorológica da Portela é considerada uma estação de referência em termos de fiabilidade e precisão dos dados meteorológicos. A utilização desta estação tem como vantagens a sua proximidade do local de trabalho quando comparada com as estações oficiais. Há também a realçar que os dados do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) são disponibilizados diariamente

e estão disponíveis durante 9 dias, podendo ser retirados manualmente. Após este prazo deixam de estar disponíveis de forma gratuita e são vendidos aos utilizadores, mesmo para estudos académicos.



Figura 59 – Localização imagem da EMA.

(Adaptada de Meteo Portela, 2021a)

A Tabela 14 apresenta os dados de temperatura, velocidade do vento, rajada de vento, direção do vento, precipitação e humidade para os dias da campanha, retirados da EMA da Portela. Os dados da temperatura apresentados pela EMA em °F (*Faraday*) foram convertidos em °C (*Celsius*). Relativamente aos dados de vento apresentados em mph (milhas por hora) foram convertidos em km/h (quilómetros por hora). A precipitação apresentada em in (polegadas) foi convertida em mm (milímetros).

Tabela 14 – Condições meteorológicas nos dias da primeira campanha de medição sonora.

Data	Temperatura [°C]			Precipitação [mm]	Humidade [%]			Vento [km/h]			Pressão atmosférica [hPa]
	Max	Med	Min		Max	Med	Min	Max	Min	Direção	
09/12/2020	15,7	13,4	11,2	21,8	96	88	77	14,5	0,0	WNW	1023,0
10/12/2020	17,0	16,1	14,5	89,4	96	94	91	29,0	6,4	WNW	1022,0
11/12/2020	16,5	15,9	15,1	12,4	96	95	94	25,7	11,3	WNW	1019,3
12/12/2020	17,6	16,4	15,7	3,0	96	93	86	17,7	0,0	NW	1021,0
13/12/2020	16,1	15,4	14,7	9,1	96	93	89	14,5	0,0	WSW	1018,6
14/12/2020	17,2	14,5	12,4	67,1	97	90	73	25,7	1,6	WSW	1014,2
15/12/2020	16,1	13,6	11,2	15,2	88	81	67	16,1	1,6	SW	1017,9
16/12/2020	15,7	13,2	10,8	97,5	93	85	76	25,7	0,0	WSW	1021,0
17/12/2020	16,0	12,7	9,8	0,0	89	81	74	8,0	0,0	NW	1025,1
18/12/2020	14,8	11,8	7,9	9,9	97	91	82	17,7	0,0	SSE	1024,7
19/12/2020	16,4	14,3	12,4	312,4	96	89	68	16,1	0,0	W	1023,0
20/12/2020	16,5	13,0	10,2	3,0	96	89	76	12,9	0,0	WSW	1028,4
21/12/2020	15,9	13,7	11,8	3,0	97	93	85	9,7	0,0	S	1030,1
22/12/2020	17,3	12,8	9,6	4,6	97	89	72	11,3	0,0	ENE	1027,8
23/12/2020	14,5	12,7	10,9	12,2	96	93	84	17,7	0,0	NNE	1026,4

Dados recolhidos da Meteo Portela, (2021b)

Para a segunda e terceiras campanhas, conhecendo os limites de acesso aos dados do IPMA, optou-se por recolher os dados meteorológicos diariamente a partir de uma Estação Meteorológica do IPMA. Foram localizadas as estações meteorológicas existentes na cidade (três) e ainda a Estação Meteorológica considerada na primeira campanha (Meteo Portela). Foram calculadas as distâncias entre cada estação meteorológica e o terminal de Santa Apolónia - Sotagus, conforme Figura 60, optando-se por considerar para a segunda e terceira campanha, os valores medidos pela Estação Geofísico (Jardim Botânico) do IPMA por ser a estação meteorológica que se encontra a menor distância do terminal da Sotagus.

Os dados de temperatura, precipitação, humidade, vento e pressão atmosférica, retirados do *site* do IPMA nos dias das campanhas atrás referidas, são apresentados na Tabela 15 para os dias da segunda campanha de monitorização e na Tabela 16 para os dias da terceira campanha de monitorização, realizadas no PLx.



Figura 60 – Localização das estações meteorológicas e respetiva distância ao terminal da Sotagus.

Tabela 15 – Condições meteorológicas nos dias da segunda campanha de medição sonora.

Data	Temperatura			Precipitação [mm]	Humidade			Vento				Pressão atmosférica [hPa]
	Max	Med	Min		Max	Med	Min	Max	Dir	Min	Dir	
17/11/2021	17,3	14,0	10,7	---	67	54	43	29,9	W	14,0	NW	1020,0
18/11/2021	18,4	14,0	10,3	---	63	54	40	33,1	W	17,3	NW	1020,7
19/11/2021	19,5	14,9	11,5	---	73	60	44	30,2	W	19,4	NW	1018,7
20/11/2021	19,1	14,9	12,9	2,8	94	75	61	21,2	W	17,3	SW	1017,3
21/11/2021	17,8	14,0	12,3	11,4	100	91	67	16,9		9,7	NE	1016,3
22/11/2021	16,1	12,6	9,5	0,2	100	75	43	36,7		6,8	NE	1013,7
23/11/2021	16,5	12,0	8,9	---	84	66	45	28,1		13,3	NW	1014,3
24/11/2021	15,1	12,3	10,0	---	88	71	50	32,4		11,2	NW	1016,8
25/11/2021	13,9	11,3	9,6	2,2	91	72	57	42,5		13,0	N	1012,6
26/11/2021	14,7	11,3	9,0	---	75	62	45	37,4		12,6	N	1015,2
27/11/2021	15,7	11,6	8,6	0,1	96	70	45	47,2	N	16,2	N	1017,1
28/11/2021	14,9	11,6	8,0	0,2	94	71	52	27,4		13,3	N	1024,3

Dados recolhidos do IPMA, (2021)

Tabela 16 – Condições meteorológicas nos dias da terceira campanha de medição sonora.

Data	Temperatura			Precipitação [mm]	Humidade			Vento			Pressão atmosférica [hPa]	
	[°C]				[%]			[km/h]				
	Max	Med	Min		Max	Med	Min	Max	Dir	Min	Dir	
28/11/2021	14,9	11,6	8,0	0,2	94	71	52	27,4		13,3	N	1024,3
29/11/2021	17,0	13,6	12,4	0,1	91	72	54	25,6		10,8	NW	1026,1
30/11/2021	16,5	13,2	10,8	----	86	73	52	11,9	S	10,1	NW	1026,8
1/12/2021	16,1	12,1	8,4	0,1	96	84	66	32,4		8,3	SW	1025,3
2/12/2021	14,9	12,3	10,6	1,3	91	68	43	43,9	N	8,3	NW	1021,8
3/12/2021	16,7	12,1	8,7	----	82	67	47	25,9		19,4	N	1026,9
4/12/2021	16,7	13,3	10,7	0,4	99	87	74	23,4		13,0	N	1027,8
5/12/2021	15,9	12,6	10,3	----	91	71	48	30,2		8,3	W	1029,4
6/12/2021	18,0	13,4	10,4	----	100	79	54	16,9		9,0	N	1029,1

Dados recolhidos do IPMA, (2021)

5.3. Fontes de informação adicionais: Navios

Na Tabela 17 encontra-se a caracterização dos navios que estiveram em porto durante as três campanhas de medição de som. Além das características de identificação do navio: bandeira, porto de registo, ano de construção, dimensões: comprimento, largura e calado (distância vertical entre a parte inferior da quilha e a linha de flutuação do navio). A consulta da tabela permite também identificar qual a carga do navio em TEUs (um TEU, *Twenty foot Equivalent Unit*, é a unidade de medida de um contentor de 20 pés), o que permite saber quantos contentores poderá o navio transportar em carga máxima. A coluna tonelagem bruta – GT (*Gross Tonnage*) considera o volume de todos os espaços interiores de um navio e funciona como um índice de capacidade. Apesar de estar diretamente relacionado com a capacidade volumétrica em m³, é uma unidade adimensional que foi estabelecida em 1969 pela Convenção Internacional sobre a Arqueação de Navios (ICTM) e determina as regras de segurança e outras obrigações legais do navio. As medidas estabelecidas nesta convenção não se aplicam a barcos de guerra, navios com comprimento inferior a 24 m ou navios que naveguem exclusivamente em corpos de água sem acesso ao mar aberto. Na coluna da tabela DWT (*Dead Weight Tonnage*, ton), pode-se identificar qual o porte bruto do navio, incluindo todos os pesos variáveis que um navio consegue embarcar em segurança, como por exemplo combustível, água, mantimentos, consumíveis, tripulantes, passageiros, bagagens e carga embarcados (Sardinha, 2013).

A informação contida nesta tabela é relevante para este trabalho de monitorização do som no terminal porque a dimensão do navio e capacidade de transporte de carga estão diretamente relacionadas com o número de veículos pesados necessários para a carga e descarga do navio, uma das principais fontes sonoras do porto. Haverá no entanto a realçar que um navio que atraca no porto pode não carregar ou descarregar completamente. Muitos navios realizam percursos com várias escalas de carga e descarga parciais.

Tabela 17 – Características dos navios atracados durante as três campanhas de medição de som.

Nome navio	Bandeira	Ano	Registo	Tipo navio (*)	Capacidade carga (TEU)	Comprimento total-LOA (m)	Calado (m)	Largura (m)	Tonelagem bruta - GT	DWT (ton)
Calisto	Portuguesa	2005	Monrovia	PC	1.574	167,98	8,9	25,73	15.487	20.615
Corvo	Portuguesa	2007	Ponta Delgada	CG	410	119,80	6,6	19,99	7.064	8.894
Diane A	Malta	2008	Valleta	PC	1.604	184,00	7,7	24,70	17.687	21.986
Elbsky	Antigua Barbuda	2011	St Johns	PC	880	157,71	7,4	23,54	11.550	14.800
Elbspring	Antigua Barbuda	2010	St Johrs	PC	880	157,65	8,2	23,54	11.550	12.253
Essence	Holanda	2011	-----	PC	1.349	168,13	9,5	25,83	17.368	21.298
Furnas	Portuguesa	1999	Ponta Delgada	CG	275	100,58	6,6	18,80	4.450	5.555
Helena Schepers	Portuguesa	2012	Porto da Cruz	PC	1.036	151,74	8,4	23,40	10.318	13.031
Joanna	Libéria	1999	Monrovia	PC	1.730	183,89	10,0	25,30	16.802	22.990
Leonie P	Antigua Barbuda	1997	St Johrs	PC	977	139,03	7,1	24,16	9.991	13.059
Mastery D	Libéria	2006	Monrovia	PC	917	154,57	5,3	21,83	8.971	10.744
Nordic Hamburg	Chipre	2010	Limassol	PC	1.036	151,72	8,2	23,43	10.585	13.000
Warnow Master	Chipre	2009	Limassol	PC	1.496	180,36	8,8	25,26	17.068	21.146
Wes Gesa	Chipre	2012	Limassol	PC	1.036	151,72	7,6	23,40	10.585	13.200

(*) PC – Porta Contentores; CG – Carga Geral

Dados do Portal do Porto de Lisboa, (2021); Marine Traffic, (2021)

5.4. Movimento de veículos pesados no cais

5.4.1. Movimento de veículos pesados durante a primeira campanha

Durante a estadia dos navios no cais existe um movimento de veículos pesados para transporte de cargas de e para a embarcação. A Tabela 18 apresenta o resumo diário desses movimentos por dia e por hora durante a primeira campanha. Neste estudo foi considerado o dia entre as 23 h do dia anterior e as 23 h do próprio dia devido aos períodos de referência para o indicador de ruído definidos na legislação. Também o tráfego de camiões se rege por esta definição horária.

Tabela 18 – Movimento de veículos pesados no cais durante a primeira campanha (dezembro de 2020).

	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14	Dia 15	Dia 16	Dia 17	Dia 18	Dia 19	Dia 20	Dia 21	Dia 22
Navio Horas	Wes Ges Master y D	----	----	----	H. Schep ers	----	Corvo	Elbsky	Elbsky Corvo	Elbsky	Leonie P	Essen ce	Furnas
23-24	27	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0
0-1	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-7	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-8													
8-9	16	0	0	0	15	0	15	0	29	14	15	25	30
9-10	17	0	0	0	26	0	35	0	55	2	37	24	38
10-11	19	0	0	0	27	0	36	0	60	2	26	23	24
11-12	15	0	0	0	14	0	28	0	45	5	19	10	17
12-13													
13-14	23	0	0	0	26	0	34	0	35	0	25	19	22
14-15	19	0	0	0	28	0	42	0	59	3	21	22	38
15-16	22	0	0	0	21	0	26	0	49	3	24	28	10
16-17	14	0	0	0	16	0	0	0	61	0	18	12	0
17-18	12	0	0	0	22	0	0	25	17	11	24	0	0
18-19	24	0	0	0	25	0	0	33	33	16	14	0	0
19-20	1	0	0	0	10	0	0	11	21	14	0	0	0
20-21													
21-22	0	0	0	0	0	0	0	15	16	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	37	0	0	0	0	0
Total	334	0	0	0	230	0	216	121	510	70	223	163	179

Dados fornecidos por Sotagus, (2021)

Na Figura 61 está representada a quantidade total de movimento de veículos por dia (entre as 23 h e as 23 h), durante a primeira campanha de monitorização do som no PLx. De acordo com a figura referida, constatou-se que não houve movimento de veículos no cais nos dias 11, 12, 13 e 15. Apesar da Tabela 13 referir a chegada do navio Helena Schepers às 13h24m do dia 13/12/2020, provavelmente só se procedeu à carga e descarga no dia seguinte. Esta figura permitiu ainda verificar quais os dias com maior movimento de veículos para carga e descarga que foram o dia 18 e dia 11, com 510 movimentos e 334 respetivamente.

A não atividade nos dias 11, 12, 13 e 15, Figura 61, poderá estar relacionada com o período de pandemia com medidas restritas, que se vivia durante a primeira campanha de monitorização de som. Para os dias com atividade, representou-se na Figura 62 o total acumulado por dia, distribuído por intervalos de uma hora que permite identificar quais as horas em que existe mais movimento de veículos pesados no cais. Analisando a Figura 62, constatou-se que o movimento acontece essencialmente durante o dia e que os movimentos em período noturno (23h às 7h) são reduzidos, só ocorreu nos dias 10 e 17. Também no período do entardecer, entre as 20h e 23h, o movimento de veículos no porto foi reduzido, ocorrendo apenas nos dias 17 e 18. Esta

figura indica ainda três intervalos sem movimentos de veículos que correspondem aos períodos de refeições: 7 h às 8 h, 12 h às 13 h e 20 h às 21 h.

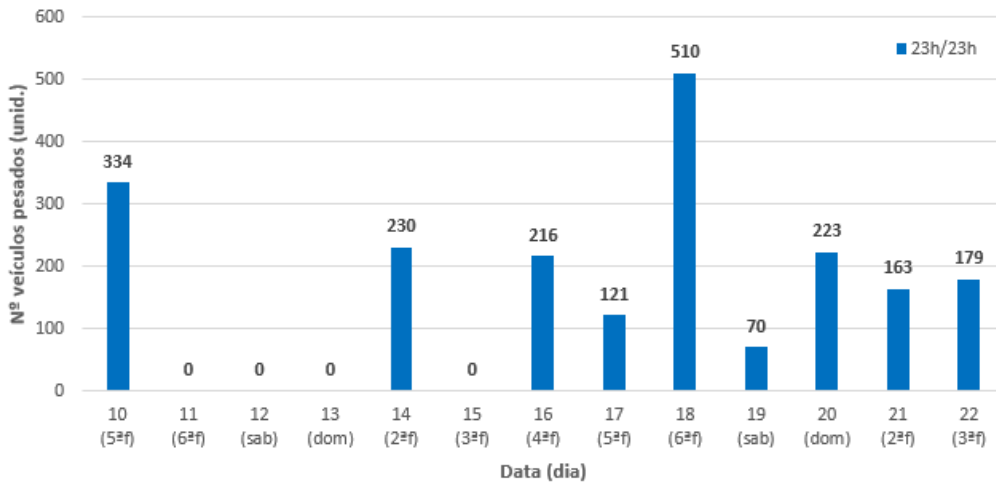


Figura 61 – Movimentos totais diários dos veículos no cais nos dias da campanha. Dados fornecidos por Sotagus, (2021)

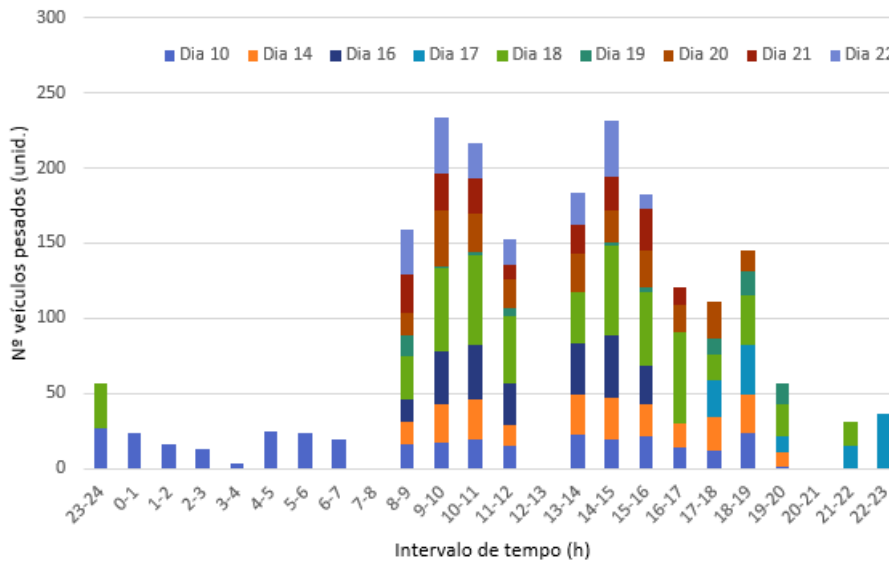


Figura 62 – Representação por dia e intervalos de uma hora dos veículos pesados no cais para carga e descarga das embarcações (em dias com atividade). Dados fornecidos por Sotagus, (2021)

5.5. Tratamento dos dados das medições de som realizadas

5.5.1. Dados da primeira campanha

Os dados resultantes de um dia de medições de som foram descarregados diariamente e foi criado um arquivo de dados “SPLnFFT#” (em que # indica o dia a que correspondem as medições), com extensão *bin*.

Este processo foi executado diariamente para os dois *iPhones* utilizados nas medições, durante os quinze dias da campanha. Cada um dos ficheiros excel obtidos continham 691.200 linhas de dados (valores medidos nas 24h de um dia), resultante de:

- 24 horas x 60 minutos x 60 segundos x 8 oitavas

Os ficheiros excel referidos, tinham seis colunas de valores em que: as quatro primeiras correspondiam às horas, minutos, segundos e oitavas; a quinta coluna correspondia a valores medidos em *FAST* e a sexta coluna correspondia a valores medidos em *SLOW*. Como atrás referido, existiam dois ficheiros por dia: um ficheiro com valores de dB(A) (utilizando uma curva de ponderação A) e outro ficheiro com valores de dB(C) (utilizando uma curva de ponderação C).

No final da campanha de medição de som no PLx obtivemos quinze ficheiros para valores dB(A) e quinze ficheiros para valores dB(C), correspondentes aos quinze dias de medições da campanha. Estes ficheiros correspondem a cerca de 1 Gb de dados envolvendo cerca de 20 milhões de linhas de dados, mais precisamente 20 736 000 linhas. Foi também registado em gravador da marca Sony, o som durante as 24 horas do dia, por pacotes de 12 horas, obtendo-se dois ficheiros por dia, durante os quinze dias da campanha num total de 26 Gb de dados de som analógico codificado em MP3 a 192 kbps.

Para se proceder à análise dos dados foi criada uma folha de cálculo auxiliar onde, através da equação de cálculo de médias do som para um determinado período de tempo ($L_{eq,T}$) - Equação 5, criaram-se colunas para várias médias: segundos, minutos, cinco minutos, quinze minutos e uma hora. Foi ainda criada uma coluna para “Tempo” resultado da concatenação das quatro colunas iniciais: hora, minuto, segundo e oitava numa única coluna com hora, minutos e segundos. Esta coluna é a usada para cálculos envolvendo diferenças temporais.

Para se analisarem os dados diariamente, criou-se um ficheiro excel “dados_tratados_dia” em que se mantiveram as primeiras quatro colunas com hora, minuto, segundo e oitava e nas quatro colunas seguintes colocaram-se os valores correspondentes às medições diárias dos dois telemóveis: *FAST(A)*, *SLOW(A)*, *FAST(C)* e *SLOW(C)*. Seguidamente, copiaram-se as fórmulas da folha de cálculo auxiliar para este ficheiro, obtendo-se assim as médias atrás referidas para o dia considerado. Este procedimento foi repetido para todos os dias da campanha, obtendo-se quinze ficheiros de dados tratados.

Como primeira abordagem dos dados, a Figura 63 apresenta um gráfico de linhas para médias de um segundo durante um dia, sendo perceptível que a análise de tão grande quantidade de dados exige outro tipo de tratamento e representação. É necessário considerar médias de medição para cada minuto, cinco minutos, quinze minutos ou uma hora.

Nos ficheiros de dados tratados, procedeu-se também à distribuição por frequências das intensidades sonoras entre 54 e 112 dB (intensidades mínima e máxima registadas na primeira campanha deste estudo), com intervalos de 2 dB. Analisando a Figura 64, constatou-se que estes gráficos da distribuição de frequências podem variar bastante conforme os dias de medições considerados, ou seja, conforme o som registado em cada dia.

Todo o procedimento atrás descrito na criação do ficheiro de “dados tratados” para um dia foi repetido para cada um dos quinze dias da campanha.

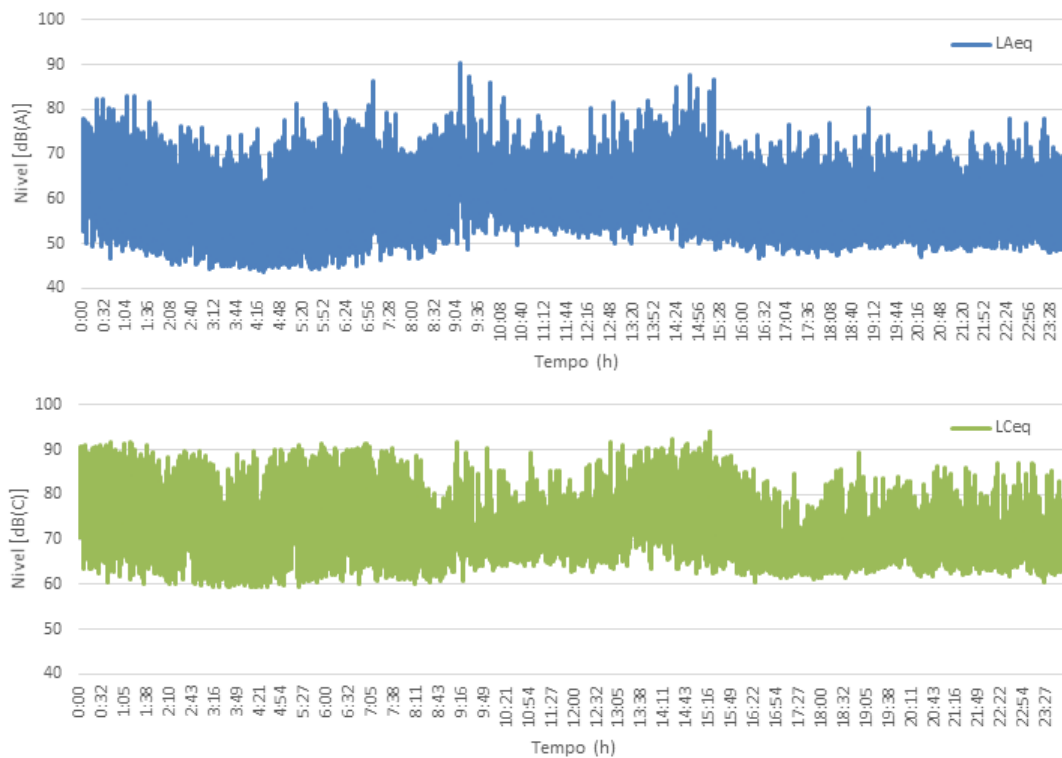


Figura 63 – Resultados ponderados A e C para médias de um segundo (dia 12/12/2020).

