

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(Organizadores)

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias



Atena
Editora
Ano 2022

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(Organizadores)

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Engenharias: criação e repasse de tecnologias

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia: criação e repasse de tecnologias /
Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João
Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0039-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.394222803>

1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz
(Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

Na sociedade atual, onde cada vez mais se necessita de informações rápidas e eficientes, o repasse de tecnologias é uma das formas mais eficazes de se obter novas tendências mundiais. Neste cenário destaca-se as engenharias, as quais são um dos principais pilares para o setor empresarial. Analisar os campos de atuação, bem como pontos de inserção e melhoria dessa área é de grande importância, buscando desenvolver novos métodos e ferramentas para melhoria contínua de processos.

Estudar temas relacionados a engenharia é de grande importância, pois desta maneira pode-se aprimorar os conceitos e aplicar os mesmos de maneira mais eficaz. O aumento no interesse se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral. Além disso a busca pela otimização no desenvolvimento de projetos, leva cada vez mais a simulação de processos, buscando uma redução de custos e de tempo.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de engenharia, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Boa leitura.

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ESTUDO DE NOVAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS PARA AS HABITAÇÕES RIBEIRINHAS NO MUNICÍPIO DE AQUIDAUANA – MS

Vitória Barros de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228031>

CAPÍTULO 2..... 7

ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE INFILTRAÇÃO ASSOCIADAS AO SISTEMA CONVENCIONAL DE DRENAGEM DE ÁGUA PLUVIAL EM UM LOTEAMENTO DA CIDADE DE CATALÃO-GO

Eliane Aparecida Justino

Everton Vieira de Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228032>

CAPÍTULO 3..... 22

ANÁLISE ESTRUTURAL EM FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS CONSIDERANDO A INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Davidson de Oliveira França Júnior

Michele Martins Arruda

Jéssica Ferreira Borges

Paola Mundim de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228033>

CAPÍTULO 4..... 41

ONDE O EDIFÍCIO E A CIDADE SE ENCONTRAM: CONEXÕES NA ORLA DE MACEIÓ-AL

Morgana Maria Pitta Duarte Cavalcante

Matheus Santana Correia

Luanne de Andrade Brandão

Sarah Pace

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228034>

CAPÍTULO 5..... 55

GESTÃO DE OBRAS RESIDENCIAIS EM CONDOMÍNIO DE CASAS: ESTUDO DE CASO

Maria Aridenise Macena Fontenelle

Érica Karine Filgueira Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228035>

CAPÍTULO 6..... 63

AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DA SENSACÃO DE CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTE EXTERNO UNIVERSITÁRIO

Betty Clara Barraza de La Cruz

Lilian dos Santos Fontes Pereira Bracarense

Fernanda Martins Milhomem

Isabela Maciel Macedo
Laís Carolina dos Santos Mota
Eduardo Castro Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228036>

CAPÍTULO 7..... 76

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DO CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS DE UM PAINEL PRÉ-MOLDADO

Aline Islia Almeida de Sousa
Adeildo Cabral da Silva
João Paulo Sousa Costa de Miranda Guedes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228037>

CAPÍTULO 8..... 92

ESTUDO COMPARATIVO DE METODOLOGIAS PARA A DETERMINAÇÃO DE ²²⁶Ra E ²²⁸Ra EM AMOSTRAS SÓLIDAS AMBIENTAIS

Aluísio de Souza Reis Júnior
Geraldo Frederico Kastner
Renata Dias Abreu Chaves
Roberto Pellacani Guedes Monteiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228038>

CAPÍTULO 9..... 99

ANÁLISE POR ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA, MÉTODO K₀, NA DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS QUÍMICOS EM GRÃOS DE MILHO

Wellington Ferrari da Silva
Renata Priscila de Oliveira Paula
Dayse Menezes Dayrell

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228039>

CAPÍTULO 10..... 108

DATA SCIENCE PARA MULTI-PREVISÃO: APLICADO A PROTEÇÃO DE FURTO DO TRANSPORTE DUTOVIÁRIO DE PETRÓLEO E DERIVADOS

Renivan Costa da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280310>

CAPÍTULO 11 126

DYNAMIC FUZZY COGNITIVE MAPS DEVELOPMENT TECHNIQUE INSPIRED IN ANT COLONY OPTIMIZATIONS, SWARM ROBOTICS, AND SUBSUNCTION ARCHITECTURE

Márcio Mendonça
Marta Rúbia Pereira dos Santos
Fábio Rodrigo Milanez
Wagner Fontes Godoy
Marco Antônio Ferreira Finocchio
Carlos Renato Alves de Oliveira
Mario Suzuki Junior
Ricardo Breganon

Francisco de Assis Scannavino Junior
Lucas Botoni de Souza
Michele Eliza Casagrande Rocha
Vicente de Lima Góngora

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280311>

CAPÍTULO 12..... 140

PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DISTRIBUÍDA DE UM BANCO DE TRANSFORMADORES REGULADORES USANDO A NORMA IEC 61499

Marcos Fonseca Mendes
Bruna Pletikoszits Andrade Parcianello

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280312>

CAPÍTULO 13..... 155

ANTENA DE MICROFITA COM *PATCH* EM ESPIRAL DE ARQUIMEDES *DUAL-BAND* EM 2,45 GHZ E 5,8 GHZ

Rafael Alex Vieira do Vale
Idalmir de Souza Queiroz Júnior
Humberto Dionísio de Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280313>