Para a elaboração de gráficos mais específicos optou-se pela criação de um ficheiro para médias de quinze minutos e outro para médias de uma hora, onde se reuniram todos os valores calculados para estes intervalos nos ficheiros de dados tratados por dia, para todos os dias da campanha. Nestes ficheiros, a primeira coluna corresponde ao tempo (de acordo com o intervalo considerado) e depois em grupos de quatro colunas por dia foram apresentados os valores obtidos para *FAST(A)*, *SLOW(A)*, *FAST(C)* e *SLOW(C)*.

Relativamente aos dados do dia 23, optou-se por não os utilizar, uma vez que não se dispunha de dados completos de um dia porque se terminaram as medições às 9h05m do dia 23, conforme Tabela 13. Nestes ficheiros optou-se por reorganizar a coluna “tempo” e em vez de apresentar os dados das 0 h às 24 h (como os dados são recolhidos), optou-se por apresentá-los entre as 23 h de um dia e as 23 h do dia seguinte, considerando que estes dados são os dados correspondentes ao dia seguinte (com maior número de horas). Na prática, ao nível do ficheiro excel, optou-se por colocar os valores entre as 23 h e as 24 h no início da tabela e deslocar esses valores para a direita, para o início do dia seguinte. Esta opção teve por base os períodos de referência para o indicador de ruído em que o período noturno (L_n) começa às 23 h até às 7 h do dia seguinte. No caso dos dados do dia 9, apesar de não estarem completos porque as medições só se iniciaram às 10 h 30 m, não foram rejeitados na totalidade, uma vez que, de acordo com o atrás descrito, necessitava-se dos dados recolhidos entre as 23 h e as 24 h para adicionar aos dados do dia 10.

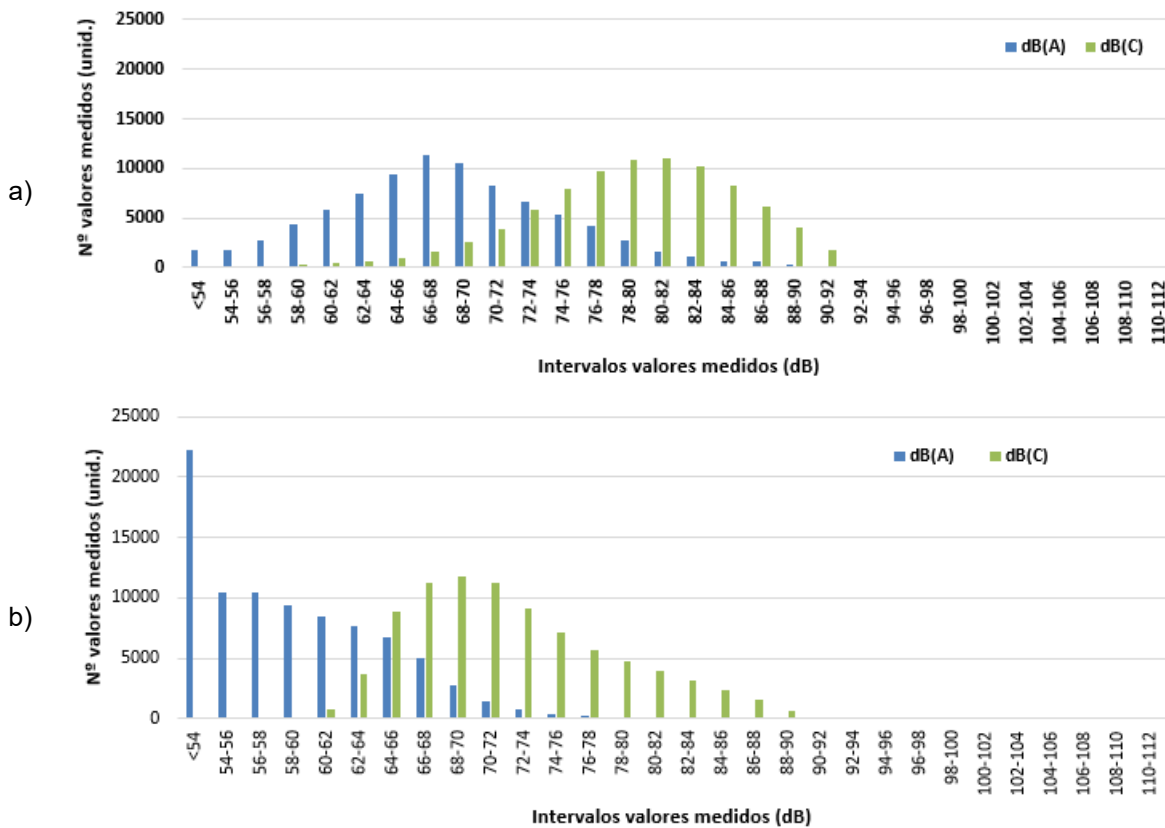


Figura 64 – Distribuição dos valores $L_{eq,h}$ em dois dias: a) 6^{af} - dia 11 dezembro de 2020 e b) sábado - dia 12 dezembro 2020.

Após todos os dados tratados, optou-se por executar gráficos em degraus porque se considerou serem mais visíveis e perceptíveis atendendo ao tipo de dados disponíveis. A Figura 65 representa os dados de todos os dias da primeira campanha para médias de uma hora. A sobreposição dos gráficos diários permitiu verificar que existe grande variação de valores ao longo dos dias mas pela quantidade de dados, não permitiu outro tipo de análise. Observando os dados, constatou-se que o dia 11 tinha a menor diferença entre o valor mínimo e máximo das médias de uma hora e o dia 15 tinha a maior diferença entre o valor mínimo e máximo das médias de uma hora.

A Figura 66 representa os valores médios desses dois dias, dias 11 (6^a feira) e 15 (3^a feira) de dezembro, ambos dias úteis. Constatou-se que no dia 11 no período noturno se registaram valores demasiado elevados em relação aos outros dias da campanha, apesar de não ter havido atividade portuária nesse dia. Para se perceber melhor porque tal aconteceu, executou-se um gráfico mais pormenorizado para $LA_{eq,s}$ entre as 2 h e as 3 h. deste dia, Figura 67. Os valores de ruído mais elevados neste período, poderão dever-se ao trânsito mais intenso numa noite de 6^a feira (final da semana de trabalho de uma grande parte da população).

A Figura 68 apresenta dois gráficos com as médias de uma hora para o dia 10 e para o dia 16, com a representação dos valores dB(A) e dB(C) de cada dia e também a representação dos movimentos de veículos pesados no porto nesses dias. Apesar de haver movimentação de veículos pesados durante a noite no dia 10, os valores de ruído durante o período noturno no dia 16 são mais elevados, mesmo não havendo movimentação de veículos pesados no porto neste dia, neste período. Executaram-se gráficos com representação dos valores dB(A) e dB(C) e respetivos movimentos de veículos pesados no porto para todos

os dias da primeira campanha. Apresentam-se no Anexo I os resultados dos restantes dias da campanha realizada.

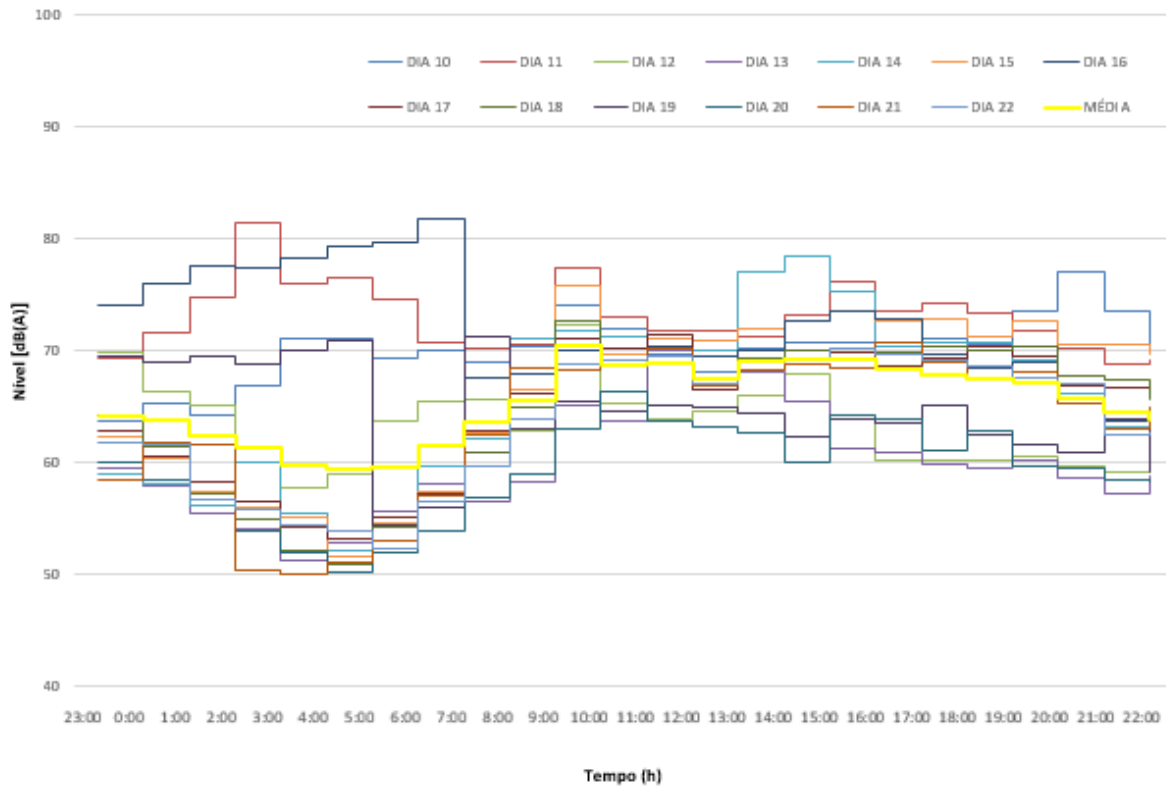


Figura 65 – Representação das médias de uma hora dos dias da campanha e da média dos dias da campanha.

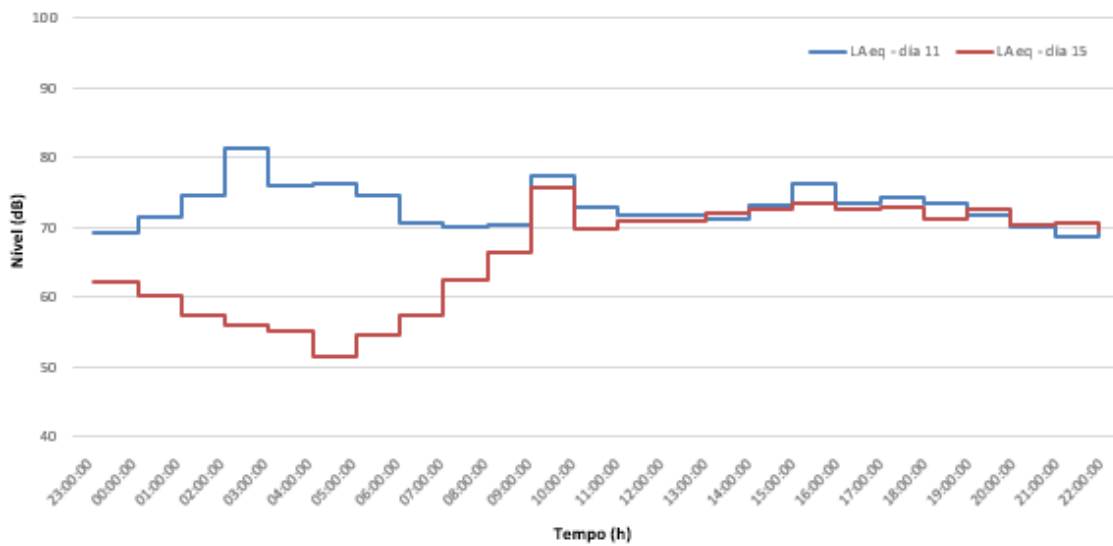


Figura 66 – Representação das médias ponderadas A de uma hora em dois dias úteis (6^{af} e 3^{af}) ambos sem registo de atividade no porto.

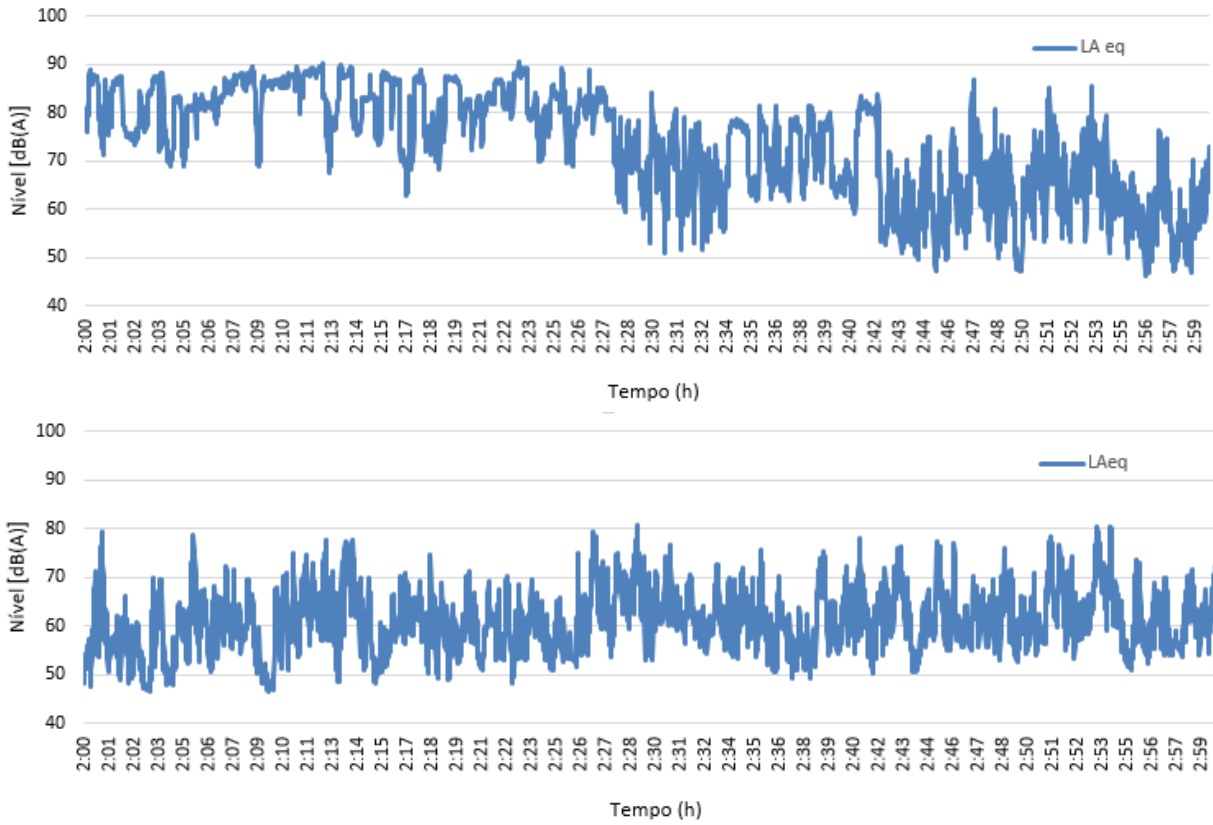


Figura 67 – Representação dos valores médios para segundos entre as 2 h e as 3 h dos dias 11 e 15 de dezembro de 2020.

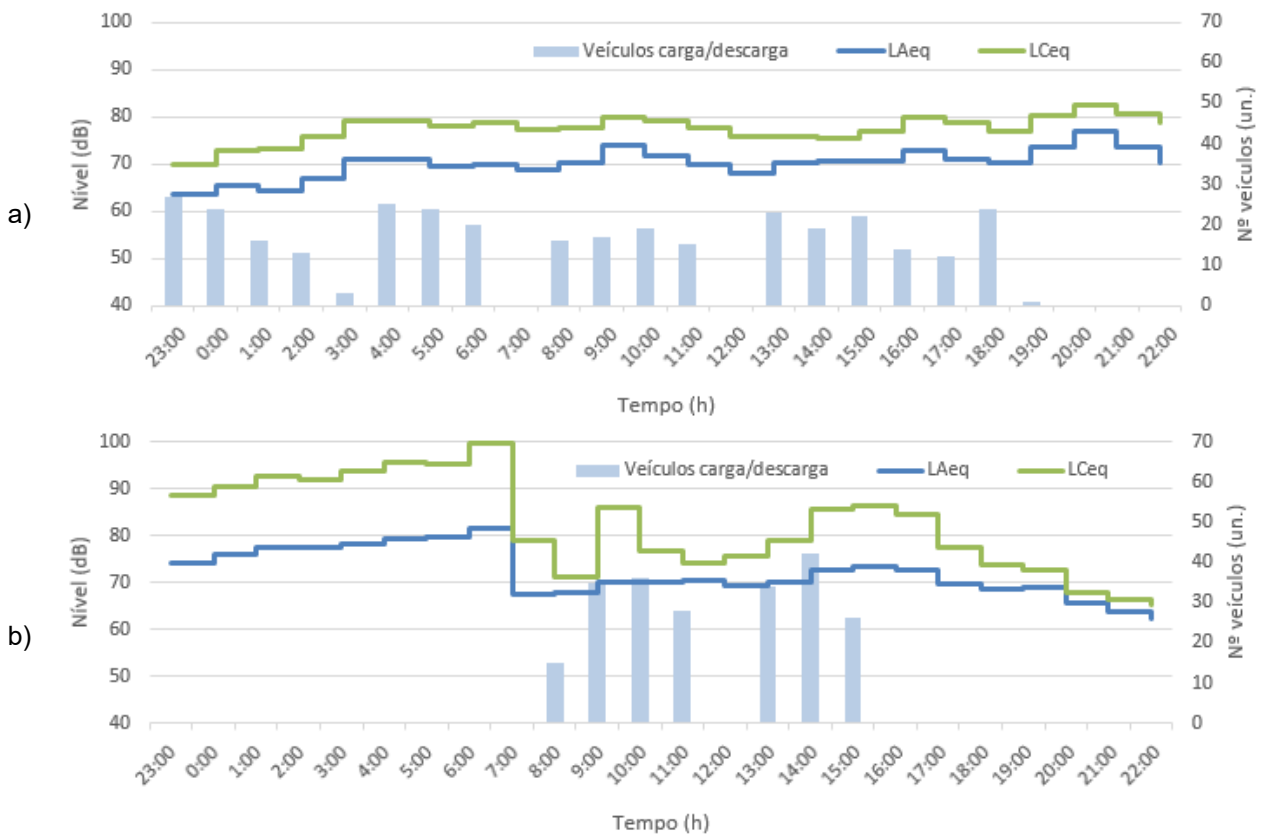


Figura 68 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados em dois dias úteis: a) 10/12/2020 (5ªf) e b) 16/12/2020 (4ªf).

As figuras para médias de dB(A) e dB(C) em cada dia também foram importantes para se perceber a existência de ruído de baixas frequências. Assim, executou-se um gráfico para os dados ponderados A e também para dados ponderados C, com médias de uma hora, para todos os dias da campanha. Selecionou-se o dia 21 para apresentação da respetiva diferença dB(C) – dB(A), por ser o dia em que existia maior diferença entre valores dB(C) e dB(A), conforme Figura 69. Analisando o gráfico verifica-se que as diferenças com valor mais elevado se situam entre as 2 h e as 7 h.

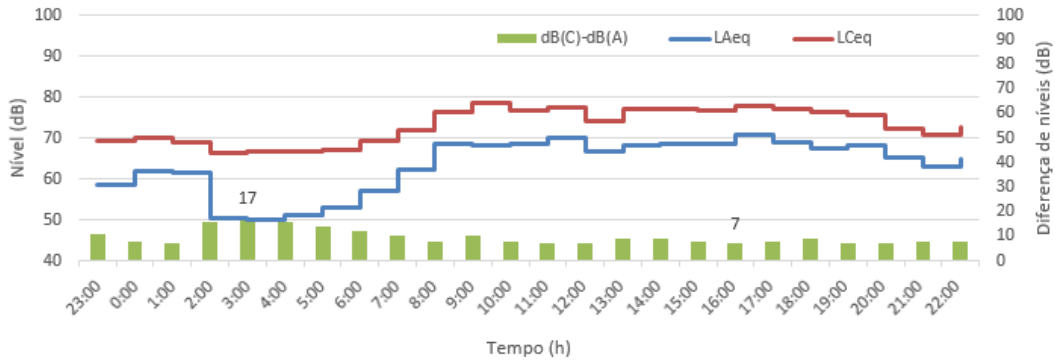


Figura 69 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 21/12/2020 (2ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLX.

A Figura 70 apresenta a dispersão de valores dB(A) para um dia da primeira campanha.

Nesta figura representa-se o valor médio de dB(A) em cada hora do dia, valor este que é o considerado para os cálculos de L_d , L_e , L_n e L_{den} . Para cada uma das horas calculou-se o desvio padrão dos valores de dB(A) medidos em cada minuto e que contribuem para a pressão sonora medida nessa hora. Na figura assume-se a curva de dispersão superior como o valor médio de dB(A) em cada hora do dia adicionado do desvio padrão e a curva de dispersão inferior como o valor médio de dB(A) diminuído do desvio padrão.

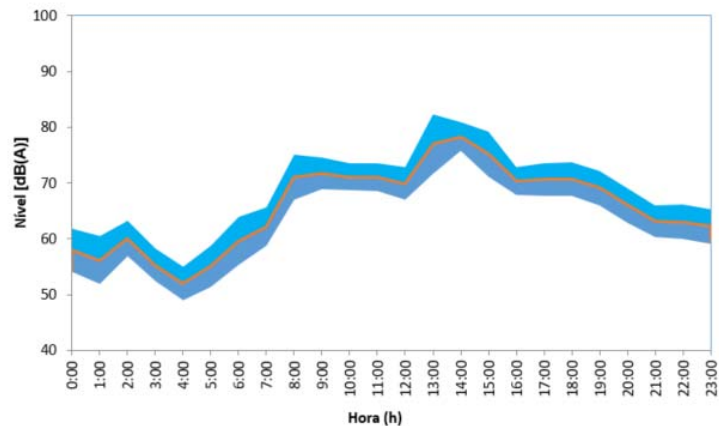


Figura 70 – Dispersão dos valores medidos no dia 14/12/2020 (2ªf) – 1ª campanha.

A Figura 71 apresenta a correlação entre o nível sonoro e o número de camiões, para todos os dias da primeira campanha com atividade no porto (movimento de veículos pesados para carga e descarga). Optou-se por apresentar todos os gráficos com a mesma escala para fácil comparação.

A existência de uma correlação positiva entre o nível sonoro e o número de veículos pesados implicaria que o aumento do número de veículos pesados provocasse um aumento da intensidade sonora. Este efeito é observável para o dia 18 em que se verifica um ligeiro aumento de intensidade sonora com o aumento dos

veículos pesados. Este mesmo comportamento também é observável nos dias 14, 16 e 20. Haverá a realçar que os dados do dia 16 deverão ser encarados com alguma reserva, devido à ocorrência de pluviosidade nesse dia. Globalmente constatou-se que o aumento do número de veículos pesados teve um impacto reduzido no aumento do som registado.

De salientar que o local de amostragem desta primeira campanha estava situado junto à rota de passagem de todos os veículos pesados que entravam e saíam neste terminal. Os dados demonstraram que efetivamente o ruído dos camiões não é determinante no ruído ambiental deste terminal. Será um ruído relevante mas que é ultrapassado por outras fontes sonoras que lhe retiram importância.

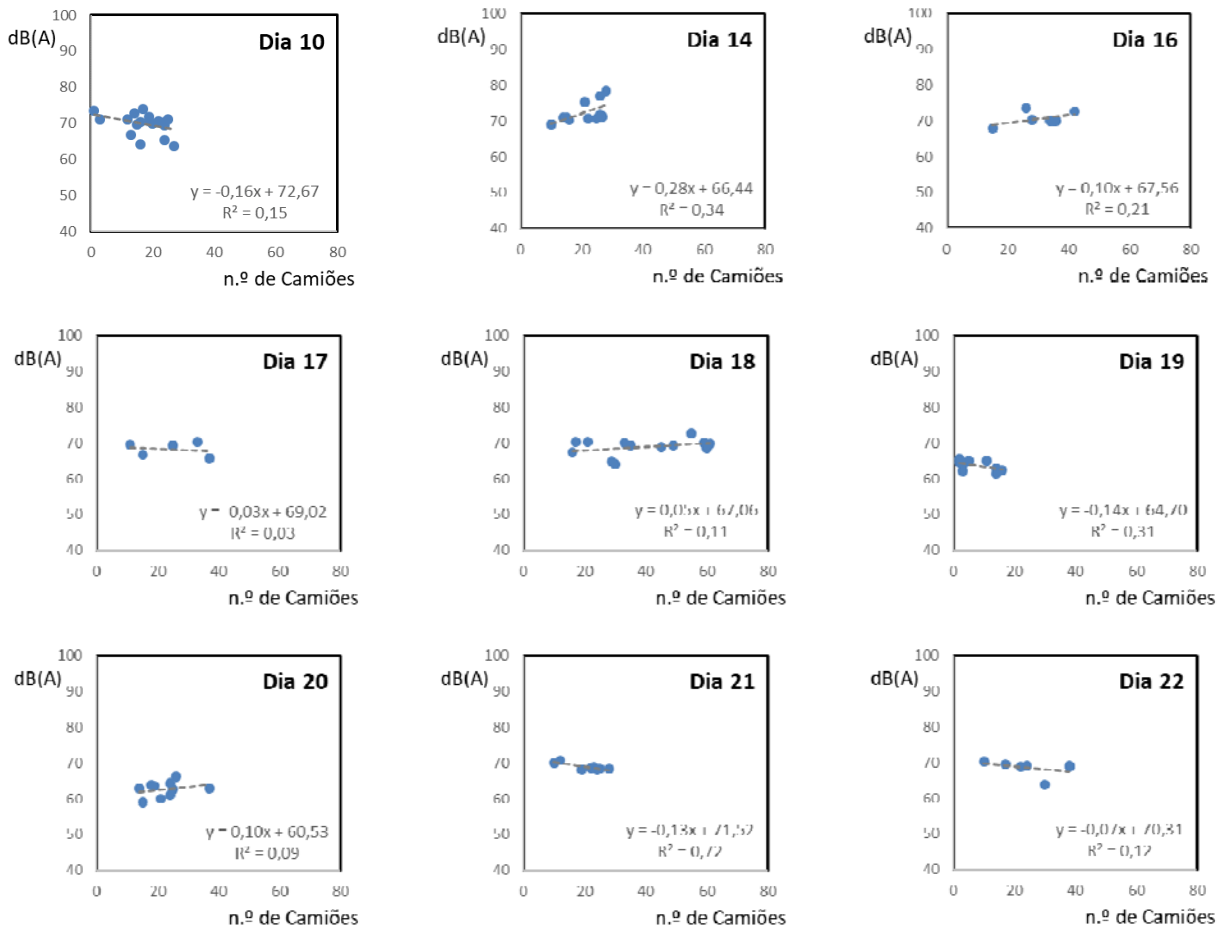


Figura 71 – Correlação entre o nível sonoro e o número de veículos pesados na primeira campanha.

5.5.2. Dados da segunda campanha

Na segunda campanha de monitorização do som no PLx, realizada entre o dia 17 e o dia 28 de novembro de 2021, o equipamento de medida foi colocado no terraço do edifício de operações, junto ao local onde são colocados os contentores frigoríficos durante a sua permanência no cais. Os dados da segunda campanha de monitorização do som foram tratados segundo o mesmo procedimento dos dados da primeira campanha (ponto 5.5.1). No final da segunda campanha de medição de som obtivemos doze ficheiros para valores dB(A) e doze ficheiros para valores dB(C), correspondentes aos doze dias de medições da campanha. Estes ficheiros correspondem a cerca de 1 Gb de dados envolvendo cerca de 17 milhões de linhas de dados, mais

precisamente 16 588 800 linhas. Foi também registado em gravador o som durante as 24 horas do dia, por pacotes de 12 horas, obtendo-se dois ficheiros por dia, durante os doze dias da campanha num total de 21 Gb.

Uma vez que os dados recolhidos no dia 17 (início da campanha) e dia 28 (final da campanha) não estão completos, utilizámos apenas os necessários, das 23 h às 24 h do dia 17, para completar os resultados do dia 18, que tendo em conta os indicadores de ruído, e de acordo com o já permenorizado anteriormente, o dia de dados de ruído inclui o período entre as 23 h e as 24 h do dia anterior. Assim, os gráficos apresentados com dados completos, serão para os dias 18 a 27 de novembro de 2021. À semelhança da opção tida na primeira campanha, os dados do último dia, o dia 28 não foram considerados.

Para os restantes dias de campanha foram calculados os dados ponderados em dB(A) e dB(C), médias de uma hora e respetiva diferença dB(C) – dB(A). A Figura 72 representa o gráfico do dia 19 de novembro de 2021, constatando-se que a diferença dB(C) – dB(A) tem valores mais elevados do que acontecia na primeira campanha. Este facto pode dever-se à proximidade do local de monitorização com o local onde são colocados os contentores frigoríficos durante a sua permanência no cais. Os resultados idênticos para os restantes dias da segunda campanha, encontram-se no Anexo II.

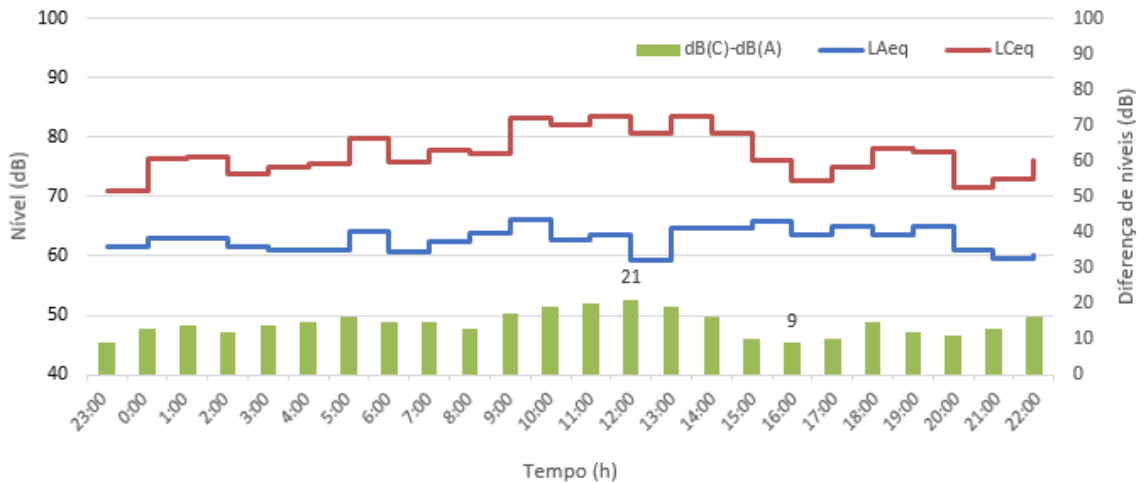


Figura 72 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 19/11/2021 (6^{af}) – 2^a campanha de monitorização de som no PLx.

A Figura 73 apresenta a dispersão de valores para um dia da segunda campanha.

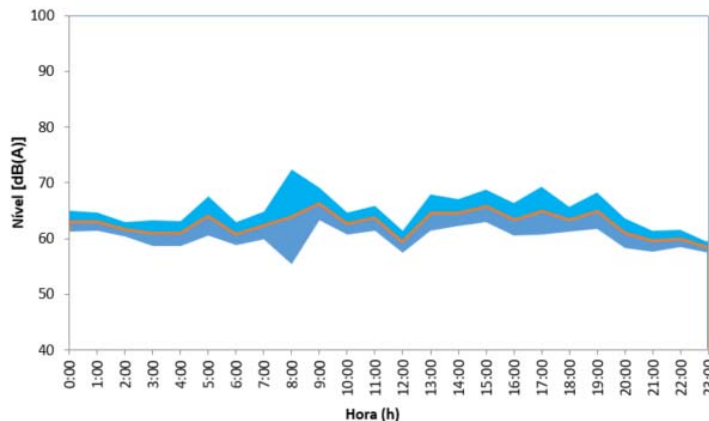


Figura 73 – Dispersão dos valores medidos no dia 19/11/2021 (6^{af}) – 2^a campanha.

5.5.3. Dados da terceira campanha

Na terceira campanha de monitorização do som no PLx, realizada entre o dia 28 de novembro e o dia 6 de dezembro de 2021, o equipamento de medida foi colocado junto às oficinas de reparação de contentores. Os dados da terceira campanha de monitorização do som foram tratados segundo o mesmo procedimento dos dados das campanhas anteriores. No final da terceira campanha de medição de som obtivemos nove ficheiros para valores dB(A) e nove ficheiros para valores dB(C), correspondentes aos nove dias de medições da campanha. Estes ficheiros correspondem a cerca de 614 Mb de dados envolvendo cerca de 12 milhões de linhas de dados, mais precisamente 12 441 600 linhas. Foi também registado em gravador o som durante as 24 horas do dia, por pacotes de 12 horas, obtendo-se dois ficheiros por dia, durante os nove dias da campanha num total de 16 Gb.

Uma vez que os dados recolhidos no dia 28 de novembro (início da campanha) e dia 6 de dezembro (final da campanha) não estão completos, utilizaram-se apenas os necessários, das 23 h às 24 h para completar o dia de resultados, conforme explicado anteriormente. Assim, os gráficos apresentados com dados completos, serão para os dias 29 de novembro a 5 de dezembro de 2021. À semelhança da opção tida nas campanhas anteriores, não foram considerados os dados do dia 6 de dezembro, o último dia da campanha.

Analisando os valores de dB(A) e dB(C) no dia útil é visível que os níveis reduzem bastante entre as 12 h e as 13 h (hora de paragem para almoço). Apesar de esta ser a hora de almoço para outros trabalhos no porto, como por exemplo cargas e descargas dos navios, nas duas campanhas realizadas anteriormente esse facto não era tão evidente. A Figura 74 apresenta o gráfico de um dia útil e de um domingo (único dia em que as oficinas não funcionam). Esta figura permite ainda visualizar a diferença de valores medidos em dia de funcionamento ou não funcionamento das oficinas.

Foram calculados os dados ponderados em dB(A) e dB(C), médias de uma hora e respetiva diferença dB(C) – dB(A). A Figura 74 representa o gráfico de um dia útil (30 de novembro) e de um domingo (5 de dezembro). Na Figura 74 pode observar-se que os valores da diferença apresentados no dia útil são inferiores aos valores da diferença apresentados no domingo. Todos os outros dias da campanha também apresentaram valores de diferença mais baixos, o que resultou na campanha com a média mais baixa para este tipo de valores. Uma vez que o domingo é o dia que apresenta maiores valores para a diferença entre dB(C) e dB(A), e que as oficinas de reparação de contentores só não funcionam ao domingo, o funcionamento das oficinas não parece ser responsável por estes valores da diferença, além de que esta campanha apresentou a média mais baixa das três campanhas no que diz respeito aos valores da diferença entre dB(C) e dB(A), (9,5 dB).

Os resultados idênticos para os restantes dias da terceira campanha, apresentam-se no Anexo III.

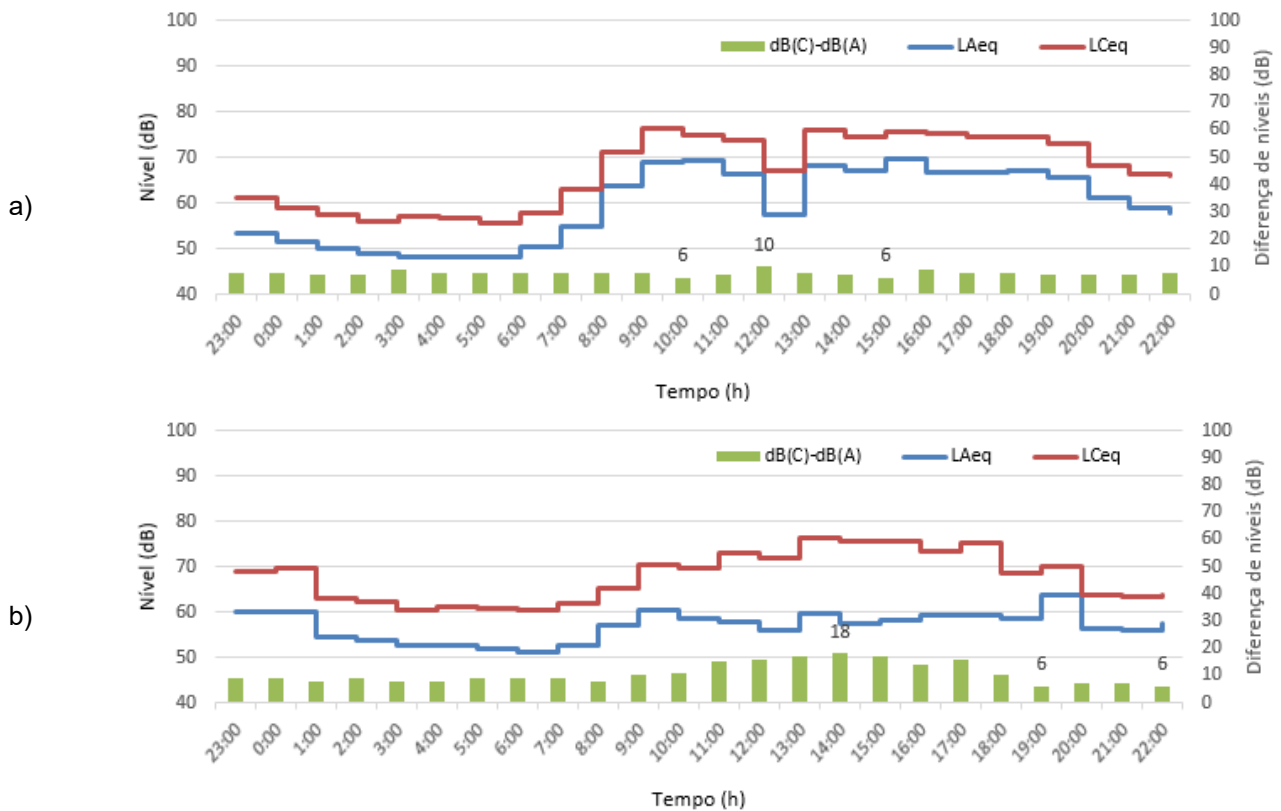


Figura 74 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença para um dia útil e um domingo a) Dia 30/11/2021 (3ªf) e b) dia 5/12/2021 (domingo).

A Figura 75 apresenta a dispersão de valores para um dia da terceira campanha.

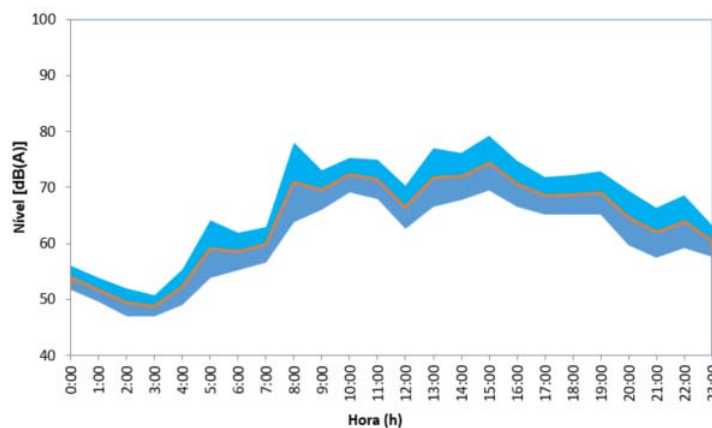


Figura 75 – Dispersão dos valores medidos no dia 2/12/2021 (5ªf) – 3ª campanha.

5.5.4. Influência das condições meteorológicas

Durante a primeira campanha de monitorização de som no PLx, ocorreu alguma precipitação em alguns dias da campanha e uma forte precipitação no dia 19 de dezembro (312,4 mm). Apresentam-se na Figura 76 os dados do dia 19 com a precipitação distribuída por horas, por ser o dia em que ocorreu maior valor de precipitação. Estes valores não serão contabilizados para médias, mas optou-se por representar os dados de

dois dias (com forte e fraca precipitação), com e sem atividade de veículos pesados, em que é visível o aumento do valor de ruído devido à grande quantidade de precipitação durante o período noturno.

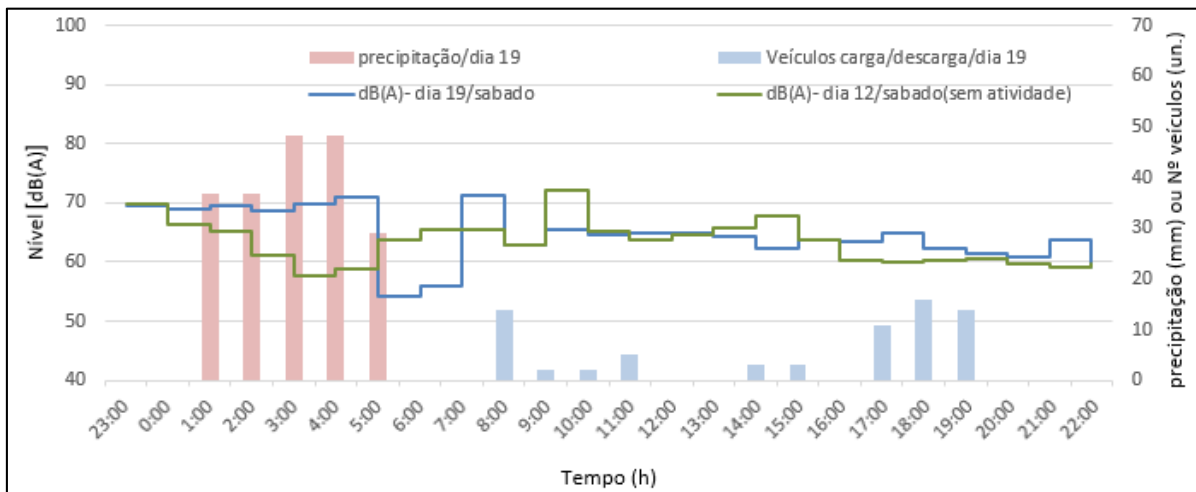


Figura 76 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), veículos pesados e precipitação em dois sábados - dias 12/12/2020 e 19/12/2020.

Não se apresentam gráficos semelhantes para as segunda e terceira campanhas porque os valores de precipitação, que ocorreu durante esses períodos, são pouco relevantes.

5.5.5. Análise dos indicadores de ruído e valores limite de exposição

Uma vez que a legislação tem indicadores para avaliação do ruído, neste capítulo serão apresentados gráficos para os indicadores L_d , L_e , L_n e L_{den} das três campanhas de monitorização realizadas no PLx.

Para cada uma das três campanhas de medição de som, os dados foram tratados de acordo com os períodos de referência estabelecidos na legislação para o indicador do ruído: período diurno (L_d), período do entardecer (L_e) e período noturno (L_n). Foram ainda analisados os dados do indicador ruído diurno-entardecer-noturno (L_{den}), que está associado ao incómodo global durante as 24 h do dia.

Na Figura 77 apresentam-se os dados de L_d , L_e , L_n e L_{den} para os dados recolhidos na primeira campanha de medição de som realizada no PLx.

Foram produzidas figuras idênticas para a segunda e terceira campanhas de monitorização de som no PLx, que são apresentados no Anexo IV.

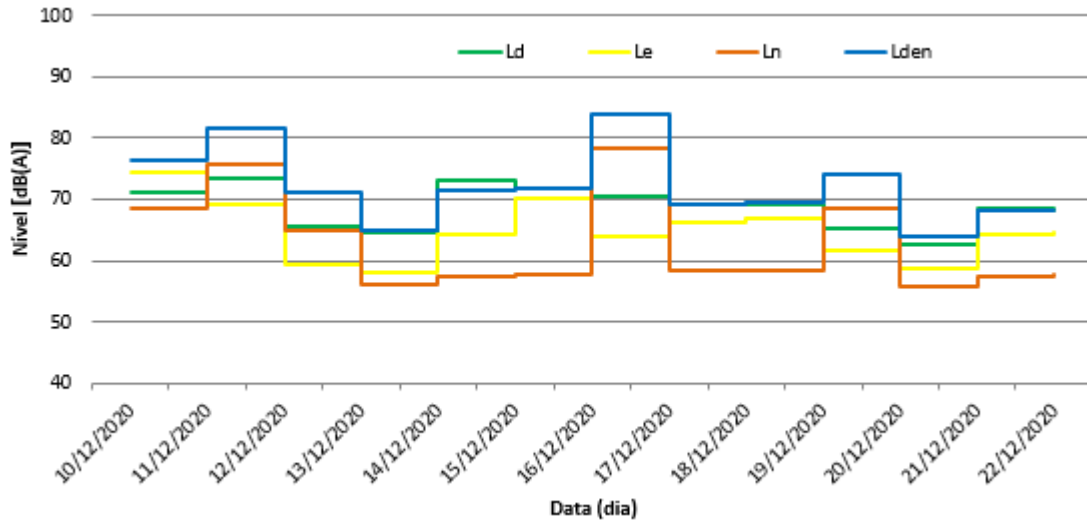


Figura 77 – Valores de L_d , L_e , L_n e L_{den} para os dias da primeira campanha.

Uma vez que a legislação apenas estabelece valores limite para os indicadores de ruído em período noturno (L_n) e em período diurno-entardecer-noturno (L_{den}), a Figura 78 apresenta os valores L_n para as três campanhas (período noturno) e o valor limite de exposição legislado para esta zona (mista) 55 dB(A). Constatou-se que o valor limite foi sempre ultrapassado na primeira campanha, quase sempre ultrapassado na segunda campanha e apenas cumprido na terceira campanha junto das oficinas de reparação de contentores que funcionam entre as 8h e as 17h.

A primeira campanha apresenta os valores noturnos mais elevados, apesar de ter sido realizada durante o período de pandemia.

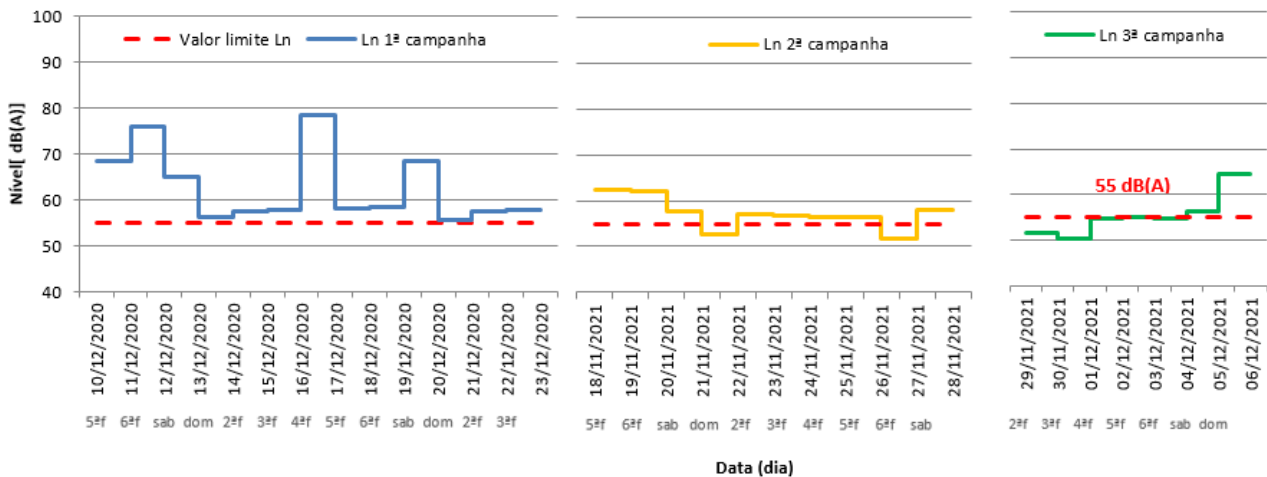


Figura 78 – Valores de L_n nas três campanhas e valor limite de exposição durante o período noturno.

A Figura 79 apresenta os valores L_{den} para as três campanhas (período diurno-entardecer-noturno) e o valor limite de exposição legislado para esta zona (mista), 65 dB(A). Constatou-se que os valores de L_{den} estiveram sempre acima do valor limite de exposição para este indicador na primeira e terceira campanha e que apenas na segunda campanha houve dias com valores abaixo do limite legislado.