CAPÍTULO 14..... 167

REDUÇÃO DE CAPEX E OPEX COM A GESTÃO INTEGRADA DO INVENTÁRIO DE TELECOMUNICAÇÕES

Eduardo Camargo Langrafe
Cristiano Henrique Ferraz
Eduardo Vasconcelos Lopes Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280314>

CAPÍTULO 15..... 179

APLICAÇÃO DE ÁRVORES DE DECISÃO EM UM BANDO DE DADOS PARA LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM MEDIDORES INTELIGENTES

Marcel Ayres de Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280315>

CAPÍTULO 16..... 195

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO USO DE LÂMPADAS UV-C EM SERPENTINAS DE RESFRIAMENTO

Andressa Paes Pereira
Alexandre Fernandes Santos
Ariel Dov Ber Gandelman
Eliandro Barbosa de Aguiar
Heraldo José Lopes de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280316>

CAPÍTULO 17.....203

KILOMETRAJE RECORRIDO, DESGASTE DE RUEDAS Y FRENOS EN BOGÍES DE TRANSMISIÓN Y REMOLQUE EN TRENES ELÉCTRICOS

Gustavo David Valera Mendoza

Gianni Michael Zelada García

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280317>

CAPÍTULO 18.....219

NOVAS METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÕES ACÚSTICAS – INFRASSONS E RUÍDO DE BAIXA FREQUÊNCIA

Huub H.C. Bakker

Mariana Alves-Pereira

Richard Mann

Rachel Summers

Philip Dickinson

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280318>

CAPÍTULO 19.....234

PROPAGAÇÃO DE ONDAS EM UM CRISTAL FONÔNICO COM DEFEITOS

Hélio Vitor Cantanhede da Silva

Hudson Douglas Silva Morais

Edson Jansen Pedrosa de Miranda Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280319>

CAPÍTULO 20.....242

OBTENÇÃO DE VARIÁVEIS TÉRMICAS DE SOLIDIFICAÇÃO E ANÁLISE DE MICROESTRUTURA DA LIGA DE ALPACA 2 C/ Pb

Márcio Valério Rodrigues de Mattos

Rogério Teram

Maurício Silva Nascimento

Vinicius Torres dos Santos

Marcio Rodrigues da Silva

Antonio Augusto Couto

Givanildo Alves dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280320>

CAPÍTULO 21.....256

SÍNTESE DE FILMES DE ÓXIDO DE ZINCO DOPADOS COM NANOPARTÍCULAS DE PRATA APLICADOS EM SENSORES DE GÁS

Luana Martins de Carvalho

César Renato Foschini

Kléper Rocha

Carlos Eduardo Cava

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280321>

CAPÍTULO 22.....	270
THERMAL ANNEALING EFFECTS ON SOL-GEL SYNTHESIZED Cu_2O NANOPARTICLES	
Angela Alidia Bernal Cárdenas	
José Pedro Mansueto Serbena	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280322	
CAPÍTULO 23.....	276
GESTÃO ESTRATÉGICA DAS TECNOLOGIAS COGNITIVAS: UMA PESQUISA EXPLORATÓRIA NA ÁREA DA SAÚDE	
Gerson Tolentino Galvão Leite Andrade	
Getúlio Kazue Akabane	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280323	
CAPÍTULO 24.....	301
CARACTERIZAÇÃO DO DESIGN COMO FACILITADOR DA INOVAÇÃO RADICAL	
Ruth Matovelle Villamar	
Manuel Lecuona Lopez	
Adriana Gonzalez Hernández	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280324	
CAPÍTULO 25.....	314
BANDEIRA TÊXTIL DA TECIDOTECA: ANÁLISE POR DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E ALONGAMENTO DO TECIDO JEANSWEAR	
Ronaldo Salvador Vasques	
Fabrício de Souza Fortunato	
Márcia Regina Paiva de Brito	
Natani Aparecida do Bem	
Elaine Regina Brito Maia	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280325	
SOBRE OS ORGANIZADORES	326
ÍNDICE REMISSIVO.....	327

NOVAS METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÕES ACÚSTICAS — INFRASSONS E RUÍDO DE BAIXA FREQUÊNCIA

Data de aceite: 01/03/2022

Huub H.C. Bakker

Universidade Massey, Palmerston North, Nova Zelândia
ORCID: 0000-0001-5393-5115

Mariana Alves-Pereira

Universidade Lusófona, Lisboa, Portugal*
ORCID: 0000-0002-3416-0630

Richard Mann

Universidade de Waterloo, Ontário, Canadá
ORCID: 0000-0001-7172-2180

Rachel Summers

Universidade Massey, Palmerston North, Nova Zelândia

Philip Dickinson

Professor Catedrático de Acústica Aposentado,
Auckland, Nova Zelândia

RESUMO: As diversas normas internacionalmente aceites para a medição do ruído não contemplam os infrassons (≤ 20 Hz) e o ruído de baixa frequência (20-100 Hz) (com a exceção da Federação Russa). A nova metodologia aqui apresentada tem sido utilizada desde 2016, maioritariamente para avaliar os ambientes acústicos em casas perto de centrais eólicas com: a) uma resolução temporal de 1-segundo em vez de médias de 10-minutos; b) uma resolução espectral de 1/36 de oitava em vez de 1/3 de oitava; e c) todos os valores dos níveis de pressão acústica em dB sem

qualquer ponderação. Desta forma, é possível identificar a assinatura acústica da turbina eólica (série harmónica de picos de elevada energia acústica) que, apesar de ocorrer a frequências inferiores aos do limiar da audição humana (≤ 10 Hz) podem, mesmo assim, desencadear uma resposta biológica.

PALAVRAS-CHAVE: Turbinas eólicas, aerogeradores, sonogramas, 1/36 de oitava, assinatura acústica, saúde pública, ruído.

NEW METHODOLOGIES FOR ACOUSTIC EVALUATIONS — INFRASOUND AND LOW FREQUENCY NOISE

ABSTRACT: The various internationally accepted standards do not address infrasound (≤ 20 Hz) and low frequency noise (20-100 Hz) (with the exception of the Russian Federation). The new methodology presented here has been in use since 2016, mostly to assess acoustic environments in homes near wind power plants, with: a) a temporal resolution of 1-second instead of 10-min averages; b) a spectral resolution of 1/36 of an octave instead of 1/3 of an octave; and c) all sound pressure levels are in unweighted dB. In this way, it is possible to identify the acoustic signature of wind turbines (harmonic sequence of elevated peaks of acoustic energy) that, although occurring at frequencies below the threshold of human hearing (≤ 10 Hz) can nevertheless trigger a biological response.

KEYWORDS: Wind turbines, sonograms, 1/36th of an octave, acoustic signature, public health, noise.

INTRODUÇÃO

A exposição a ruído nocivo é, ainda hoje, um problema não resolvido, quer em meios laborais, quer em meios ambientais. Embora se reconheça que os níveis de ruído urbanos e ocupacionais tenham diminuído bastante durante os últimos 50 anos, a exposição ao ruído continua a ser um dos principais problemas das nossas sociedades modernas, confirmado pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2011).

A perda de audição é uma das mais reconhecidas e bem estudadas consequências da exposição indevida ao ruído (KERR et al., 2017). Mas existem outras consequências biológicas, nomeadamente problemas do foro cardiovascular (DAVIES & KAMP, 2012; GAN et al., 2014; FERNANDES DE SOUZA et al., 2015; GIRARD et al., 2015; DZHAMBOV & DIMITROVA, 2016; BOLM-AUDORFF et al. 2020; WANG et al., 2021) e do foro cognitivo (BELOJEVIC, 2013; GOLMOHAMMADI et al., 2020).

Presentemente, a avaliação do ruído ambiental e ocupacional baseia-se numa premissa: “o que não se ouve, não faz mal”. Esta premissa é falsa, cientificamente indefensável e, no entanto, condiciona todas as metodologias internacionalmente aceites para a medição do ruído. Isto restringe a relevância dos parâmetros acústicos apenas ao que é ‘audível’. Consequentemente, a maior parte dos fabricantes dos equipamentos de avaliação de ruído apenas oferecem ‘sonómetros’ que permitem a recolha dos restritos parâmetros acústicos internacionalmente aceites, sem a possibilidade de alargar a gama de recolha de dados. Assim, durante décadas se vem medindo apenas uma pequena porção do ambiente acústico— a parte que se ouve— e considera-se irrelevante a restante energia acústica que possa estar presente, porque “o que não se ouve, não faz mal” (ALVES-PEREIRA 1999).

A Figura 1 mostra um exemplo de um ambiente acústico urbano, recolhido no campus da Universidade Lusófona, às 01:10, no dia 15 de agosto de 2017. Fazendo a análise dos dados recolhidos de acordo com os parâmetros internacionalmente aceites (média temporal de um segmento de 10 minutos, ponderação de frequência do tipo ‘A’, e resolução espectral em 1/3 de oitava – ver texto abaixo), visualmente se verifica que o que está a ser efetivamente avaliado é apenas uma pequena porção de todo o ambiente acústico (barras vermelhas). Toda a restante energia acústica que está presente (barras rosas) existe a níveis que são considerados irrelevantes para a saúde humana porque está abaixo do limiar de audição do ser humano — “o que não se ouve, não faz mal”.

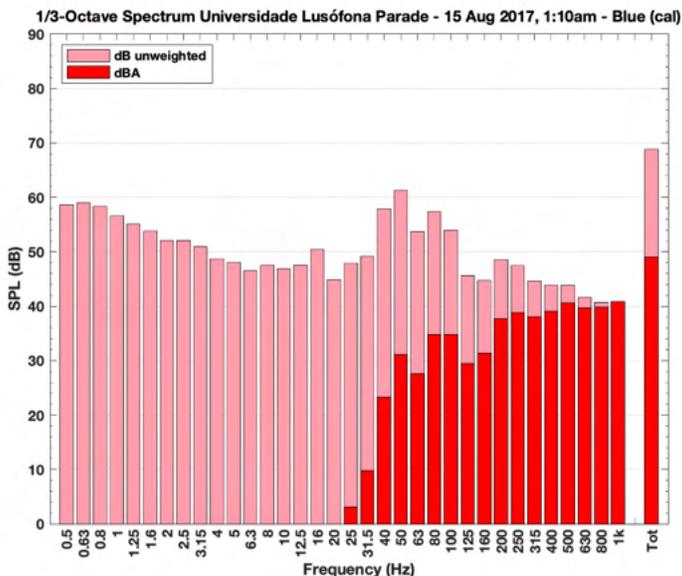


Figura 1: Ambiente acústico urbano, recolhido 15 de agosto de 2017 no campus da Universidade Lusófona no centro de Lisboa, às 01:10. Análise em 1/3 de oitava de uma média temporal de 10 minutos. As barras vermelhas indicam os valores recolhidos de acordo com a metodologia internacionalmente aceite (a parte audível, em dBA—ver texto). As barras rosas representam a energia acústica que, de facto, está presente neste ambiente (sem qualquer ponderação—ver texto).