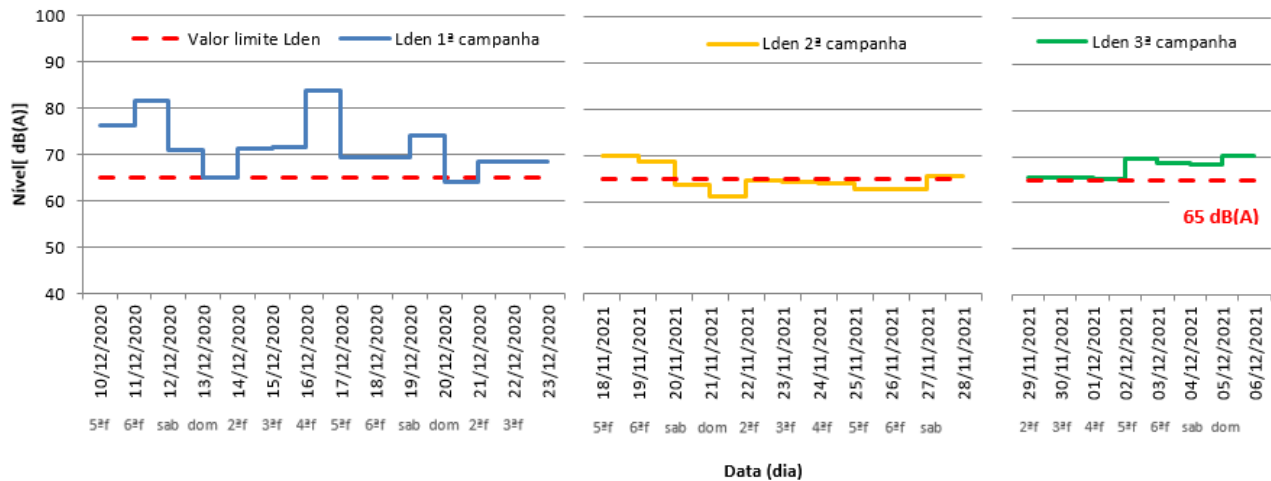


Figura 79 – Valores de L_{den} nas três campanhas e valor limite de exposição.

Observando a Figura 78 e a Figura 79, constata-se que os valores mais elevados de L_n e L_{den} ocorreram na primeira campanha em que o país estava a atravessar uma fase grave de pandemia com menor volume rodoviário. O local de medição está no limite do porto junto às vias de rodagem pelo que será de ter em conta a contribuição do trânsito rodoviário para a intensidade total de ruído registado.

5.5.6. Análise global dos resultados

A Tabela 19 apresenta o resumo de todos os valores medidos durante as três campanhas (L_d , L_e e L_n) e ainda o valor calculado L_{den} . Analisando os dados e considerando que o Terminal do Cais de Santa Apolónia (Sotagus) está numa zona mista cujos valores limite de exposição ao ruído em função dessa classificação são 65 dB(A) para o indicador de ruído diurno-entardecer-noturno (L_{den}), e 55 dB(A) para o indicador de ruído noturno (L_n), constatou-se que dos 30 dias da campanha, 22 dias não cumpriram o L_{den} e 24 dias não cumpriram o L_n .

Com este trabalho ficou evidenciado o comportamento sonoro do terminal da Sotagus do Porto de Lisboa. Durante os trinta dias das campanhas realizadas em três locais distintos do terminal. O indicador de ruído diurno-entardecer-noturno não cumpriu o valor limite em vinte e dois dos trinta dias das campanhas (73 % de incumprimento). Relativamente ao indicador de ruído noturno não cumpriu o valor limite em vinte e quatro dos trinta dias das campanhas (80 % de incumprimento) dos dias considerados. Os dois limites foram cumpridos em simultâneo em apenas dois dos trinta dias das campanhas (7 % de cumprimento).

Tabela 19 – Resultados globais das três campanhas de monitorização do som no PLx.

	Data / Dia da semana	L _d	L _e	L _n	L _{den}
1ª Campanha	10/12/2020 5ª feira	71,3	74,4	68,6	76,2
	11/12/2020 6ª feira	73,4	69,4	75,9	81,6
	12/12/2020 Sábado	65,6	59,5	65,0	71,1
	13/12/2020 Domingo	64,5	58,2	56,3	65,1
	14/12/2020 2ª feira	73,0	64,3	57,6	71,4
	15/12/2020 3ª feira	71,9	70,2	57,9	71,7
	16/12/2020 4ª feira	70,5	64,1	78,5	83,9
	17/12/2020 5ª feira	69,2	66,4	58,3	69,3
	18/12/2020 6ª feira	69,3	67,0	58,6	69,5
	19/12/2020 Sábado	65,2	61,7	68,4	74,1
	20/12/2020 Domingo	62,7	58,8	55,8	64,1
	21/12/2020 2ª feira	68,4	64,4	57,6	68,3
	22/12/2020 3ª feira	68,4	64,5	57,9	68,4
2ª Campanha	18/11/2021 5ª feira	67,6	64,1	62,5	70,0
	19/11/2021 6ª feira	64,1	60,2	62,2	68,6
	20/11/2021 Sábado	56,7	53,1	57,6	63,5
	21/11/2021 Domingo	58,4	59,2	52,5	61,1
	22/11/2021 2ª feira	60,9	59,6	57,2	64,4
	23/11/2021 3ª feira	61,5	58,5	56,8	64,2
	24/11/2021 4ª feira	61,2	58,7	56,4	63,9
	25/11/2021 5ª feira	57,2	53,9	56,5	62,7
	26/11/2021 6ª feira	62,4	60,7	51,7	62,8
27/11/2021 Sábado	61,9	61,7	57,9	65,4	
3ª Campanha	29/11/2021 2ª feira	67,1	55,7	51,5	65,3
	30/11/2021 3ª feira	66,8	62,5	50,2	65,6
	01/12/2021 4ª feira	65,4	59,7	54,7	65,1
	02/12/2021 5ª feira	70,6	66,4	55,1	69,6
	03/12/2021 6ª feira	70,0	62,5	54,7	68,5
	04/12/2021 Sábado	69,3	61,5	56,2	68,2
	05/12/2021 Domingo	59,7	58,9	64,6	70,2

Relativamente ao ruído de baixas frequências, neste trabalho calcularam-se as médias para os valores das diferenças entre dB(C) e dB(A) em cada campanha e verificou-se que na primeira campanha a média foi de 10,5 dB, na segunda campanha de 11,6 dB e na terceira campanha 9,5 dB. Apesar de as médias das campanhas não ultrapassarem os 15 dB estabelecidos como indicadores da presença de ruído de baixas frequências com valor preocupante, analisaram-se os dados por hora para um dia da segunda campanha, por ser aquela onde a média apresentava o valor mais elevado. Observando a Figura 80 verificou-se que o valor dos 15 dB foi várias vezes ultrapassado ao longo do dia, especialmente no período noturno (entre as 23 h e as 7 h).

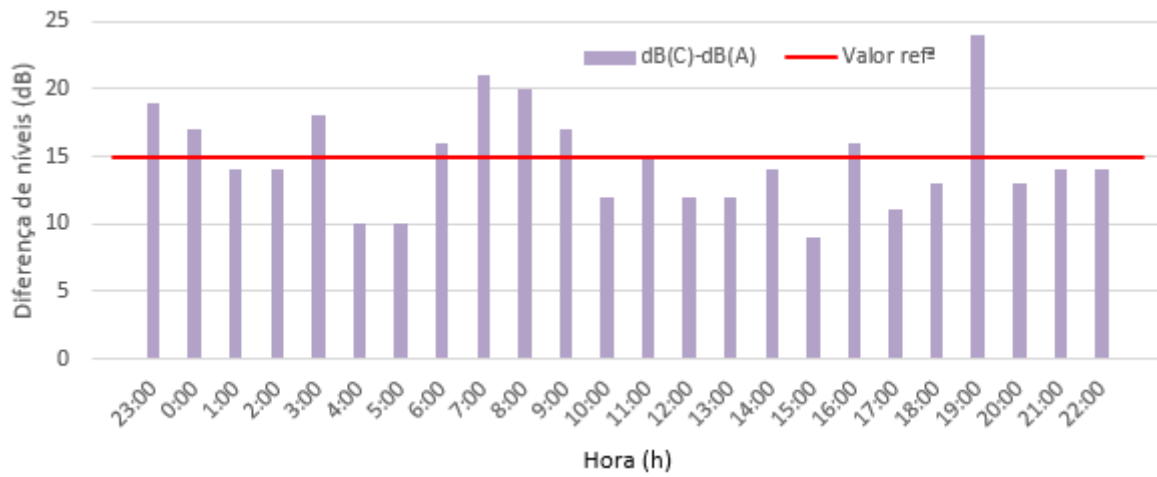


Figura 80 – Representação da diferença dos valores de dB(C) e dB(A) no dia 20/11/2021 (sábado), 2ª campanha.

6. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

Este trabalho teve como estudo de caso a monitorização de ruído no Porto de Lisboa no Cais de Santa Apolónia – Terminal da Sotagus, tendo sido realizadas três campanhas de medição de som em três locais do terminal: antiga portaria, edifício de operações e oficinas de reparação de contentores.

Justificou-se este estudo uma vez que Lisboa foi uma cidade que se desenvolveu à volta do seu porto e apesar de muitas das atividades associadas serem de uma forma geral ruidosas não se conhece a existência de anteriores dados de medição de som no Porto de Lisboa.

Uma vez que não está legislado que o Transporte Marítimo seja uma Grande Infraestrutura de Transporte, não existe obrigatoriedade de elaborar um Mapa Estratégico de Ruído onde sejam expressos os indicadores L_{den} e L_n e o respetivo Plano de Ação de Ruído onde são apresentadas medidas de mitigação do ruído e estimativas de redução de pessoas expostas ao ruído, pelo que este é provavelmente um dos primeiros trabalhos de monitorização de som num porto em Portugal.

A elaboração dos MER é uma das obrigações do Regime de Avaliação e Gestão do Ruído e são reavaliados de 5 em 5 anos, para:

- Grandes Infraestruturas de Transportes;
- Aglomerações com mais de 100.000 habitantes.

Os valores legislados para o ruído ambiente são o valor limite dia-entardecer-noite (L_{den}) e o valor limite noturno (L_n), sendo esses os primeiros pontos a abordar nas conclusões, para as três campanhas de medição de som realizadas no PLx.

A primeira campanha, realizada na antiga portaria, apresentou os valores de ruído mais elevados, mesmo tendo sido realizada durante um período de restrições devido à pandemia. Os valores do indicador L_{den} variaram entre 64,1 dB(A) e 81,6 dB(A) (depois de retirado o valor 83,9 dB(A) obtido num dia de elevada precipitação). Sendo o valor limite de exposição 65 dB(A), nos treze dias da primeira campanha, apenas num dia este valor limite não foi ultrapassado. O valor L_{den} não é muito influenciado pelo movimento dos camiões para carga e descarga dos navios, conforme se observou nas correlações executadas entre o nível sonoro e o número de veículos pesados para carga e descarga dos navios. O dia com maior número de camiões apresenta um dos valores mais baixos de L_{den} , evidenciando que esta não é a principal fonte sonora. Também o número de navios em porto não aparenta influenciar o valor L_{den} . Efetivamente os navios podem estar atracados sem atividade de carga ou descarga. Durante a campanha houve dias sem navios em porto, dias com um navio e dias com dois navios. Os dois dias com dois navios em porto também têm valores de L_{den} mais baixos. Retirando os dados do dia com forte precipitação, 83,9 dB(A), e analisando os restantes dias da

campanha verifica-se um diferencial de 17,5 dB(A) entre o valor mínimo e o valor máximo, ou seja, existe uma grande variação dos valores de ruído medidos.

A segunda campanha de monitorização de som, realizada no terraço do edifício das operações apresentou valores do indicador L_{den} entre 61,1 dB(A) e 70,0 dB(A), valores inferiores aos da primeira campanha, o que poderá dever-se ao facto do microfone estar colocado mais afastado da zona de passagem dos camiões no interior do terminal e de o edifício constituir uma barreira ao som exterior ao porto, dado que as medições se realizaram no terraço do edifício. No caso do local da primeira campanha não existem barreiras entre as fontes emissoras do porto e o local da medição de som, e, a separação de rede perfurada na zona limite do terminal permite a passagem do som exterior ao porto até ao local de monitorização do ruído.

Ainda assim, apenas foi cumprido o valor limite de exposição para L_{den} em sete dos dez dias da campanha. No entanto, existe uma menor variação dos valores L_{den} em relação à primeira campanha, o diferencial entre o valor máximo e valor mínimo medidos é de 8,9 dB(A). Em todos os dias da campanha houve navios em porto (um ou dois). No entanto, não se verificou que nos dias com dois navios em porto os valores de ruído medidos fossem mais elevados.

A terceira campanha junto às oficinas de reparação de contentores apresentou valores do indicador L_{den} entre 65,1 dB(A) e 70,2 dB(A), superiores ao valor limite 65 dB(A) em todos os dias da campanha. Nesta campanha, os valores de L_{den} são muito idênticos aos valores de L_d , como seria esperado, dado que as oficinas só funcionam durante o dia, não há influência no ruído durante os períodos do entardecer e noturno, ambos penalizados no cálculo do L_{den} . Existe apenas uma exceção, no domingo, em que as oficinas não funcionam e os valores de ruído medido durante o dia reduzem bastante. Relativamente à variação dos valores L_{den} , o diferencial entre o valor máximo e valor mínimo medido é de 5,1 dB(A), a menor diferença das três campanhas. Uma vez que estamos perante uma zona onde se fazem trabalhos idênticos, com equipamentos idênticos e horários idênticos é normal que os valores medidos sejam semelhantes. De realçar que o local desta campanha é o único local em que se observa a redução clara do ruído entre as 12 h e as 13 h, hora de paragem para almoço dos trabalhadores das oficinas. Apesar de termos os dados dos navios em porto durante esta campanha, não se verificou alteração dos valores medidos em função do número de navios em porto (sem presença de navio, com um, dois, três ou quatro navios no terminal).

A primeira campanha, realizada na antiga portaria, apresentou os valores de ruído mais elevados durante o período noturno. Os valores do indicador L_n variaram entre 55,8 dB(A) e 75,9 dB(A). Sendo o valor limite de exposição para o período noturno 55 dB(A), este valor foi ultrapassado nos treze dias da campanha de medição. O valor L_n não foi influenciado pela movimentação de camiões no porto, que neste período noturno apenas ocorreu em um dos dias da campanha. Não se detetou nenhuma relação entre os dias com navio no porto e os dias sem navios em porto, ao nível dos valores de ruído medidos. Retirando os dados do dia com forte precipitação, 78,5 dB(A), e analisando os restantes dias da campanha verifica-se um diferencial de 20,1 dB(A) entre o valor mínimo e o valor máximo medidos no período noturno, ou seja, existe uma grande variação dos valores de ruído medidos.

A segunda campanha de monitorização de som, realizada no terraço do edifício das operações, apresentou valores do indicador L_n entre 51,7 dB(A) e 62,5 dB(A), valores inferiores aos da primeira campanha, tal como já havia acontecido com os valores L_{den} . O valor limite de exposição para L_n , 55 dB(A), apenas foi cumprido

em dois dos dez dias da campanha. No entanto, existe uma menor variação dos valores L_n em relação à primeira campanha, o diferencial entre o valor máximo e valor mínimo medidos é de 10,8 dB(A). Em todos os dias da campanha houve navios em porto (um ou dois). No entanto, não se verificou que nos dias com dois navios em porto os valores de ruído medidos fossem mais elevados. Também não foi possível garantir que em dias de fim-de-semana os valores de ruído medidos sejam inferiores aos valores medidos em dias úteis.

A terceira campanha junto às oficinas de reparação de contentores apresentou valores do indicador L_n entre 50,2 dB(A) e 64,4 dB(A). Em três dos sete dias da campanha, o valor limite de exposição de 55 dB(A) foi ultrapassado, sendo um dia útil e dois dias de fim-de-semana. Relativamente à variação dos valores L_n , o diferencial entre o valor máximo e valor mínimo medidos é de 14,4 dB(A), devido à grande diferença entre os valores durante os dias úteis e os dias de fim-de-semana. Apesar de termos os dados dos navios em porto durante esta campanha (dias sem navios, com um, dois, três ou quatro não se encontrou relação entre a presença de mais navios e os valores de ruído medidos neste local.

O facto de o ruído de baixas frequência não estar regulamentado, contribui para que não haja obrigação legal de o monitorizar e controlar. Por outro lado, uma vez que o ruído de baixa frequência não é ouvido pela maior parte dos humanos, conduz a que muitos indivíduos não se protejam nem se preocupem com este tipo de ruído, apesar de ser um ruído muito prejudicial à saúde. Seria importante no futuro que este tipo de ruído fosse legislado com ponderação adequada diferente da atual, uma vez que atualmente, todos os valores legislados são em dB(A) e as baixas frequências não são mensuráveis em dB(A).

Assim optámos por avaliar a diferença entre os valores de dB(C) e os valores de dB(A), cujo valor representa o ruído de baixas frequências, sendo que, se os valores da diferença forem acima de 15 dB, se considera um valor elevado e um fator de preocupação. Após análise dos valores medidos nas três campanhas verificou-se que as diferenças foram, em média, 10,5 dB na primeira campanha, 11,6 dB na segunda e 9,5 dB na terceira campanha. Os valores de diferença entre dB(C) e dB(A), na segunda campanha, foram os mais elevados, sendo que analisados os valores das diferenças por hora, o valor de 15 dB foi ultrapassado em várias horas do dia, incluindo horas no período noturno, período de descanso para a maioria dos indivíduos. A proximidade dos contentores frigoríficos do local de monitorização do ruído durante a segunda campanha poderá ser uma possível causa da existência de valores elevados de ruído de baixas frequências que poderá ter como origem os sistemas de refrigeração dos contentores.

Uma vez que a primeira campanha decorreu em período de pandemia com restrições e redução da movimentação de pessoas, e ainda assim apresentou os valores L_{den} mais elevados das três campanhas, seria de equacionar uma nova campanha neste local em condições normais da cidade (sem restrições). Dado que esta monitorização foi realizada junto à zona limite do terminal, e o som vai atenuando com a distância. Sugere-se também a realização de novas medições na proximidade das habitações em redor do porto.

O NoMEPorts foi um projeto já referido e dedicado ao ruído em áreas portuárias, que surgiu com o objetivo de criar condições equitativas entre os portos europeus, por forma a colmatar a falha da Diretiva do Ruído, que não considerou o transporte marítimo como uma Grande Infraestrutura de Transporte. O projeto elenca regras e orientações, partindo do princípio que se executará um Mapa de Ruído para o porto, avaliando as situações mais graves, e se fará o planeamento de ações e medidas para a redução do ruído. Mas, não sendo

obrigatório a elaboração do Mapa de Ruído e havendo custos relevantes associados, torna-se difícil conseguir que os operadores dos portos sigam as suas recomendações.

Relativamente ao Caso de Estudo no Porto de Lisboa (Cais de Santa Apolónia – Terminal da Sotagus) também devem ser destacadas algumas medidas de mitigação entretanto já realizadas:

- Gestão de horários de carga e descarga dos navios – os horários devem ser ajustados fora dos horários de descanso (principalmente durante o período noturno). Na primeira campanha apenas se fez carga e descarga no período noturno em um dia dos treze em que a campanha decorreu;
- Investimento em equipamentos de movimentação de carga mais silenciosos - os equipamentos existentes no terminal já são elétricos;
- A deslocação a pé no interior do terminal é expressamente proibida, sendo necessário solicitar viatura junto da portaria para deslocação no interior do terminal – esta condicionante minimiza os sinais de aviso (geralmente incomodativos), necessários quando existem pessoas a circular a pé.

Algumas medidas propostas:

- O acesso ao terminal é feito por um troço empedrado e desnivelado causador de algum ruído – poderá ser substituído por pavimento asfaltado absorvente de ruído;
- As vias dentro do terminal e de circulação dos veículos pesados também poderão ser substituídas por asfalto absorvente de ruído;
- Cooperação com as autoridades da cidade - uma vez que apenas em dois dos trinta dias das campanhas se cumpriram os valores limite de exposição ao ruído (L_n e L_{den}), seria de equacionar a colocação de uma fileira de árvores que funcionaria como barreira acústica para a zona envolvente;
- Reordenamento do tráfego de camiões no acesso ao porto por parte da Câmara Municipal de Lisboa. Efetivamente as vias de acesso possuem alguns estrangulamentos à circulação com frequentes paragens e arranques dos camiões;
- Identificação das fontes emissoras de ruído – pelas gravações realizadas durante a campanha, identificaram-se várias fontes de ruído, desde um relógio de igreja, som de gaivota, passagem de veículo de emergência. A identificação detalhada das fontes emissoras de ruído significativo permitirá medidas dedicadas.

Os resultados obtidos nas campanhas de monitorização realizadas no PLx, apresentaram apenas 7 % de cumprimento nos Valores Limite de Exposição L_{den} e L_n , o que justifica que houvesse a obrigação de elaborar MER nos portos, que conduziriam a PAR e a medidas de redução de ruído. A Academia é parte importante no alerta e sensibilização dos decisores. Consideramos que se justifica classificar os portos como uma GIT.

Este é um dos primeiros trabalhos feitos em portos em Portugal, pelo que esperamos que seja dada continuidade ao nosso trabalho em trabalhos de investigação futuros e na adopção das nossas recomendações para melhoria das condições sonoras das populações que vivem próximo do porto bem como dos trabalhadores do Porto de Lisboa.

Referências bibliográficas

- Ahonen, P. (2009). *Ympäristölupien meluntorjuntamääräykset ja niiden valvonta*.
- Alsina-Pagès, R. M., Socoró, J. C., e Barqué, S. (2018). Survey of Environmental Noise in the Port of Barcelona. *Euronoise 2018*, 2895–2902.
- Alves-Pereira, M., e Castelo Branco, N. A. A. (2007). Vibroacoustic disease: Biological effects of infrasound and low-frequency noise explained by mechanotransduction cellular signalling. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 93(1–3), 256–279. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2006.07.011>
- Alves, J., Silva, L., Remoaldo, P., e Arezes, P. (2016). *Proposta metodológica para avaliação audiométrica e da incomodidade do ruído de baixa frequência*. 1–10. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/42151/1/2290-153.pdf>
- APA. (2020). *Som, Ruído e Incomodidade*. Agência Portuguesa Do Ambiente. <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=86&sub2ref=529>
- APL. (1987). *100 Anos do Porto de Lisboa*. Administração do Porto de Lisboa. <https://www.arquivoportolisboasetubalsesimbra.pt/biblioteca/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=724>
- APL. (1991). *Referências históricas do porto de Lisboa*. <https://www.arquivoportolisboasetubalsesimbra.pt/biblioteca/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=339>
- APL. (2019). *Carta náutica - Boletim do Centro de Documentação e Informação*. Administração Do Porto de Lisboa. <https://www.arquivoportolisboasetubalsesimbra.pt/biblioteca/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=10035>
- APL. (2021). *Monitorização de ruído*. Administração Do Porto de Lisboa. <https://www.portodelisboa.pt/estudos-e-monitorizacao>
- Autoridade da concorrência. (2018). *Estudo sobre a Concorrência no Setor Portuário*. Estudo Sobre a Concorrência No Setor Portuário. http://www.concorrencia.pt/vPT/Noticias_Eventos/Comunicados/Documents/Estudo sobre a Concorrência no Setor Portuário.pdf
- Benoliel, J. (1907). *Descarga de carvão no Cais do Sodré*. <https://arquivomunicipal3.cm-lisboa.pt/xarqdigitalizacaocontent/Imagem.aspx?ID=2117647&Mode=M&Linha=1&Coluna=1>
- Blot, M. L. P. (2003). Os portos na origem dos centros urbanos. In *Instituto Português de Arqueologia* (Vol. 28).
- Bolognese, M., Fidecaro, F., Palazzuoli, D., e Licitra, G. (2020). Port noise and complaints in the North Tyrrhenian sea and framework for remediation. *Environments - MDPI*, 7(2), 1–17. <https://doi.org/10.3390/environments7020017>
- Borelli, D., Gaggero, T., Pallavidino, E., Schenone, C., Kamdem, E. L. W., e Njotang, C. A. Y. (2019). Possible solutions for port noise monitoring. *Proceedings of the 26th International Congress on Sound and Vibration, ICSV 2019, julho*.
- Brüel e Kjær Sound & Vibration Measurement A/S. (2001). *Environmental Noise*.
- CDI PLx. (2010, September). Guindaste a vapor, Cais de Santa Apolónia - 1917. *Carta Náutica - Boletim Do Centro de Documentação e Informação*. <https://www.portodelisboa.pt/publicacoes>
- CDI PLx. (2016, May). Bateria de Guindastes em Alcântara - 1948. *Carta Náutica - Boletim Do Centro de Documentação e Informação*. <https://www.portodelisboa.pt/publicacoes>
- CDI PLx. (2020, November). Panorâmica da ponte-cais de Cabo Ruivo Anos 70. *Carta Náutica - Boletim Do Centro de Documentação e Informação*. <https://www.portodelisboa.pt/publicacoes>
- Celestina, M., Hrovat, J., e Kardous, C. A. (2018). Smartphone-based sound level measurement apps: Evaluation of compliance with international sound level meter standards. *Applied Acoustics*, 139, 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2018.04.011>