A Figura 2 mostra o limiar da audição humana ao longo do espectro acústico, parcialmente explicando a razão de ser dos parâmetros acústicos internacionalmente aceites. Considera-se que os seres humanos ouvem na gama de frequências entre 20-20 000 Hz. Logo, exposições acústicas acima dos 20 000 Hz e abaixo dos 20 Hz são consideradas irrelevantes para a saúde humana.

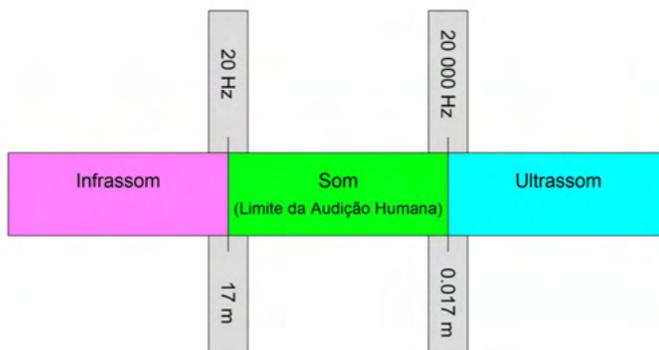
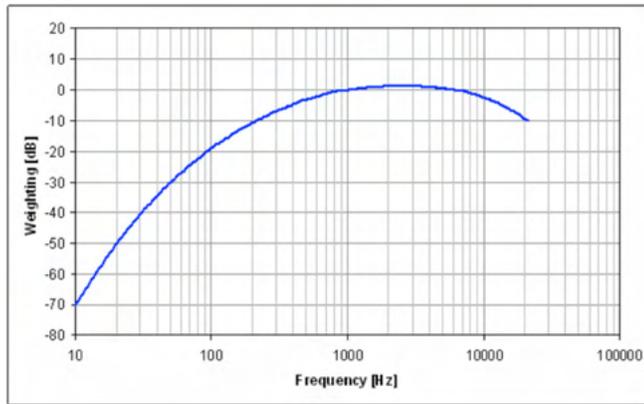
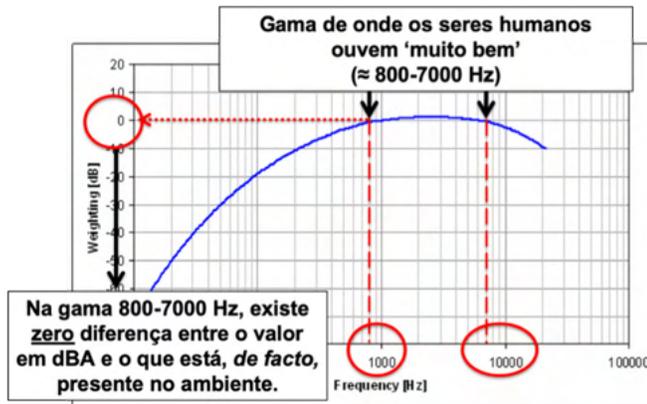


Figura 2: Segmentação do espectro acústico. Considera-se o limiar da audição humana entre 20 Hz e 20 000 Hz, correspondendo a um comprimento de onda de 17 m e 0,017 m, respetivamente.

A



B



C

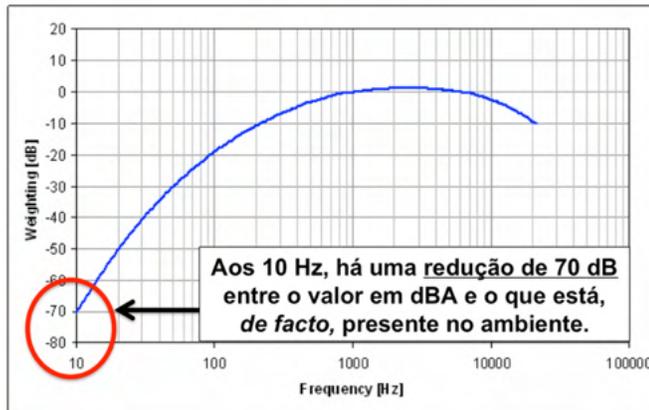


Figura 3: Curva de resposta da ponderação de frequência do tipo 'A'.

(A) Ao medir “em dBA” significa que o microfone tem um filtro que só o permite medir de acordo com o traçado da curva azul. Os valores captados pelo microfone estão restringidos a (ou limitados por) esta curva de ponderação ‘A’.

(B) Correspondência da parte retilínea da curva com a gama de frequências e

com a ponderação imposta. A metodologia do 'dBA' quantifica corretamente a energia acústica nesta gama de frequências (cerca de 800—7000 Hz): há zero ponderação nos níveis de pressão acústica medidos nesta gama. A energia acústica que está a ser avaliada corresponde à que, de facto, lá está—ponderação zero.

(C) Ponderação imposta aos 10 Hz por esta metodologia. Existe uma discrepância (erro de medição) de 70 dB entre a energia acústica medida em dBA e a energia acústica que, de facto, está presente. Ao utilizar a metodologia do dBA aos 10 Hz, o valor da medição numérica obtida não reflete a realidade física.

Mas a audição humana não é linear e existe uma janela no espectro acústico onde o ouvido humano é mais sensível ao som: 800-7000 Hz. Por exemplo, o bebé humano chora aos 3500 Hz e a surdez profissional é avaliada aos 4000 Hz.

Assim, na década de 20-30 do século passado, determinou-se a curva da audição humana (curvas de Fletcher-Munson), seleccionando esta gama de maior suscetibilidade sonora como foco para a proteção contra a exposição ao ruído ocupacional. Surge assim o parâmetro de medida – decibel com a ponderação 'A', ou, dBA (DICKINSON, 2006).

A Figura 3A mostra a curva de ponderação de frequência 'A'. Esta curva mostra que na gama dos 800—7000 Hz, a ponderação é zero (Figura 3B). Isto significa que, medindo com a ponderação 'A' nesta gama de frequências, o valor numérico obtido para a energia acústica corresponde, de facto, à quantidade que lá está. Mas, para avaliar a energia acústica presente a frequências fora desta gama, a ponderação 'A' não é apropriada. Como se salienta na Figura 3C, efetuando uma medição de energia acústica aos 10 Hz com a ponderação 'A', introduz um erro de medição de 70 dB.

A exposição a infrassons (≤ 20 Hz, ver Figura 2) e a ruído de baixa frequência (aqui considerado como sendo na gama de 20-100 Hz) pode ser nocivo à saúde humana, dependendo, essencialmente, do tempo de exposição e do recobro biológico. Este facto é reconhecido pela Federação Russa desde a década de 70 do século passado, altura a partir do qual passou a haver legislação contra infrassons naquela nação (STEPANOV, 2000). A Figura 4 reproduz os níveis permissíveis para infrassons em vigor no ano 2000.

Premise	Sound pressure levels, dB, in octaval bands of averaged geometric frequencies, Hz				General sound pressure level dB "Lin"
	2	4	8	16	
Different jobs inside industrial premises and production areas:					
- Different physical intensity jobs	100	95	90	85	100
- Different intellectual emotional tension jobs	95	90	85	80	95
Populated area	90	85	80	75	90
Living and public premises	75	70	65	60	75

Figura 4: Níveis permissíveis de exposição a infrassons, em vigor na Federação Russa no ano 2000. Salienta-se a segmentação do espectro acústico em 2, 4, 8 e 16 Hz, bem como a utilização de dB-Linear e a especificação para quatro ambientes humanos distintos: 2 ocupacionais, um ambiental e um residencial (STEPANOV, 2000).

Salientam-se vários aspetos:

- Valores em dB-Linear, isto é, sem qualquer ponderação
- Segmentação dos 'infrassons' em bandas de 2, 4, 8 e 16 Hz
- Valores diferentes para ambientes ocupacionais de grande intensidade física e para os de grande intensidade intelectual ou emocional.
- Valores diferentes para ambientes populacionais e ambientes residenciais.

Com surgimento de centrais eólicas a questão dos efeitos nocivos da exposição a infrassons tomou novos contornos: a preocupação com a saúde dos trabalhadores sujeitos a exposições ocupacionais (8 horas/dia, 5 dias/semana) agravou-se para a preocupação com a Saúde Pública, sujeita a exposições contínuas.

Durante muitos anos, a avaliação dentro de habitações localizadas perto de centrais eólicas foi efetuada com as metodologias internacionalmente aceites. A vasta maioria destas medições encontravam-se em conformidade com os valores internacionalmente aceites. Em geral, numa residência rural, os valores noturnos deverão ser cerca de ≤ 35 dBA, dependendo do país. No entanto, as pessoas vivendo nas habitações perto de centrais eólicas queixam-se de problemas de saúde e de anomalias comportamentais e orgânicas nos seus animais. Tragicamente, alguns investigadores consideram que estas famílias sofrem de patologia do foro psicossomático (CRICHTON et al., 2014).

O objetivo deste trabalho é dar a conhecer as novas metodologias de avaliação de infrassons, com resultados acústicos que podem justificar as queixas das pessoas que vivem perto de centrais de energia eólica.

MÉTODOS

Estes autores são membros do *International Acoustics Research Organization* (IARO, 2017) e trabalham em conjunto há 6 anos. Neste contexto, têm sido recolhidos dados acústicos em casas localizadas perto de centrais eólicas nos seguintes países: Alemanha, Austrália, Canadá, Dinamarca, Escócia, Eslovénia, França, Inglaterra, Irlanda, Irlanda do Norte, Nova Zelândia, Países Baixos e Portugal.

Os dados apresentados na secção dos Resultados foram recolhidos no sul da Escócia em 2020, dentro de uma casa localizada perto de várias centrais eólicas. Os microfones foram colocados no quarto do dormir, montados em tripés a cerca de 1.5 m do solo. Protetores de vento foram colocados sobre os microfones durante todo o período de aquisição de dados.

O equipamento de medição utilizado tem sido o *SAM Scribe Full Spectrum (FS) system*, modelos Mk1 (Figura 5A) e Mk2 (BAKKER et al., 2017). Os dois canais permitem a aquisição de dados em simultâneo por 2 microfones. O sistema grava com precisão as frequências acústicas na gama de 0.1–20 000 Hz, de acordo com a curva de resposta de frequência do fabricante dos microfones (PRIMO CO, Tóquio, Japão, Modelo: EM246ASS'Y) (Figura 5B). As gravações são armazenadas em ficheiros .wav (não-comprimido), em segmentos de 10-minutos. Estes ficheiros contêm meta-dados com informação da posição obtida por GPS e são digitalmente assinados.