- CML. (2018). *Mapas de ruído*. Câmara Municipal de Lisboa, <http://dados.cm-lisboa.pt/dataset/mapa-do-ruído>, acessado em 14 de abril de 2021.
- CML. (2020). *RUÍDO A importância da qualidade ambiental na cidade*. Câmara Municipal de Lisboa, <https://www.lisboa.pt/atualidade/reportagens/ruído>, acessado em 12 de dezembro de 2021.
- CML. (2021a). *Monitorização de parâmetros ambientais*. Lisboa aberta, <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNGE4YjlkMmMtMzliNi00NDg1LWJkZmEtMTE1YjE1MmNhNzQyIiwidCI6ImEyNmRlZWJlLTgzN2QtNGU5OS04N2EyLTNmZDAwMjQ2NzE3MmI0OjI9>, acessado em 25 de janeiro de 2021.
- CML. (2021b). *Partilha de dados de avaliação da qualidade ambiental*. Câmara Municipal de Lisboa, <https://www.lisboa.pt/atualidade/noticias/detalhe/lisboa-partilha-dados-de-avaliacao-da-qualidade-ambiental>, acessado em 10 de abril de 2021.
- CML. (2021c). *Rede de sensores monitoriza a qualidade do ar, níveis de ruído e trânsito*. Câmara Municipal de Lisboa, <https://www.lisboa.pt/atualidade/noticias/detalhe/rede-de-sensores-monitoriza-a-qualidade-do-ar-niveis-de-ruído-e-transito>, acessado em 31 de março de 2021.
- D'Hondt, E., Stevens, M., e Jacobs, A. (2013). Participatory noise mapping works! An evaluation of participatory sensing as an alternative to standard techniques for environmental monitoring. *Pervasive and Mobile Computing*, 9(5), 681–694. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2012.09.002>
- Declaração de Rectificação n.º 57/2006, de 31 de Agosto, Diário da República, 1ª série.
- Decreto-Lei n.º 136-A/2019, de 6 de Setembro, Diário da República, 1ª série, 1º Suplemento.
- Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de julho, Diário da República, 1ª série.
- Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro, Diário da República, 1ª série.
- Decreto-Lei n.º 251/87 de 24 de junho, Diário da República, 1ª série.
- Decreto-Lei n.º 259/2002, de 23 de Novembro, Diário da República, 1ª série.
- Decreto-Lei n.º 292/2000 de 14 de novembro, Diário da República, 1ª série.
- Decreto-Lei n.º 292/89 de 2 de setembro, Diário da República, 1ª série.
- Decreto-Lei n.º 293/2003, de 19 de Novembro, Diário da República, 1ª série.
- Decreto-Lei n.º 35716 , de 24 de junho, Diário do Governo n.º 138/1946, 1ª série.
- Decreto-Lei n.º 47078, de 7 de julho, Diário do Governo n.º 156/1966, 1ª série.
- Decreto-Lei n.º 76/2002, de 26 de Março, Diário da República, 1ª série.
- Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de janeiro, Diário da República, 1ª série.
- Description, A., Iso, N. P., & Description, A. (2019). *Portuguesa*.
- Diário de Notícias. (1887). *Inauguração das obras do porto de Lisboa*. 1.
- Diretiva 2002/49/CE. (2002). Diretiva 2002/49/CE do Parlamento europeu e do conselho da União Europeia relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. *Jornal Oficial Das Comunidades Europeias*, L 189/12, 48. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:189:0012:0025:PT:PDF>
- Diretiva 2003/10/CE do Parlamento europeu e do conselho da União Europeia, de 6 de Fevereiro, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos aos agentes físicos (ruído)*. (2003). 38–44.
- Dragagem do Porto de Santos. (2021). *A evolução da frota marítima e a necessidade de dragagem*. <http://dragagem.portodesantos.com.br/portal/noticia?noticia=MjQ2%0A%0A>
- DW-ShipConsult. (2021). *First cargo ship certified for ESI-Noise port fee discount*. <https://www.dw-sc.de/en/aktuelles/>
- EcoPorts. (2021). *EcoPorts*. <https://www.ecoport.com/about>
- ESPO. (2021). *Our Publications*. <https://www.espo.be/publications>

- Europe Commission. (2021). *NoMEPorts on LIFE Public Database*. Noise Management in European Ports, https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=2870, acessado em 25 de fevereiro de 2021.
- Everest, F. A. (2001). *Master Handbook of Acoustics: Vol. Fourth Edi* (Issue 1). <https://doi.org/10.1036/0071399747>
- Facebook@aminhaLisboa. (2021). *Olisipo, a Cidade de Ulisses*. A minha Lisboa - La mia Lisbona (Facebook), <https://www.facebook.com/aminhaLisboa/posts/824168537791662/>, acessado em 1 de maio de 2021.
- Farinha, R. (2018). *Lisboa é o melhor destino para quem faz cruzeiros*. <https://www.nit.pt/fora-de-casa/nacidade/lisboa-melhor-destino-cruzeiros>
- Fernandes, S. de A. (1958). *Descarga de peixe no Cais da Ribeira Nova*. <https://arquivomunicipal3.cm-lisboa.pt/xarqdigitalizacaocontent/Imagem.aspx?ID=3744208&Mode=M&Linha=1&Coluna=1>
- Fredianelli, L., Bolognese, M., Fidecaro, F., e Licitra, G. (2021). Classification of noise sources for port area noise mapping. *Environments - MDPI*, 8(2), 1–16. <https://doi.org/10.3390/environments8020012>
- Goulart, A. J. (1960). *Cais de Santa Apolónia - carregamento de cortiça*. CDI PLx. <https://arquivomunicipal3.cm-lisboa.pt/xarqdigitalizacaocontent/Imagem.aspx?ID=2560099&Mode=M&Linha=1&Coluna=1>
- Hannah, L. (2006). Wind and Temperature Effects on Sound Propagation. *New Zealand Acoustics*, 20(2), 22–29.
- Healthy Hearing. (2021). *SPLnFFT Noise Meter*. Healthy Hearing, <https://www.healthyhearing.com/report/47805-The-best-phone-apps-to-measure-noise-levels>, acessado em 12 de dezembro de 2021.
- Henriques, A. (2003). *Porto de pesca de Lisboa morreu na noite das bruxas*. Jornal Público. <https://www.publico.pt/2003/11/02/jornal/porto-de-pesca-de-lisboa-morreu-na-noite-das-bruxas-207210>
- Hoffman, B. (1940). Aeroporto marítimo de Lisboa. In *Facebook CML*. <https://www.facebook.com/camaradelisboa/photos/pcb.2979296118756985/2979295822090348/>
- Imperialum. (2021a). *Manual de acústica*. <https://www.imperialum.com/cms/wp-content/uploads/2014/08/FOpt-Manual-de-Acústica.pdf>
- Imperialum. (2021b). *Velocidade de propagação do som*. <https://www.imperialum.com/?solucoes=velocidade-de-propagacao-do-som/>
- Instituto hidrográfico. (2021). *Zero hidrográfico*. <https://www.hidrografico.pt/info/39>
- Interreg Maritime. (2021a). *NoMEPorts - Noise Management in European Ports*. Noise Management in European Ports, acessado em 25 fevereiro 2021. https://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=2870
- Interreg Maritime. (2021b). *Projeto Mon acumen*. Interreg Maritime. <http://interreg-maritime.eu/it/web/monacumen/>
- Interreg Maritime. (2021c). Projeto Rumble - T1.2 - Análise das áreas portuárias e identificação das áreas de intervenção. *Interreg Maritime*. <http://interreg-maritime.eu/it/web/rumble/>
- Interreg Maritime. (2021d). *Report Il progetto*. Interreg Maritime. <http://interreg-maritime.eu/it/web/report/>
- IPMA. (2021). *Dados da estação meteorológica de Lisboa (Geofísico)*. Instituto Português do Mar e da Atmosfera, <https://www.ipma.pt/pt/otempo/obs.superficie/index-map-dia-chart.jsp#Lisboa> (Geofísico), acessado em 8 de dezembro de 2021.
- Jacobs, N., Roberts, B., Reamer, H., Mathis, C., Gaffney, S., e Neitzel, R. (2020). Noise exposures in different community settings measured by traditional dosimeter and smartphone app. *Applied Acoustics*, 167, 107408. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107408>
- João Matos, Jorge Fradique, Luís Tavares, Margarida Guedes, M. J. L. (2020). *Guia prático para medições de ruído ambiente*. Agência Portuguesa Do Ambiente. https://apambiente.pt/_zdata/DAR/Ruido/NotasTecnicas_EstudosReferencia/GUIApraticoparamedicoe

sderuidoambiente_2020_2.pdf

- Kanhere, S. S. (2013). Participatory sensing: Crowdsourcing data from mobile smartphones in urban spaces. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 7753 LNCS, 19–26. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36071-8_2
- Kardous, C. A., e Shaw, P. B. (2014). Evaluation of smartphone sound measurement applications. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 135(4), EL186–EL192. <https://doi.org/10.1121/1.4865269>
- Kardous, C. A., e Shaw, P. B. (2016). Evaluation of smartphone sound measurement applications (apps) using external microphones—A follow-up study . *The Journal of the Acoustical Society of America*, 140(4), EL327–EL333. <https://doi.org/10.1121/1.4964639>
- Lahti, T. (2003). *Ympäristömelun arviointi ja torjunta* (Ympäristöministeriö (Ed.)).
- Lisboa, B. do P. de. (1955, March). *As grandes obras do porto de Lisboa - Ponte-cais de Cabo Ruivo*. https://www.google.com/search?q=as+grandes+obras+do+porto+de+lisboa+ponte+cais+de+cabo+ruivo&sxsrf=ALeKk01_Nd4dGZsfHPGAZeJ0YvYjp3Q1ow%3A1618270373678&ei=pdh0YLztKJSC9u8PxbqPoAM&oq=as+grandes+obras+do+porto+de+lisboa+ponte+cais+de+cabo+ruivo&gs_lcp=Cgdnd3M
- Lopes, F. (1443). *Crónica de D. Fernando*. O Espaço Da História. <https://www.oespacodahistoria.com/index.php/ct-menu-item-7/cronica-de-d-fernando-fernao-lobes/93-capitulo-i>
- Maisonneuve, N., Stevens, M., e Ochab, B. (2010). Participatory noise pollution monitoring using mobile phones. *Information Polity*, 15(1–2), 51–71. <https://doi.org/10.3233/IP-2010-0200>
- Marine Traffic. (2021). *Dados dos navios*. <https://www.marinetraffic.com/pt/photos/of/ships/shipid:754855/ships>
- McLennon, T., Patel, S., Behar, A., e Abdoli-Eramaki, M. (2019). Evaluation of smartphone sound level meter applications as a reliable tool for noise monitoring. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 16(9), 620–627. <https://doi.org/10.1080/15459624.2019.1639718>
- Media College. (2021). *How Sound Waves Work*. <https://www.mediacollege.com/audio/01/sound-waves.html>
- Meteo Portela. (2021a). *A instalação e detalhes de funcionamento*. <http://www.meteoportela.com/estacao.htm>
- Meteo Portela. (2021b). *Dados meteorológicos*. <http://meteoportela.com/latest.txt>
- Monié, F., e Vasconcelos, F. N. (2012). Evolução das relações entre cidades e portos: entre lógicas homogeneizantes e dinâmicas de diferenciação. *Confins*, 15. <https://doi.org/10.4000/confins.7685>
- Murphy, E., e King, E. A. (2014). An assessment of residential exposure to environmental noise at a shipping port. *Environment International*, 63, 207–215. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.11.001>
- Murphy, E., e King, E. A. (2016). Testing the accuracy of smartphones and sound level meter applications for measuring environmental noise. *Applied Acoustics*, 106, 16–22. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.12.012>
- Mustonen, M. (2013). *Noise as an environmental challenge for ports*.
- Nastasi, M., Fredianelli, L., Bernardini, M., Teti, L., Fidecaro, F., e Licitra, G. (2020). Parameters affecting noise emitted by ships moving in port areas. *Sustainability (Switzerland)*, 12(20), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su12208742>
- Neiva, R. W. (2021). *A lenda portuguesa de Olisipo e Ulisses*. CidadeeCultura.com, <https://www.cidadeecultura.com/lenda-portuguesa/>, acedido em 1 de maio de 2021.
- NEPTUNES. (2018). *Mitigation of Noise from Ships at Berth*.
- NEPTUNES. (2021). *Mapa de países do projeto NEPTUNES*. <https://neptunes.pro/>
- New York Times. (1930a, September 28). Asks special squad to abolish noise. *New York Times*. <https://assets.documentcloud.org/documents/627734/abatement-board-in-report-asks-special-squad-to.pdf>
- New York Times. (1930b, September 28). “City Noise,” a Landmark Study, Is Published. *New York Times*.

https://archive.nytimes.com/www.nytimes.com/interactive/2013/07/13/nyregion/nyc-noise-timeline.html#/%23time228_7184

- Nijs, L. (1989). The influence of wind and temperature gradients on sound propagation, calculated with the two-way wave equation. *Acoustical Society of America*, 87(May), 1987–1998. <https://doi.org/10.1121/1.399326>
- NoMEPorts. (2008). *Good Practice Guide on Port Area Noise Mapping*. http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=NoMEports_GPG_PANMM1.pdf
- Novais, A. (1920). *Lançamento do navio Vouga*. Arquivo Municipal CML, <https://arquivomunicipal3.cm-lisboa.pt/xarqdigitalizacaocontent/Imagem.aspx?ID=1667994&Mode=M&Linha=1&Coluna=1>, acessado em 2 de abril de 2021.
- Novais, H. (1927). *Abel Pereira da Fonseca*. Lisboa de antigamente, <https://lisboadeantigamente.blogspot.com/search/label/Tejo>, acessado em 10 de abril de 2021.
- Novais, M. (1940). *Planta aeroporto marítimo de Lisboa*. Facebook CML, <https://www.facebook.com/camaradelisboa/photos/pcb.2979296118756985/2979296015423662>, acessado em 11 de abril de 2021.
- OSHA. (2021). *Noise*. https://www.osha.gov/dts/osta/otm/new_noise/#soundpressure
- Passaporte, A. (n.d.). *Benção dos bacalhoeiros em Belém*. Arquivo Fotográfico CML, <https://arquivomunicipal3.cm-lisboa.pt/xarqdigitalizacaocontent/Imagem.aspx?ID=2863591&Mode=M&Linha=1&Coluna=1>, acessado em 2 de abril de 2021.
- Pavel Junek, Dana Potuznikova, Tomás Hellmuth, Lubomir Pisa, I. K. (2010). *NÍZKOFREKVEN Č NÍ HLUK Z VENKOVNÍ PRODUKCE HUDBY A JEHO VLIV NA ZDRAVÍ EFFECTS OF LOW FREQUENCY NOISE FROM OPEN AIR MUSIC FESTIVALS ON UNCONCERNED PEOPLE IN THE SURROUNDING AREAS*. 11–17.
- Pew Research Center. (2021). *Mobile phone ownership over time*. <https://www.pewresearch.org/internet/fact-sheet/mobile/>
- Piličić, S., Kegalj, I., Tserga, E., Milošević, T., Žigulić, R., Skoblar, A., e Traven, L. (2020). Influence of meteorological conditions on noise dispersion in the Port of Thessaloniki. *Noise Mapping*, 7(1), 135–145. <https://doi.org/10.1515/noise-2020-0012>
- Portal acústica. (2021). *Conceitos básicos da acústica – PARTE II*. Portal acústica, <http://portalacustica.info/conceitos-basicos-da-acustica-parte-ii/>, acessado em 12 de dezembro de 2021.
- Portal do Porto de Lisboa. (2020). *Acessibilidades*. <https://www.portodelisboa.pt/acessibilidades>
- Portal do Porto de Lisboa. (2021). *Acessibilidades*. <https://www.portodelisboa.pt/acessibilidades>
- Roberts et al. (2016). Improving the Accuracy of Smart Devices to Measure Noise Exposure. *J Occup Environ Hyg.*, 13, 840–846. <https://doi.org/doi:10.1080/15459624.2016.1183014>.
- Santander, A., Aspuru, I., e Fernandez, P. (2018). *OPS Master Plan for Spanish Ports Project . Study of potential acoustic benefits of on-shore power supply at berth*. 2887–2894.
- Santos, R. N. dos. (2016). *Reconversão de Zonas Portuárias para Uso Público | Estudo de caso: Terminal de Contentores de Alcântara, Lisboa*. Instituto Superior de Agronomia, Faculdade de Lisboa.
- Sardinha, A. (2013). *Dimensões de navios - Porte, Arqueação, Deslocamento*. Transporte Marítimo Global. https://transportemaritimoglobal.files.wordpress.com/2014/03/dimensoes-de-navios_porte-arqueacao-deslocamento1.pdf
- Schenone, C., Pittaluga, I., Borelli, D., Kamali, W., e El Moghrabi, Y. (2016). The impact of environmental noise generated from ports: Outcome of MESP project. *Noise Mapping*, 3(1), 26–36. <https://doi.org/10.1515/noise-2016-0002>
- Schenone, C., Pittaluga, I., Repetto, S., e Borelli, D. (2014). Noise pollution management in ports: A brief review and the eu MESP project experience. *21st International Congress on Sound and Vibration 2014*,

ICSV 2014, 2(September), 1364–1371. <https://doi.org/10.13140/2.1.3656.6407>

Schvarstzhaupt, C. C., Tutikian, B. F., e Nunes, M. F. de O. (2014). Análise comparativa do desempenho acústico de sistemas de fachada com esquadrias de PVC com persiana e diferentes tipos de vidros em ensaios de laboratório. *Ambiente Construído*, 14(4), 135–145. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212014000400010>

Seixas, H. M. de. (1910). *Embarcação Navio Cowrie na doca seca do estaleiro da Rocha do Conde de Óbidos*. Arquivo Fotográfico CML. <https://arquivomunicipal3.cm-lisboa.pt/xarqdigitalizacaocontent/Imagem.aspx?ID=2103249&Mode=M&Linha=1&Coluna=1>

Serpanos, Y. C., Schoepflin, J. R., Cox, S. R., e Davis, D. (2021). The Accuracy of Smartphone Sound Level Meter Applications (SLMAs) in Measuring Sound Levels in Clinical Rooms. *Journal of the American Academy of Audiology*, 32(1), 27–34. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1719137>

Sotagus. (2021). *Movimentos dos veículos no cais e navios em porto*.

Statcounter. (2022). *GlobalStats*. www.statcounter.com, acessado em 4 de março de 2022.

Trozzi, C., e Vaccaro, R. (2000). Environmental impact of port activities. *Second International Conference PORTS 2000 Maritime Engineering and Ports*, 9(September 2000), 151–161.

UNCTAD. (2020). *REVIEW OF MARITIME TRANSPORT 2019*. [https://unctad.org/en/Pages/Publications/Review-of-Maritime-Transport-\(Series\).aspx](https://unctad.org/en/Pages/Publications/Review-of-Maritime-Transport-(Series).aspx)

Valadas, B.; Leite, M. (2004). *O ruído e a cidade*. Instituto do Ambiente.

WHO. (2018). WHO environmental noise guidelines for the European Region. In *Euronoise 2015*.

WHO e JRC. (2011). World Health Organization. Regional Office for Europe. (2011). Burden of disease from environmental noise: quantification of healthy life years lost in Europe. World Health Organization. Regional Office for Europe. <https://apps.who.int/iris/handle/10665>.

WPSP. (2021). *Port of Kristiansand – Shore power supply for cruise ships*. <https://sustainableworldports.org/project/port-of-kristiansand-shore-power-supply-for-cruise-ships/>

ANEXOS

ANEXO I - Dados da primeira campanha

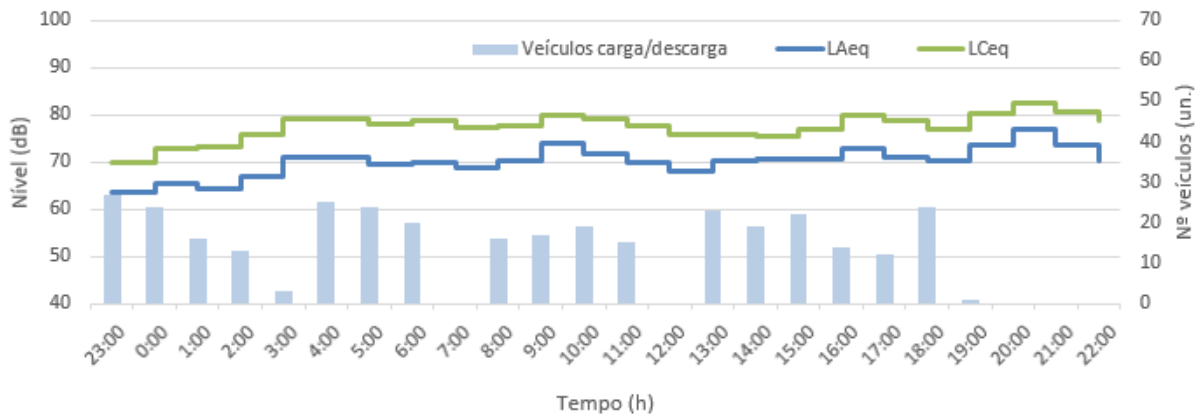


Figura 81 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 10/12/2020 (5ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.

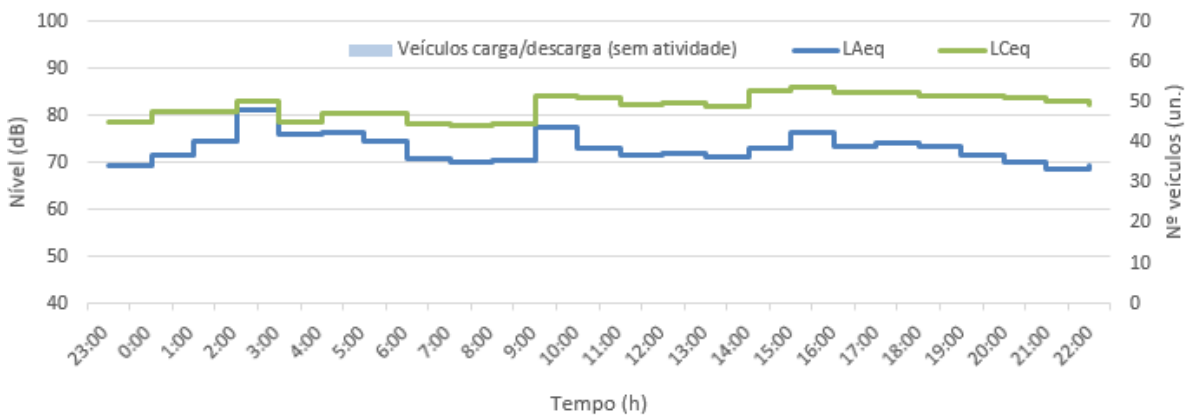


Figura 82 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 11/12/2020 (6ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.

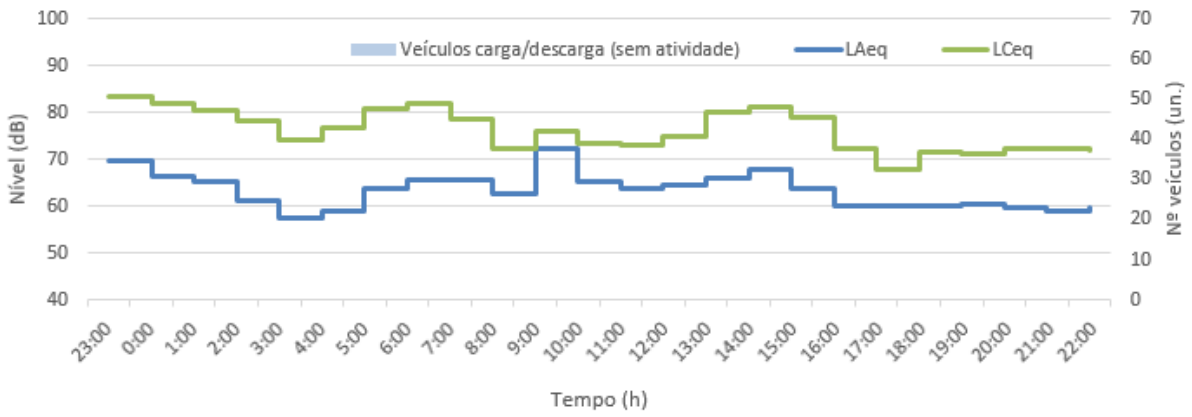


Figura 83 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 12/12/2020 (sábado) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.