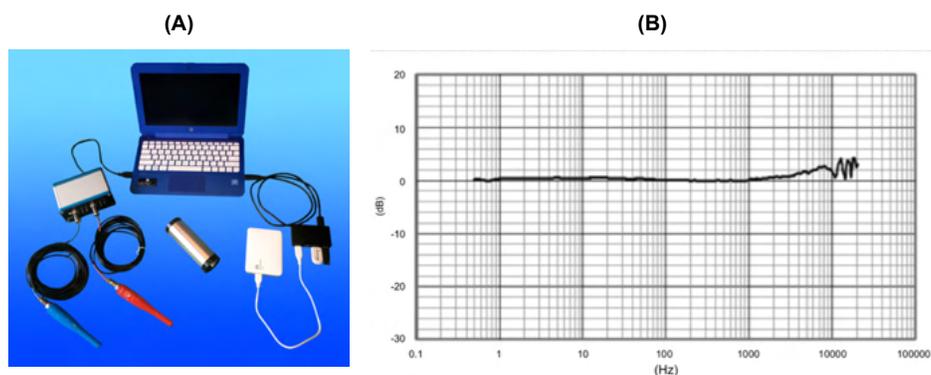


Figura 5: **(A)** Equipamento para a quantificação de infrassons e ruído de baixa frequência, SAM Scribe Full Spectrum (FS) system (Modelo Mk1) (BAKKER et al., 2017). **(B)** Curva de resposta do dB-Linear (sem ponderação) na gama de frequências de 0.5–1000 Hz. A ausência de qualquer ponderação permite a correta quantificação da energia acústica presente nesta gama de frequências (PRIME CO.).

As gravações (ficheiros .wav) foram detalhadamente analisadas na gama de frequências de 0.5 a 100 Hz. As gravações acústicas foram processadas pelo Matlab (The MathWorks, EUA), usando filtros digitais de banda estreita, em conformidade com as

normas ANSI® S1.11-2004 e IEC 61260:1995.

Os dados aqui apresentados serão sob a forma de sonogramas, abrangendo a gama de frequências de 0.5 a 1000 Hz, com uma resolução espectral de 1/36 de oitava e uma resolução temporal de 1-segundo, para cada segmento de gravação de 10-minutos. Paralelamente, os dados serão também apresentados sob a forma de periodogramas, em médias de segmentos de 10 minutos, com a identificação de tons e séries harmônicas que possam potencialmente existir nos diversos ambientes acústicos. Quer nos sonogramas, que nos periodogramas, os valores numéricos são expressos em dB sem qualquer ponderação.

As principais diferenças entre a avaliação feita pela equipa IARO e a que é feita pelos parâmetros internacionalmente aceites estão resumidas na Tabela 1, e prendem-se com a resolução temporal e espectral.

Parâmetro	Internacionalmente Aceite	IARO
<i>Resolução Temporal</i>	<i>Média de 10-minutos</i>	<i>Média de 1 segundo</i>
<i>Resolução de Frequência</i>	<i>1/3 de oitava</i>	<i>1/36 de oitava</i>
<i>Ponderação de Frequência</i>	<i>Ponderação 'A'</i>	<i>Sem qualquer ponderação</i>

Tabela 1: Comparação dos diferentes parâmetros acústicos utilizados pela equipa IARO e os que são internacionalmente aceites.

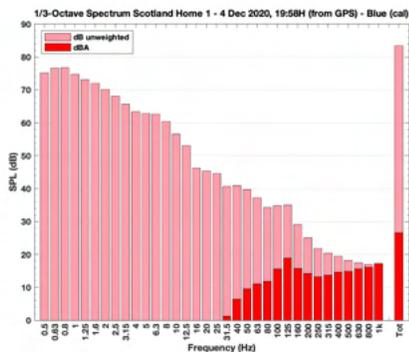
RESULTADOS

As gravações acústicas foram efetuadas continuamente entre 29 de novembro e 6 de dezembro de 2020, em segmentos de 10 minutos. Para efeitos pedagógicos, selecionaram-se dois períodos de tempo onde os ambientes acústicos podem ser contrastados: 29 de novembro, das 15:28-15:38 (velocidade e direção do vento: 15.7 m/s, 125°), e 4 de dezembro, das 19:59-20:09 (velocidade e direção do vento: 44.7 m/s, 21°) (hora GPS).

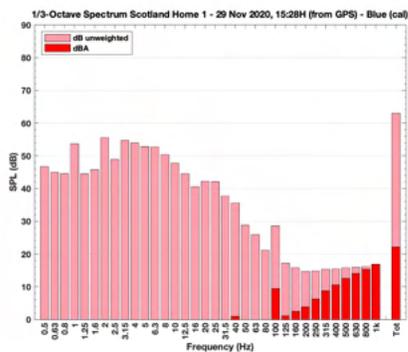
A Figura 6A e 6B mostra os resultados analisados em 1/3 de oitava, de acordo com os parâmetros internacionalmente aceites, à semelhança da Figura 1. Verifica-se que os valores em dBA (i.e., com a ponderação A) estão em conformidade com a vasta maioria das legislações, sendo inferiores a 35 dBA (barras vermelhas). As barras rosas refletem a energia acústica presente nos ambientes (sem qualquer ponderação), mas que não é avaliada pelas metodologias internacionalmente aceites (pelos motivos acima descritos). Salienta-se a ausência de diferença significativa entre estes dois ambientes em termos dos parâmetros internacionalmente aceites (barras vermelhas), sendo os valores globais de 27 dBA para o dia 4 de dezembro (Fig. 6A) e de 22 dBA (Fig. 6B) para o dia 29 de novembro.

A Figura 6C e 6D mostra os mesmos dados numéricos, mas analisados com uma maior resolução temporal e espectral. O segmento de 10 minutos é agora analisado ao longo dos 600 segundos (abscissa) e a resolução espectral é de 1/36 de oitava.

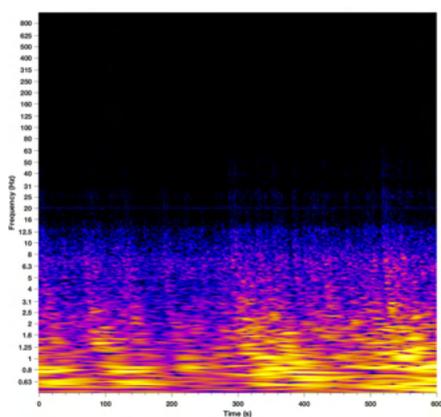
(A)



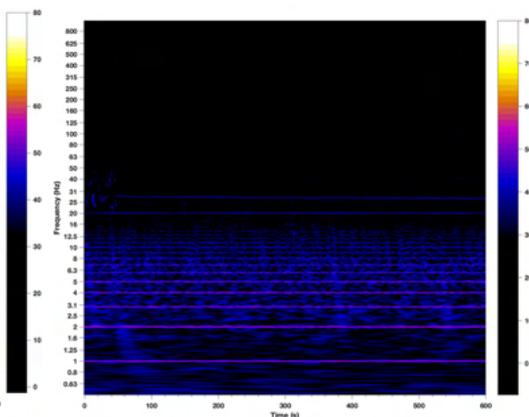
(B)



(C)



(D)



(E)



(F)

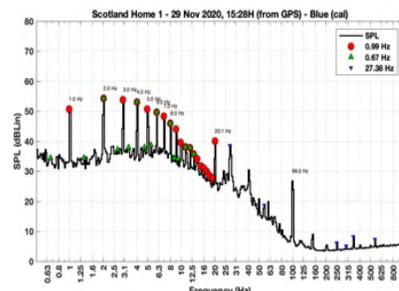


Figura 6: Comparação entre os ambientes acústicos num quarto de dormir de uma casa localizada perto de centrais eólicas na Escócia, no dia 4 de Dezembro às 19:59 e no dia 29 de Novembro, às 15:28.

(A) e (B) Análise em 1/3 de oitava de uma média temporal de 10 minutos, com a ponderação A (barras vermelhas) e sem qualquer ponderação (barras rosa).

(C) e (D) Sonogramas mostrando a variação da energia acústica ao longo de 600 segundos, com a análise espectral em 1/36 de oitava.

(E) e (F) Periodogramas da média temporal de 10-minutos, em resolução espectral de 1/36 de oitava, com as séries harmônicas assinaladas. (Ver texto.)

(ordenada). A quantidade de energia acústica presente é lida na escala de cores, em dB sem qualquer ponderação. Na Figura 6D observam-se linhas horizontais que atravessam todo o campo da imagem, e que estão ausentes na Figura 6C. Estas linhas refletem fenômenos acústicos que existem continuamente ao longo dos 10 minutos e com níveis de pressão acústica a cerca de 50 dB. Verifica-se também que estes fenômenos acústicos ocorrem a frequências infra sônicas, abaixo dos 10 Hz.

A Figura 6E e 6F mostra os correspondentes periodogramas. Na Figura 6F identificam-se picos de energia acústica e que são correspondentes às linhas horizontais observadas na Figura 6D. Na Figura 6E estes picos estão ausentes, tal como estão ausentes as linhas horizontais na Figura 6C.

A sequência de picos observada na Figura 6F (e 6D) matematicamente corresponde a uma série harmônica, onde a frequência fundamental é a frequência de passagem das pás da turbina eólica (*blade-pass frequency*), uma especificação técnica da turbina e que varia consoante o modelo e o fabricante da máquina. Neste caso específico, a frequência fundamental é de 1 Hz, seguindo-se picos a 2, 3, 4 e 5 Hz. Esta sequência de picos de energia acústica, igualmente espaçados uns dos outros em frequência, reflete um encadeamento de pulsações em intervalos de 1-segundo e chama-se a *assinatura acústica da turbina eólica*.

Para quantificar a variação da proeminência destes picos, definiu-se um parâmetro ao qual se chamou P_{harm} , i.e., a proeminência mais elevada das harmônicas. A Figura 7 mostra como o valor das proeminências foram calculadas, atribuindo-se o valor em dB para a altura dos picos acima do ruído de fundo (proeminência). Assim, foi possível classificar as proeminências da assinatura acústica da turbina eólica pelo seu tamanho, segmentando-as em divisões de 5 dB, entre 0 e 40 dB. No caso aqui apresentado (Figura 6F), a maior proeminência está a 21 dB acima do ruído de fundo, na divisão 20-25 dB.

A Figura 8 mostra o resultado da contabilização do tamanho das proeminências presentes no quarto de dormir, consoante o dia e a hora, ao longo de todo o período de medição. Na vasta maioria do tempo está presente a assinatura acústica da turbina eólica, com as proeminências dos picos de energia acústica chegando aos 20-25 dB acima do nível de ruído de fundo.