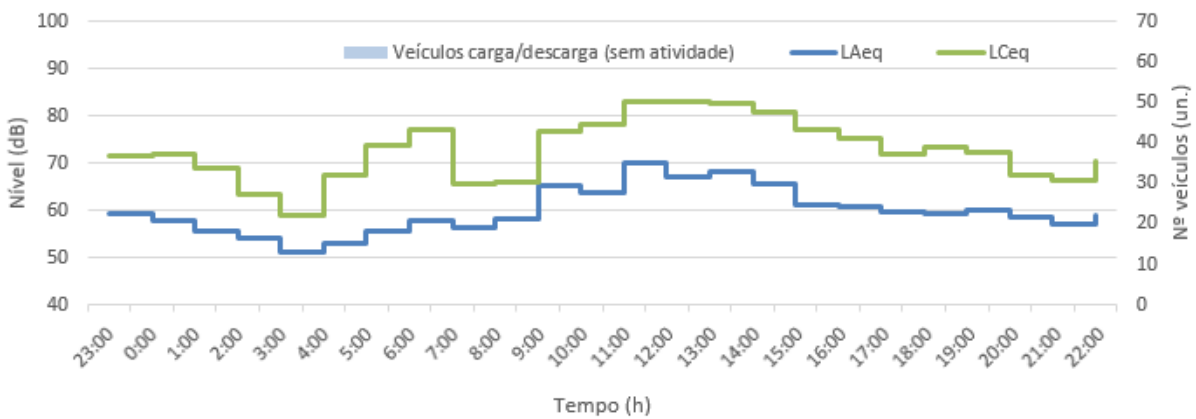


Figura 84 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 13/12/2020 (domingo) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.

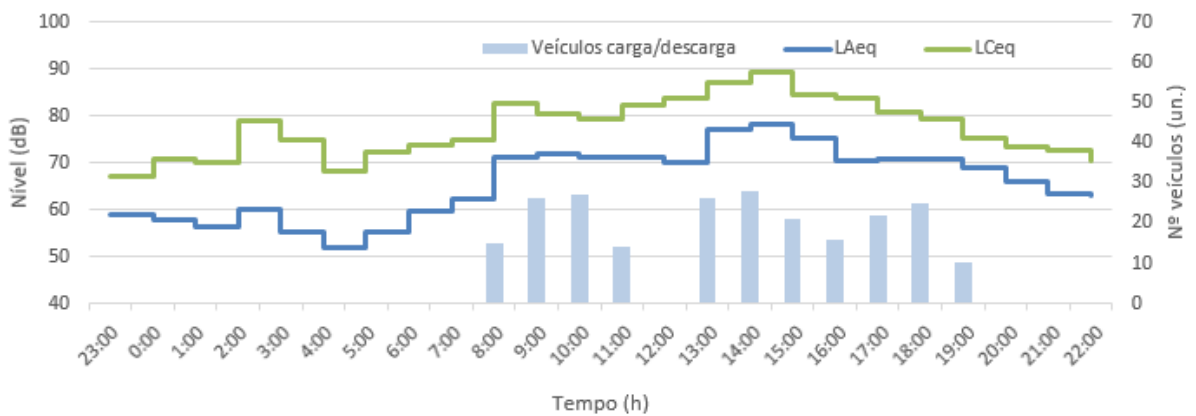


Figura 85 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 14/12/2020 (2ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.

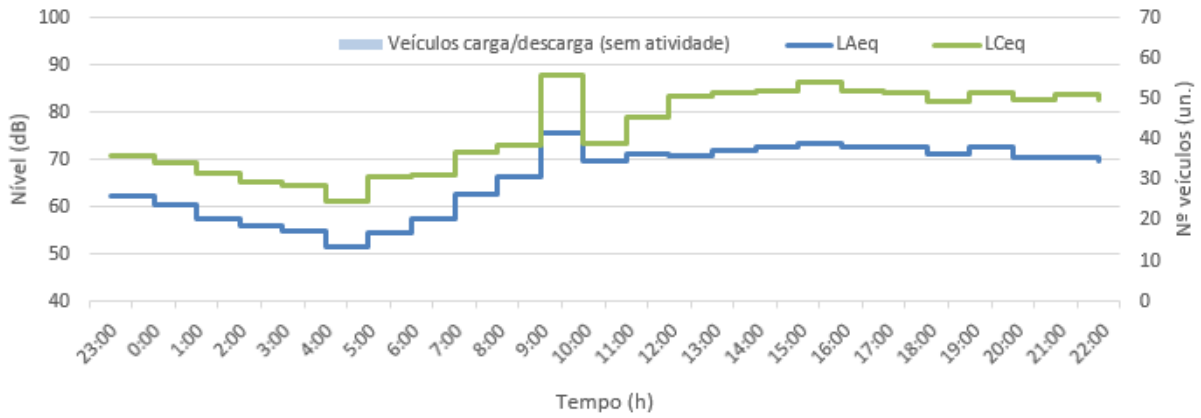


Figura 86 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 15/12/2020 (3ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.

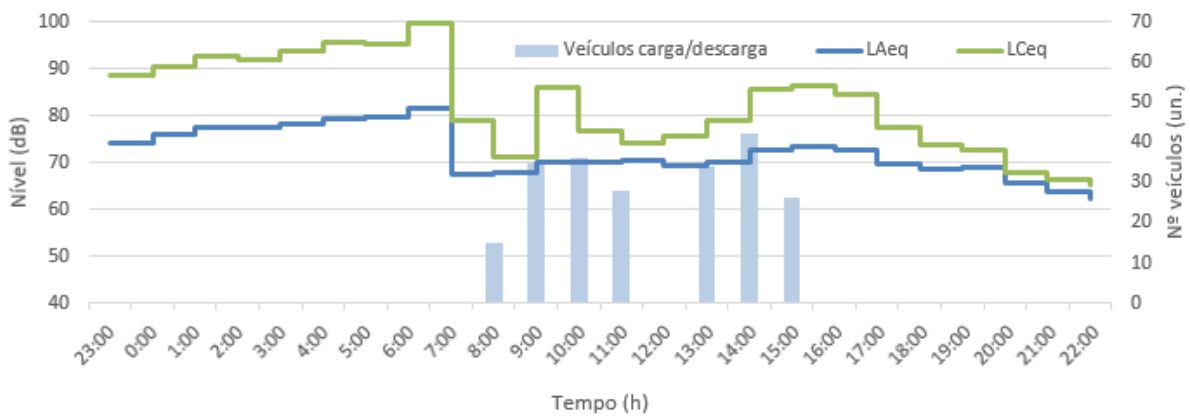


Figura 87 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 16/12/2020 (4ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.

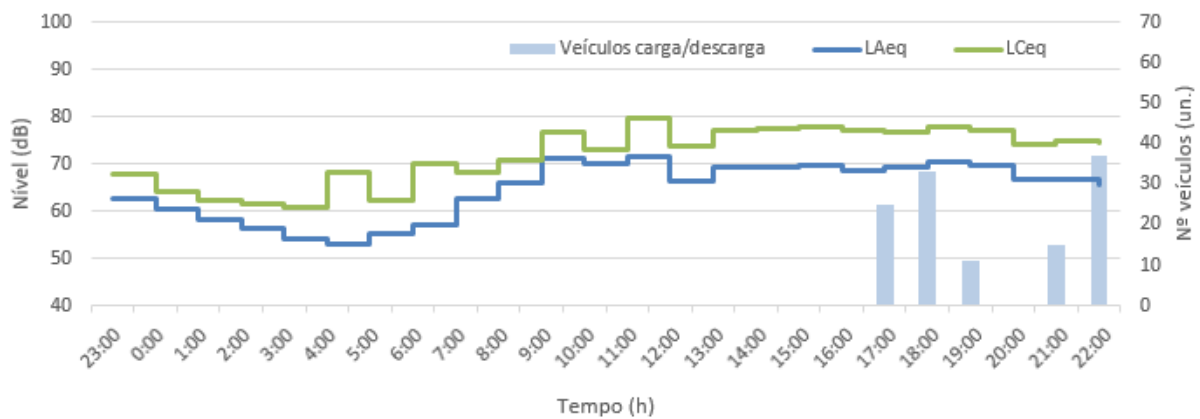


Figura 88 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 17/12/2020 (5ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.

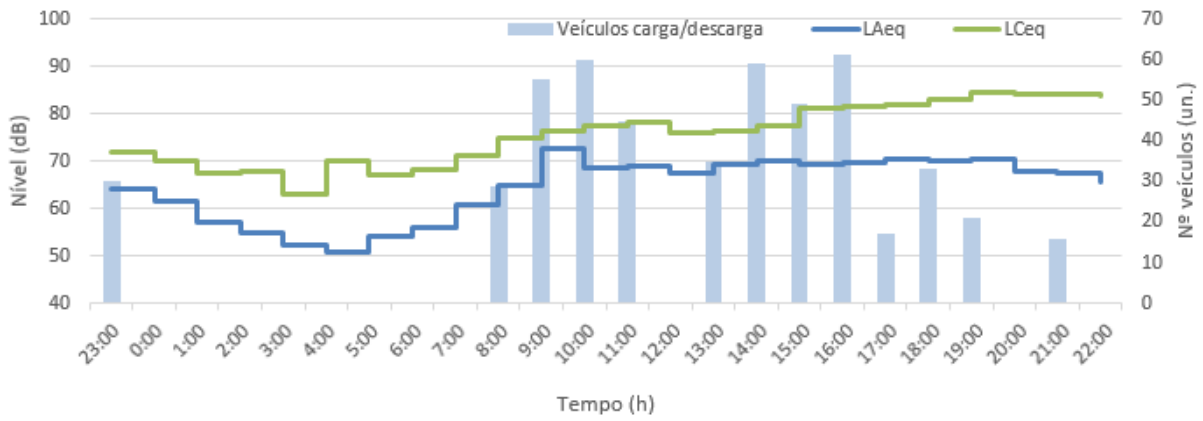


Figura 89 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 18/12/2020 (6ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.

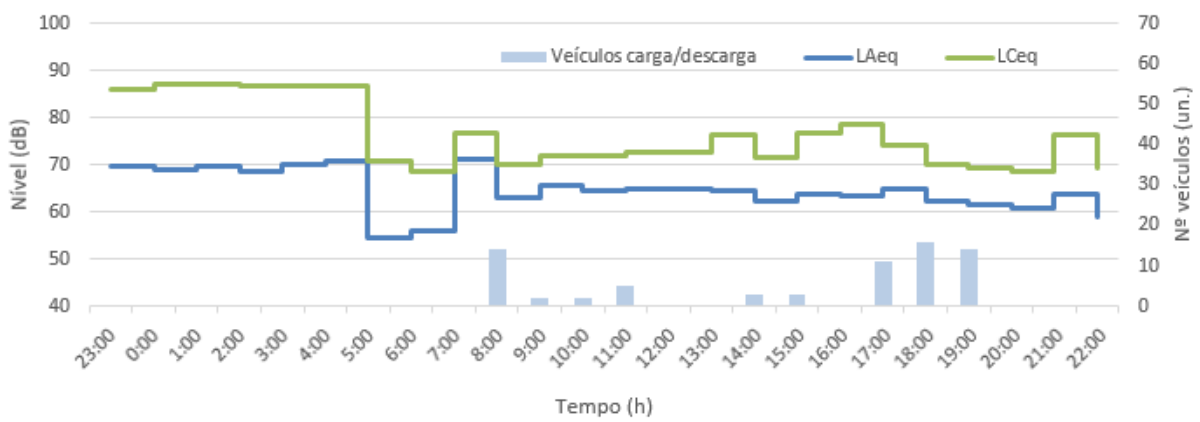


Figura 90 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 19/12/2020 (sábado) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.

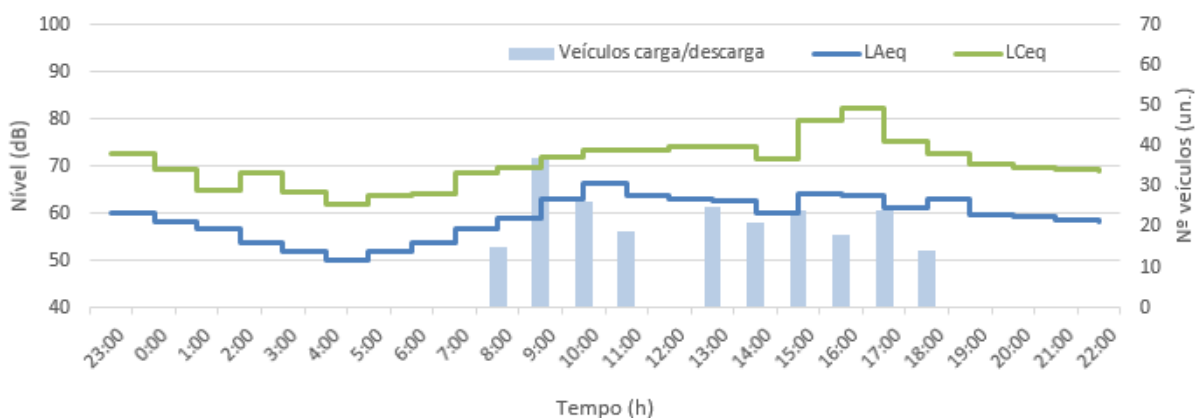


Figura 91 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 20/12/2020 (domingo) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.

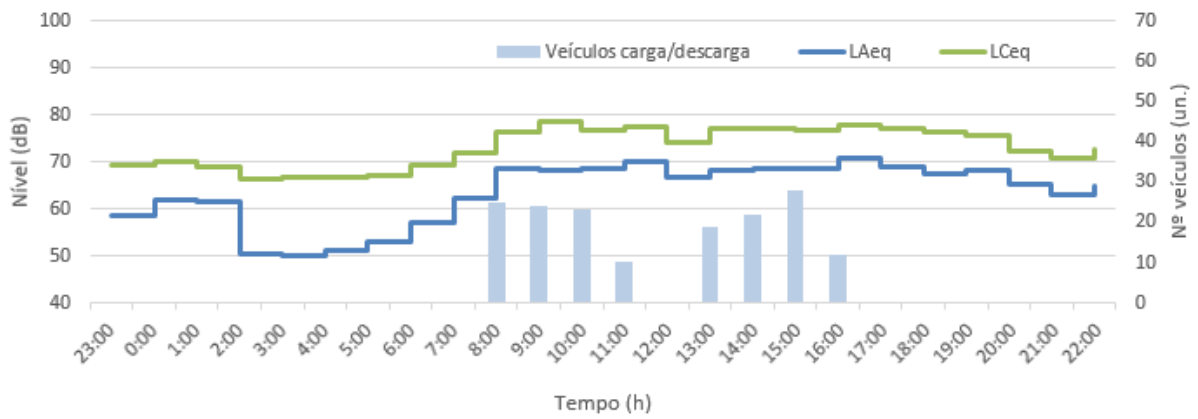


Figura 92 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 21/12/2020 (2ª) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.

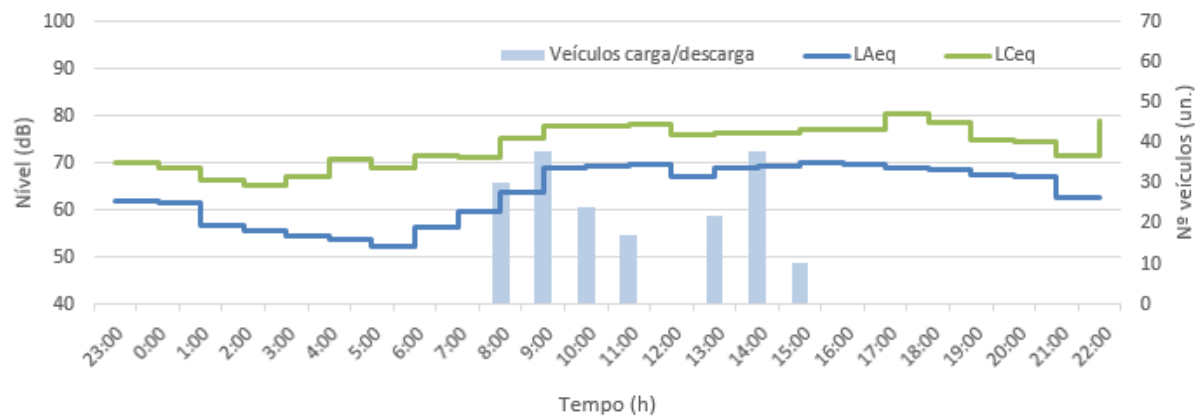


Figura 93 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados no dia 22/12/2020 (3ª) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.

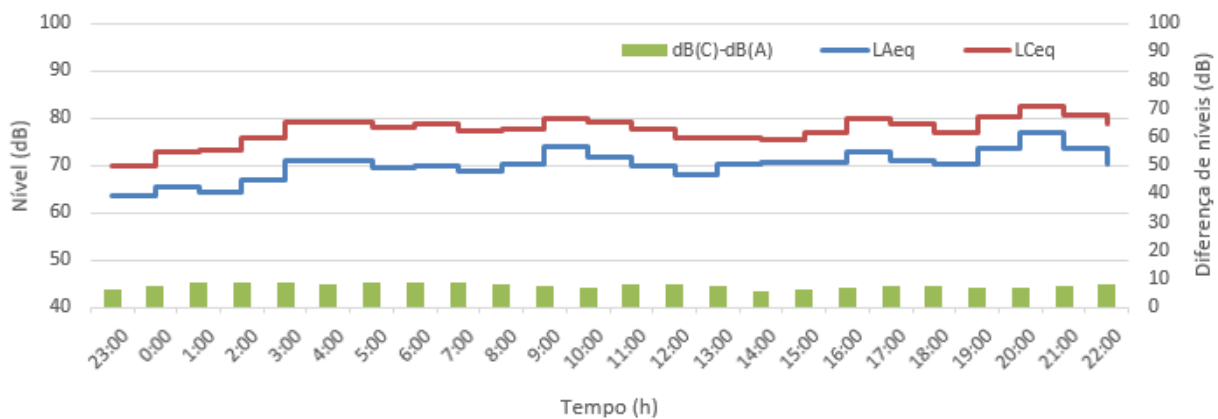


Figura 94 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 10/12/2020 (5ª) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.

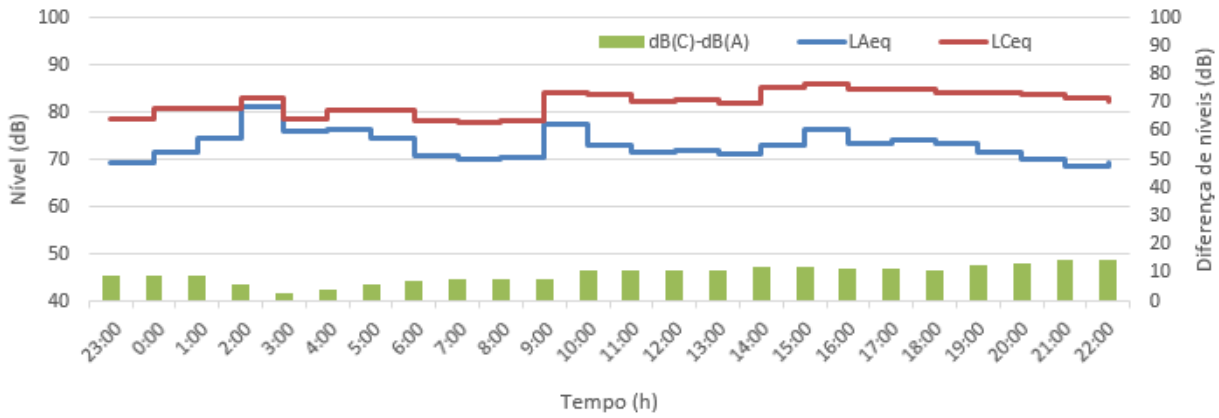


Figura 95 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 11/12/2020 (6^{af}) – 1^a campanha de monitorização de som no PLx.

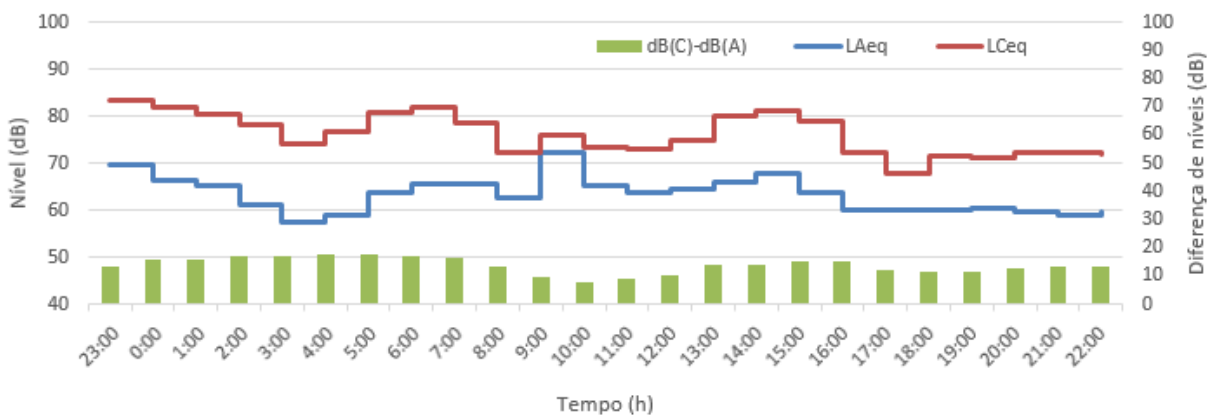


Figura 96 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 12/12/2020 (sábado) – 1^a campanha de monitorização de som no PLx.

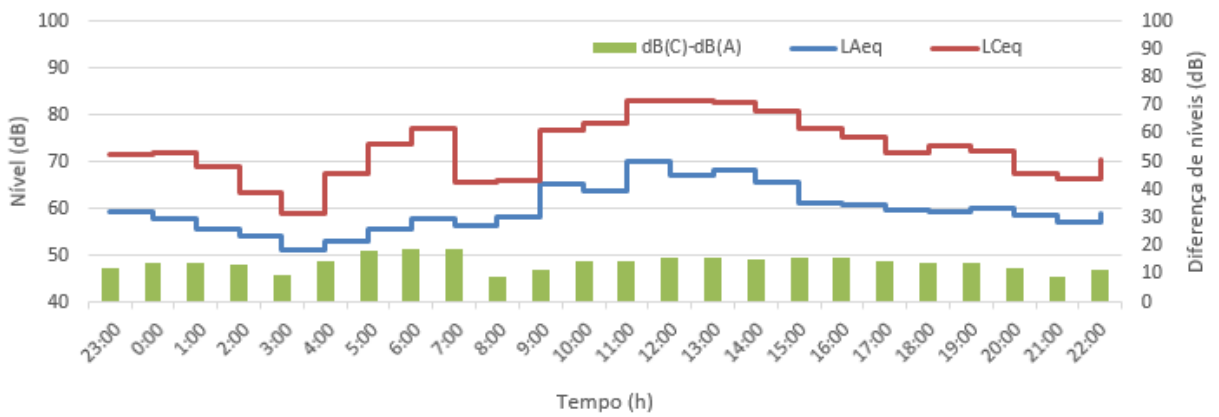


Figura 97 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 13/12/2020 (domingo) – 1^a campanha de monitorização de som no PLx.

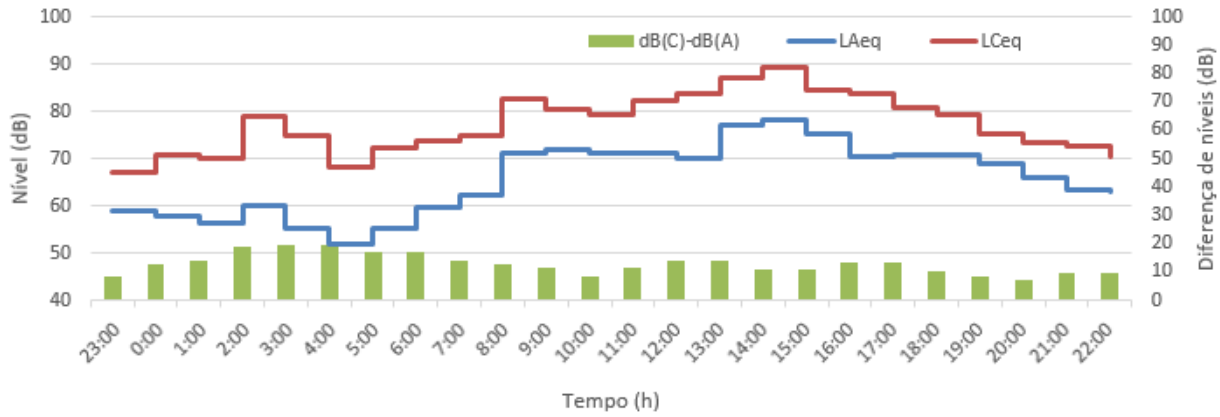


Figura 98 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 14/12/2020 (2ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLX.

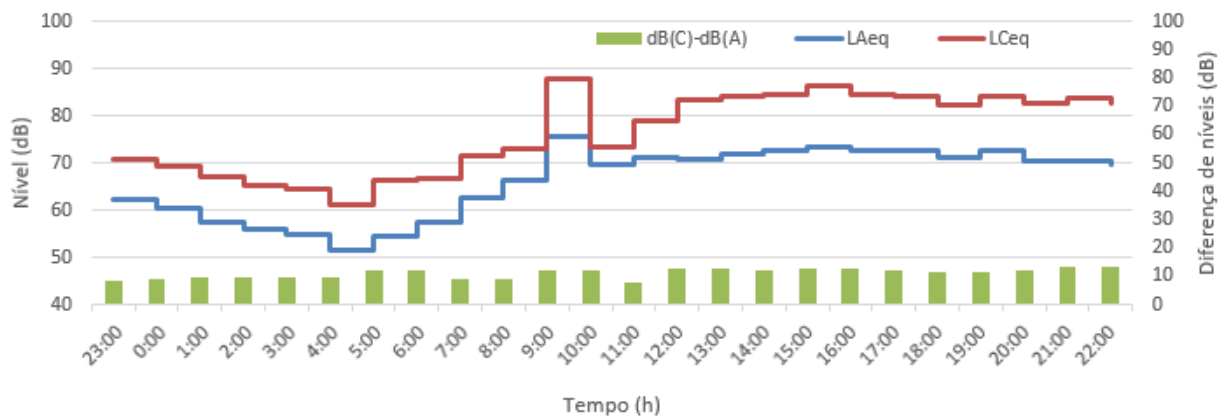


Figura 99 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 15/12/2020 (3ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLX.

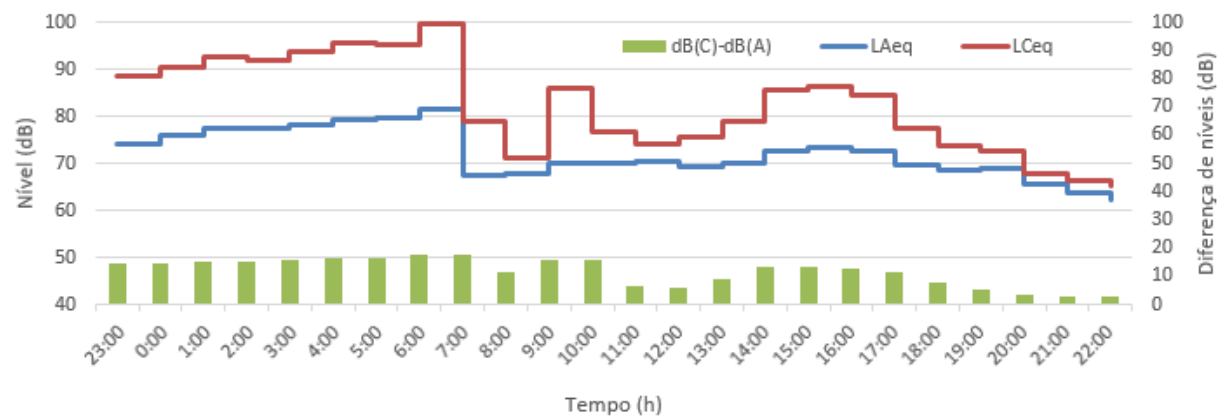


Figura 100 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 16/12/2020 (4ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLX.

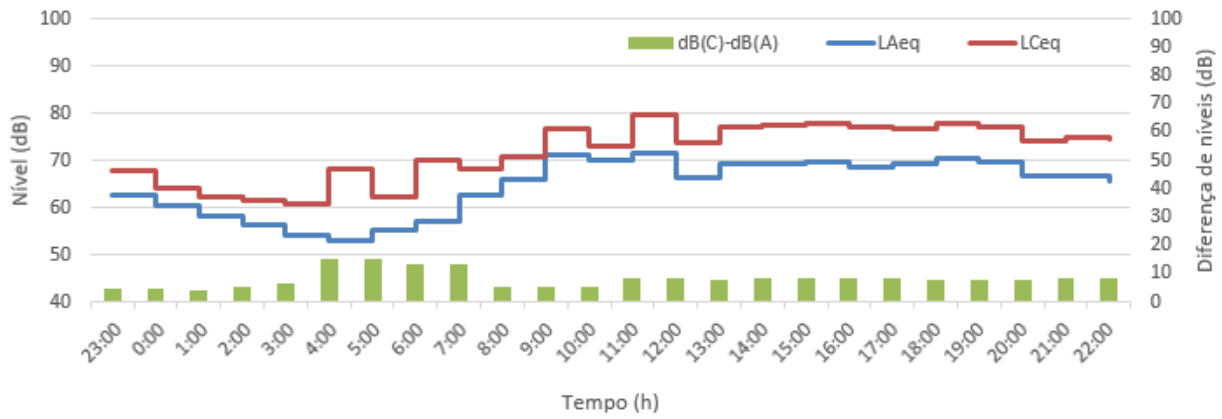


Figura 101 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 17/12/2020 (5ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLX.

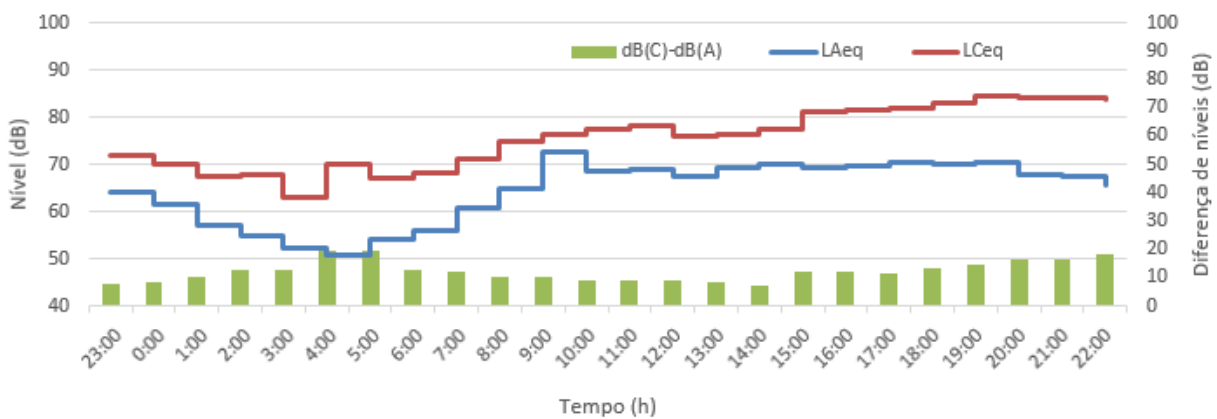


Figura 102 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 18/12/2020 (6ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLX.

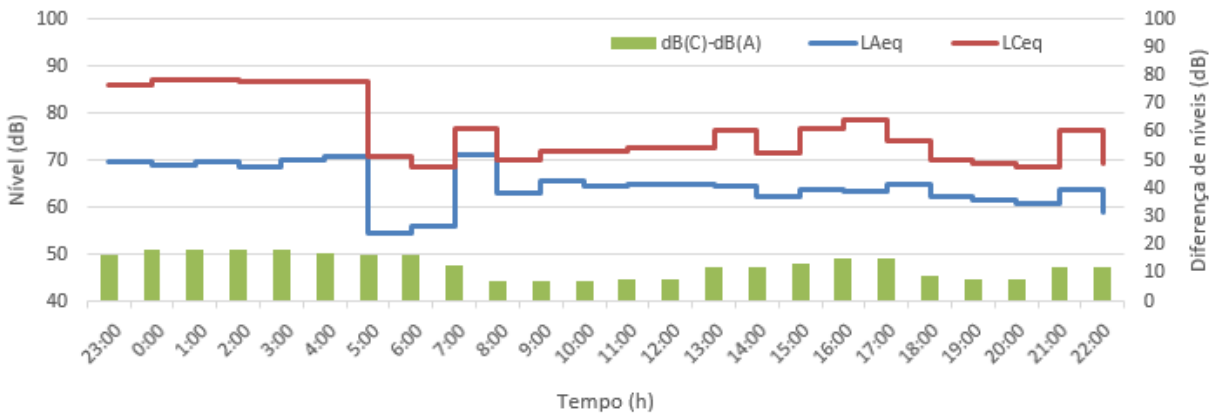


Figura 103 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 19/12/2020 (sábado) – 1ª campanha de monitorização de som no PLX.

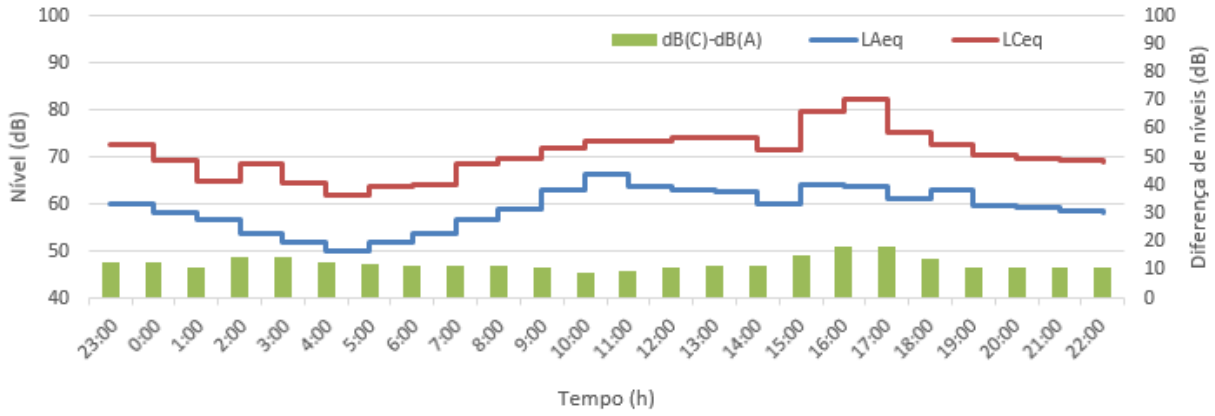


Figura 104 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 20/12/2020 (domingo) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.

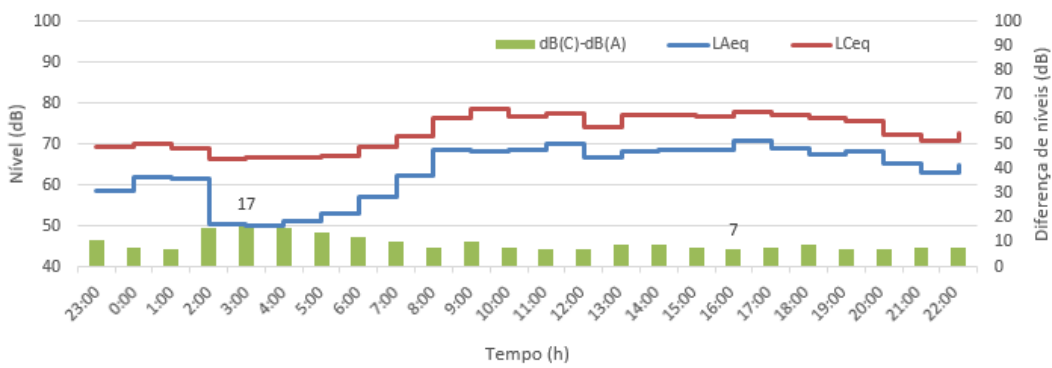


Figura 105 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 21/12/2020 (2ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.

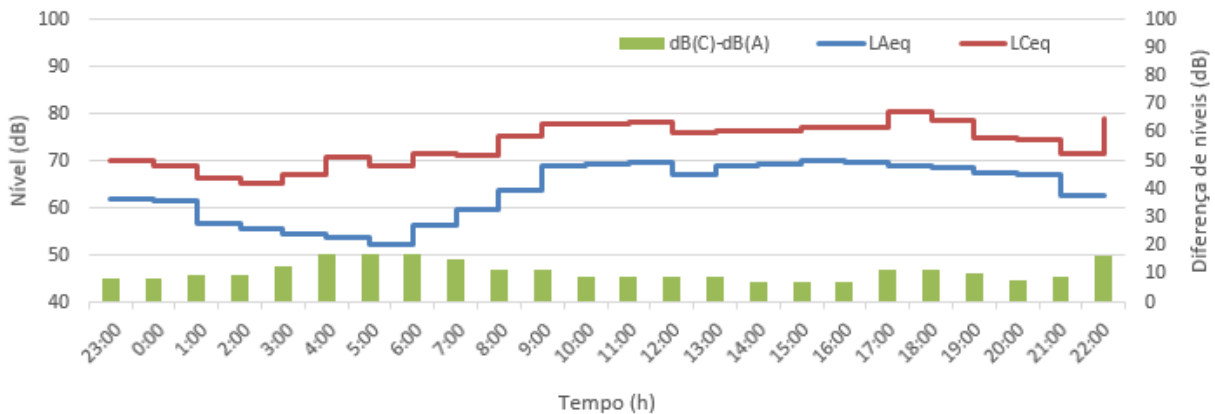


Figura 106 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 22/12/2020 (3ªf) – 1ª campanha de monitorização de som no PLx.

ANEXO II - Dados da segunda campanha

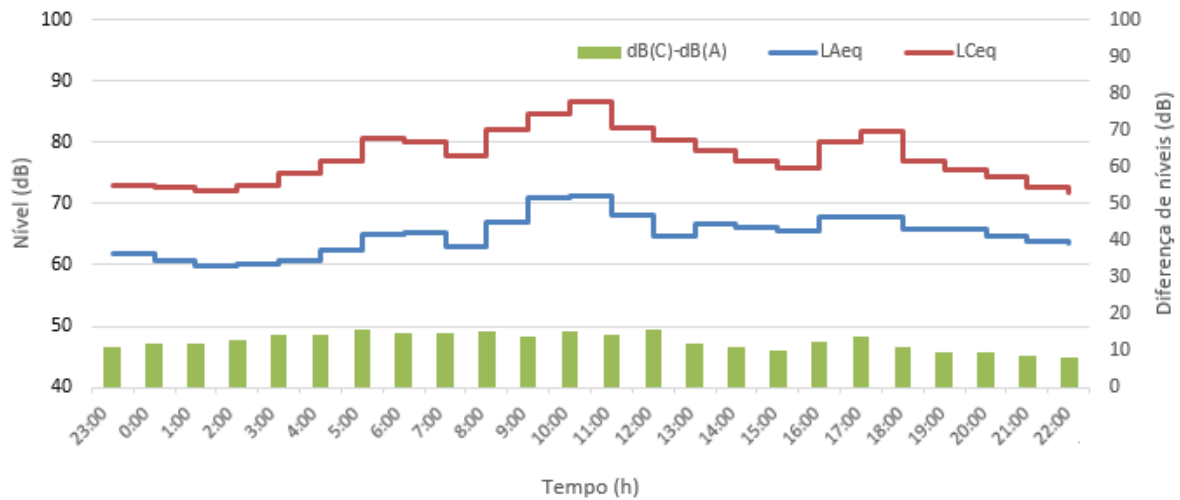


Figura 107 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 18/11/2021 (5ªf) – 2ª campanha de monitorização de som no PLX.

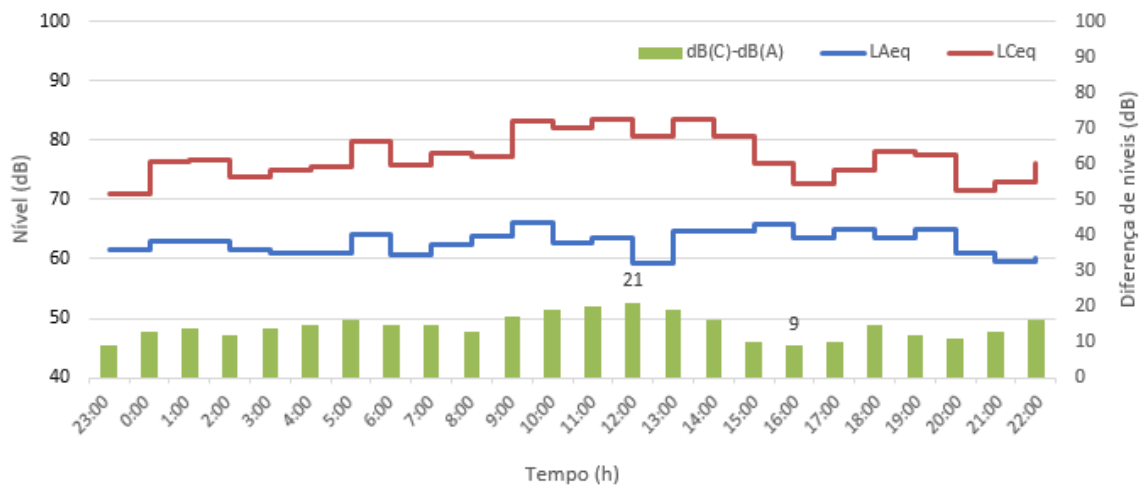


Figura 108 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 19/11/2021 (6ªf) – 2ª campanha de monitorização de som no PLX.

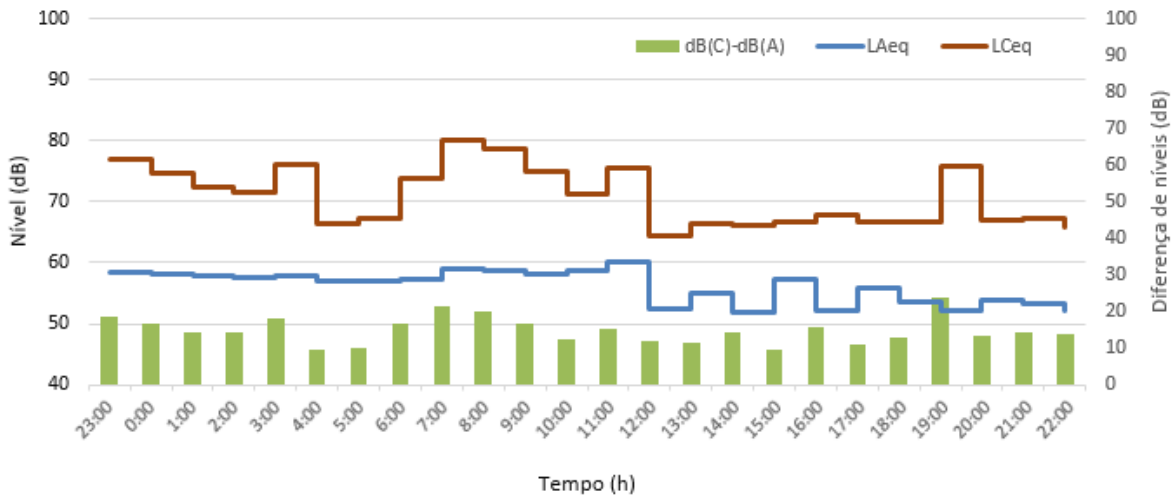


Figura 109 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 20/11/2021 (sábado) – 2ª campanha de monitorização de som no PLX.

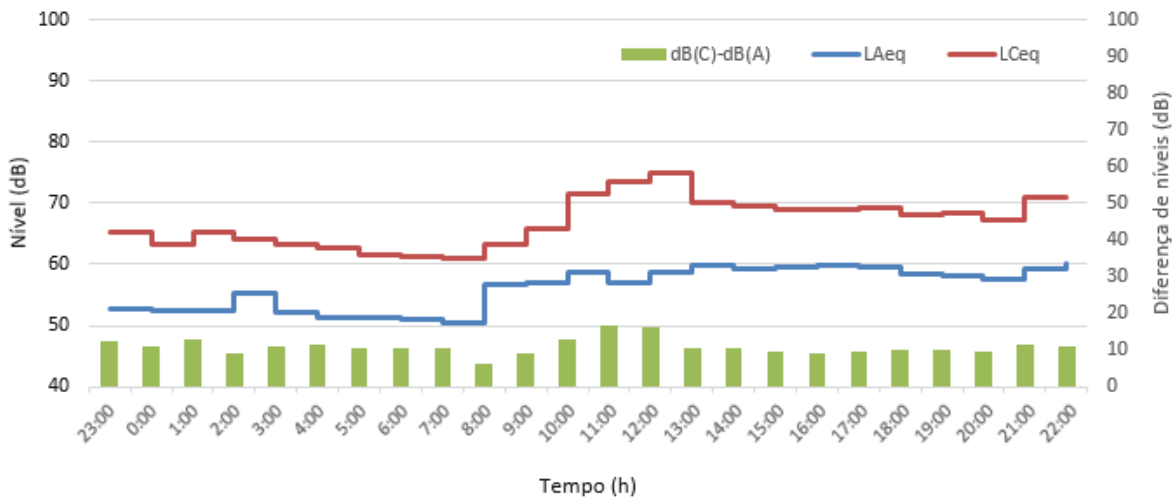


Figura 110 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 21/11/2021 (domingo) – 2ª campanha de monitorização de som no PLX.

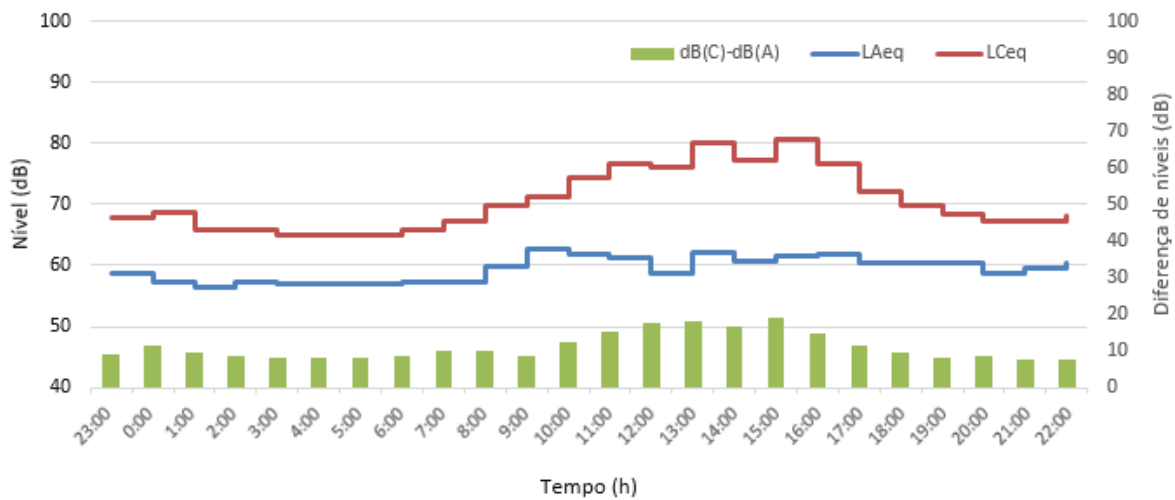


Figura 111 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 22/11/2021 (2ªf) – 2ª campanha de monitorização de som no PLX.

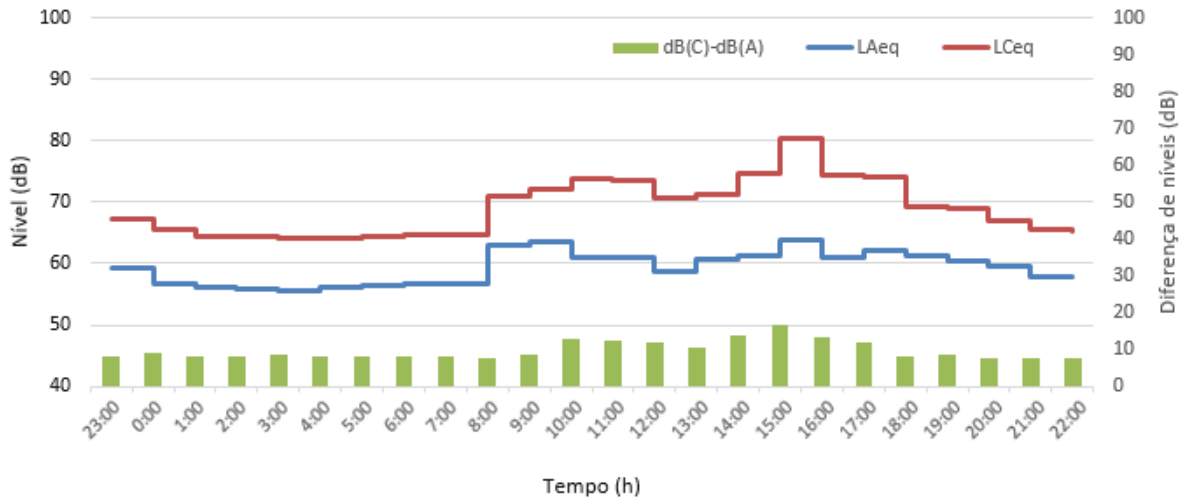


Figura 112 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 23/11/2021 (3ªf) – 2ª campanha de monitorização de som no PLx.

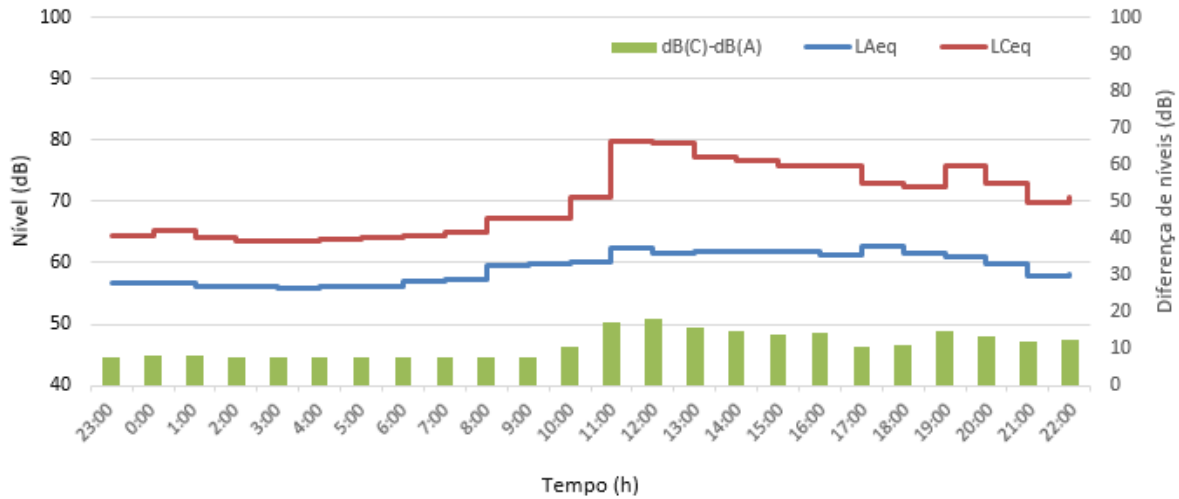


Figura 113 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 24/11/2021 (4ªf) – 2ª campanha de monitorização de som no PLx.

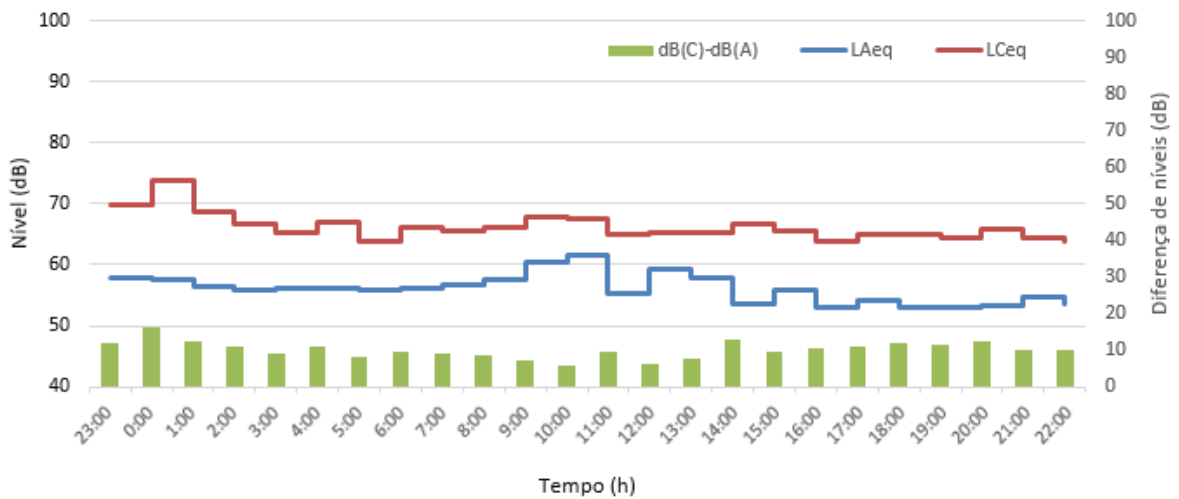


Figura 114 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 25/11/2021 (5ªf) – 2ª campanha de monitorização de som no PLx.

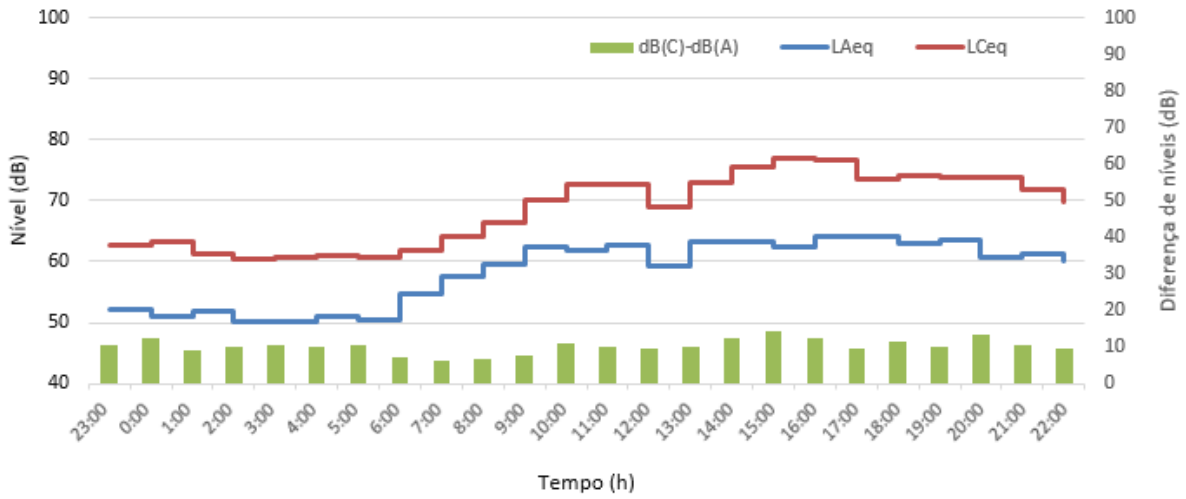


Figura 115 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 26/11/2021 (6ªf) – 2ª campanha de monitorização de som no PLx.

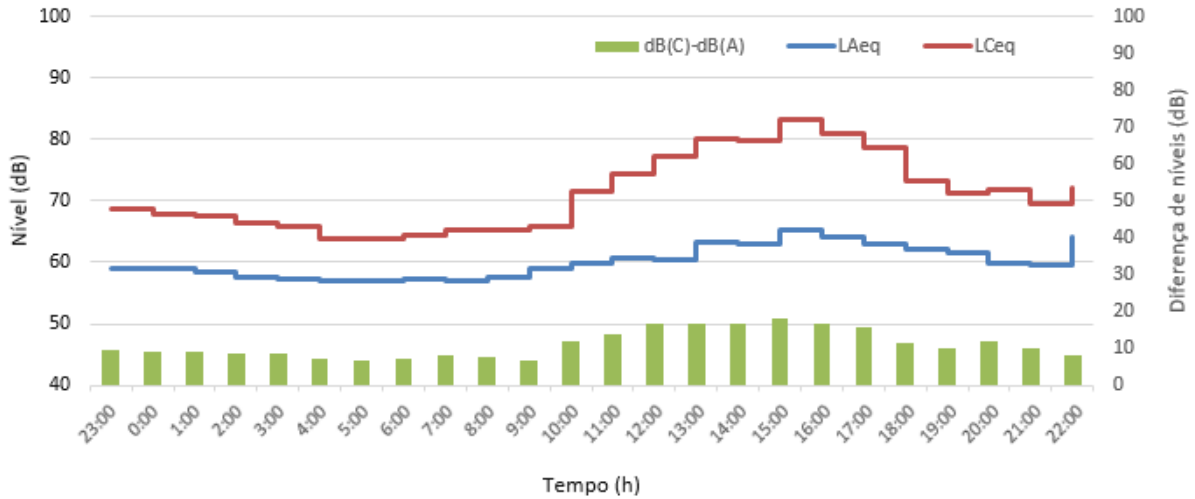


Figura 116 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 27/11/2021 (sábado) – 2ª campanha de monitorização de som no PLx.

ANEXO III - Dados da terceira campanha

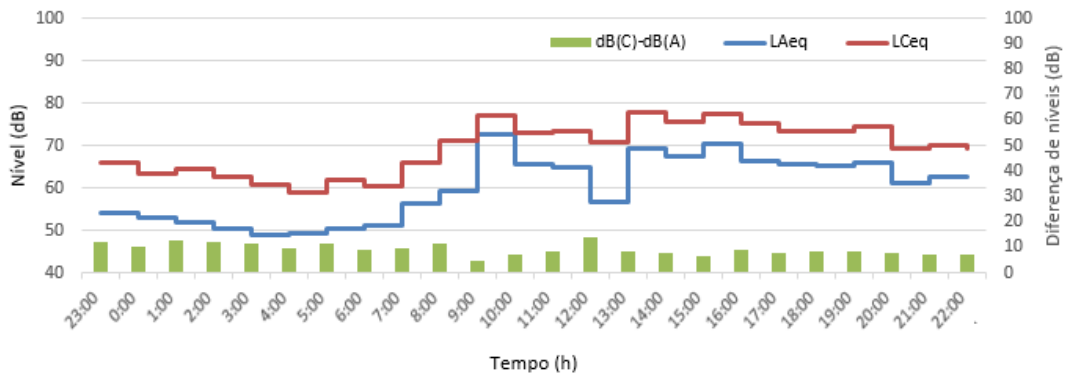


Figura 117 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 29/11/2021 (2ªf) – 3ª campanha de monitorização de som no PLx.

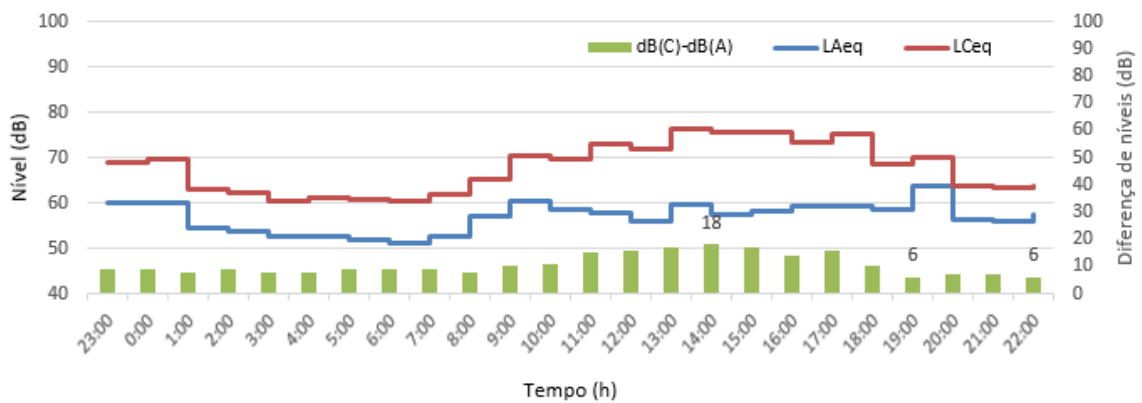


Figura 118 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 30/11/2021 (3ªf) – 3ª campanha de monitorização de som no PLx.

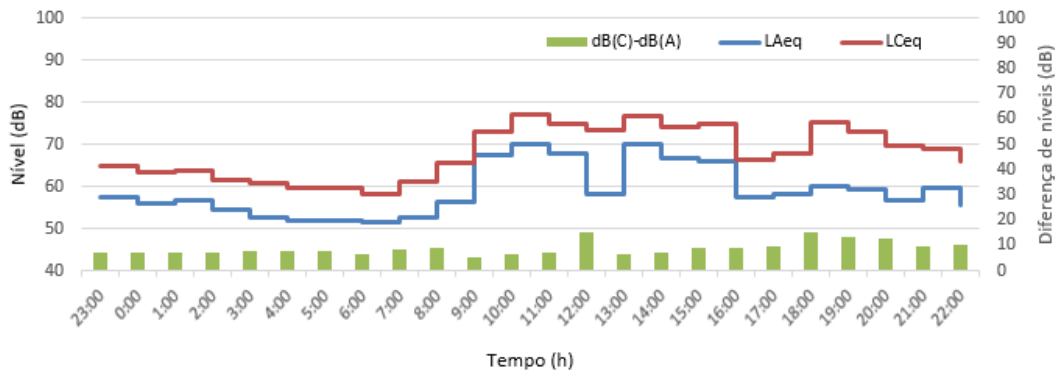


Figura 119 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 1/12/2021 (4^{af}) – 3^a campanha de monitorização de som no PLx.

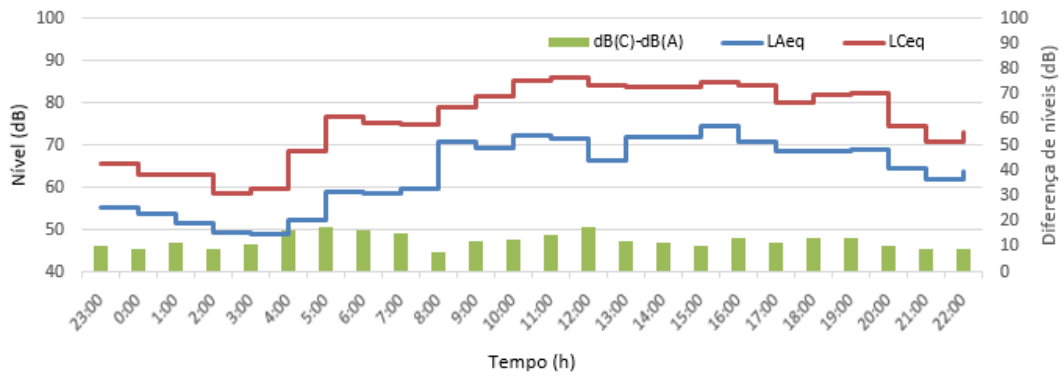


Figura 120 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 2/12/2021 (5^{af}) – 3^a campanha de monitorização de som no PLx.

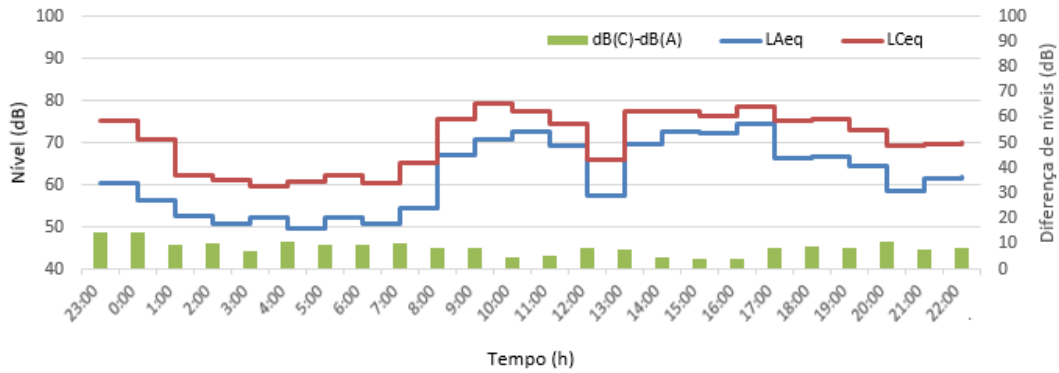


Figura 121 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 3/12/2021 (6^{af}) – 3^a campanha de monitorização de som no PLx.

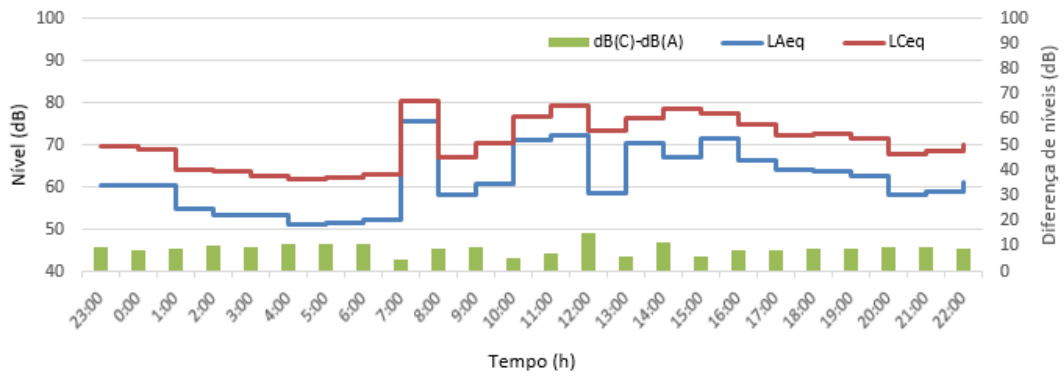


Figura 122 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 4/12/2021 (sábado) – 3ª campanha de monitorização de som no PLx.

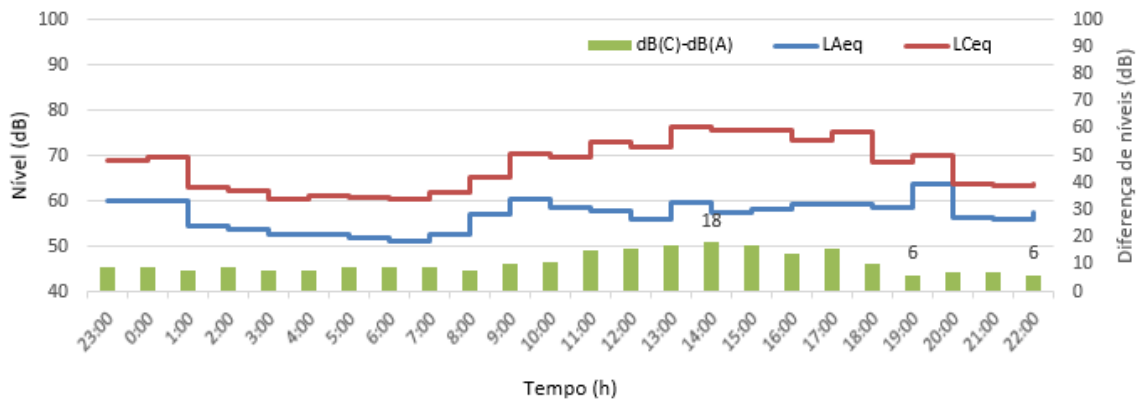


Figura 123 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A), dB(C) e respetiva diferença dia 5/12/2021 (domingo) – 3ª campanha de monitorização de som no PLx.

ANEXO IV - Dados dos valores limite de exposição

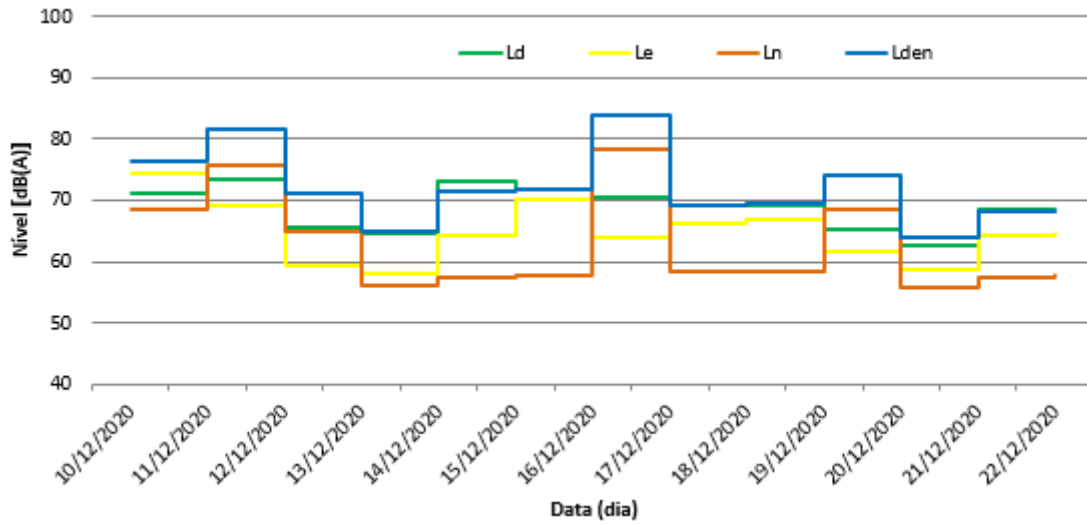


Figura 124 – Valores de L_d, L_e, L_n e L_{den} para os dias da primeira campanha.

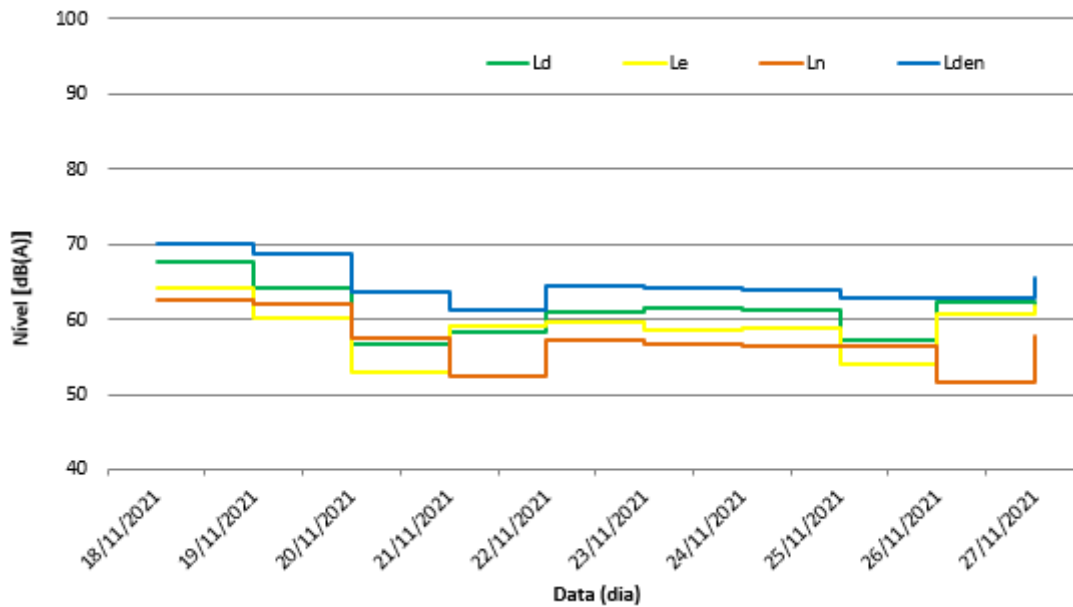


Figura 125 – Valores de L_d, L_e, L_n e L_{den} para os dias da segunda campanha.

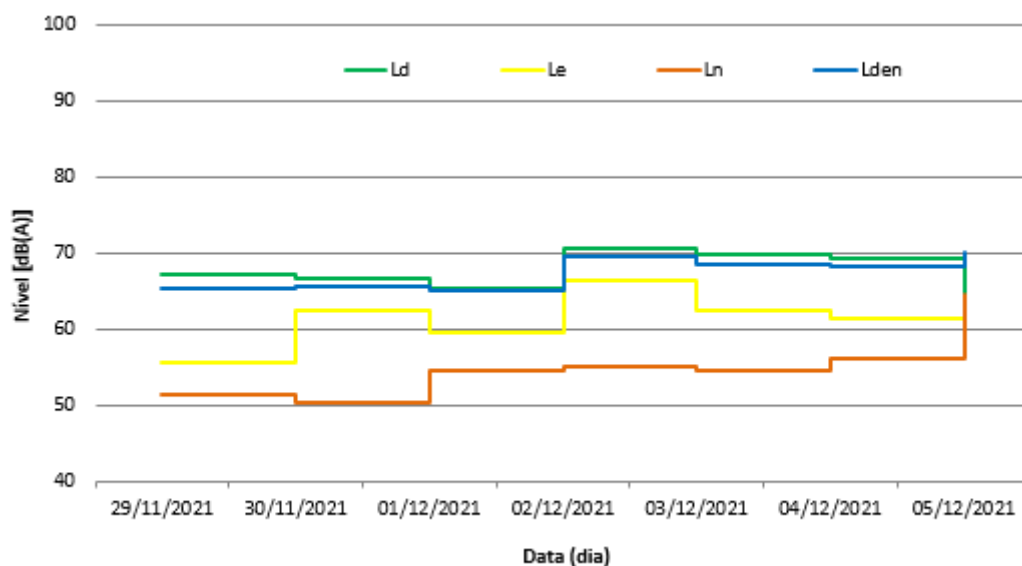


Figura 126 – Valores de L_d, L_e, L_n e L_{den} para os dias da terceira campanha.