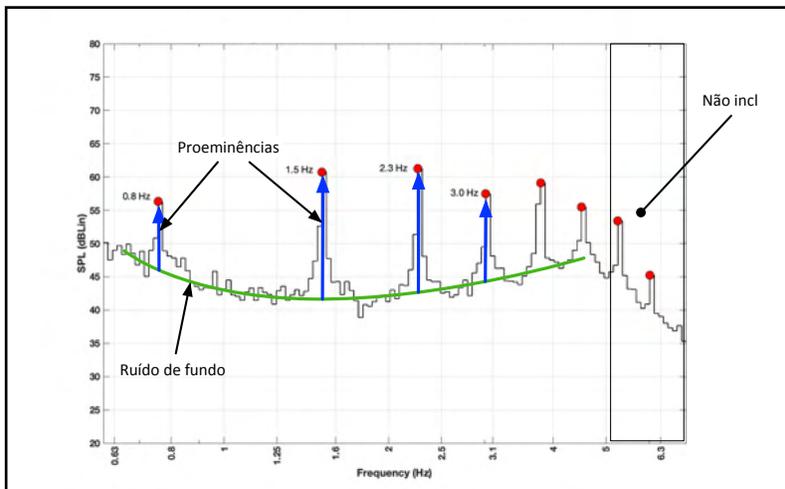


Figura 7: Nesta figura mostram-se, na gama inferior a 5 Hz, exemplos dos picos da assinatura acústica da turbina eólica (adquiridos a 29 de Julho de 2020, às 03:40, numa casa de habitação em Portugal) e que estão assinalados com círculos vermelhos. As setas azuis mostram o tamanho das proeminências (nível acima do ruído de fundo). Por exemplo, neste registo, houve uma proeminência de 10 dB aos 0.8 Hz e de 20 dB aos 1.5 Hz (ver setas indicando “Proeminências”), bem como uma de 20 dB aos 2.3 Hz e de 15 dB aos 3.0 Hz. O parâmetro P_{harm} corresponde à proeminência mais elevada num segmento de 10-min. Neste caso, o valor do P_{harm} será 20 dB.

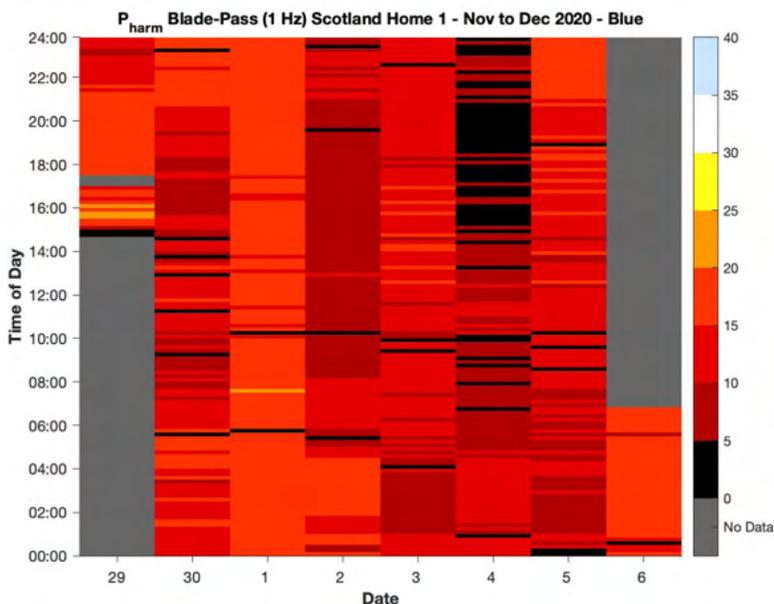


Figura 8: Variação do tamanho dos picos de energia acústica (i.e., das proeminências) observada na assinatura acústica da turbina eólica, em segmentos de 10-minutos, e ao longo de todo o período de medição de 29 de novembro a 6 de dezembro. Por exemplo, no dia 1 de dezembro, por volta das 08:00, observa-se uma barra laranja, correspondendo à existência de proeminências entre 20-25 dB acima do ruído de fundo.

DISCUSSÃO

A assinatura acústica da turbina eólica ocorre a frequências inferiores às do limiar da audição humana, segundo os conceitos clássicos. Logo, de acordo com alguns investigadores fundamentados na (falsa) premissa “o que não se ouve não faz mal”, os fenómenos acústicos gerados por turbinas eólicas não têm qualquer efeito sobre a saúde humana. No entanto, as pessoas que vivem nestas casas queixam-se. A título de exemplo, a imprensa alemã publicou vários artigos sobre uma destas famílias (KAEDING, 2014; WETZEL, 2015; e JUNG, 2016). Os estudos da equipa IARO incluem diários de sintomas elaborado pelos habitantes das casas contaminadas com infrassons, enquanto decorre a aquisição de dados acústicos. Estes têm demonstrado que há uma forte correspondência entre a manifestação de sintomas (incluindo a incapacidade de dormir e a necessidade de tomar medicação-benzodiazepinas) e o tamanho das proeminências da assinatura acústica da turbina eólica (ALVES-PEREIRA et al., 2022).

Os efeitos dos infrassons sobre a saúde não é novidade científica (ALVES-PEREIRA et al., 2019). Em 1973, o Conselho Nacional de Investigação Científica da França organizou um colóquio sobre infrassons e que contou com a presença de investigadores Europeus, dos Estados Unidos e da União Soviética (STEPANOV, 2000). Em 1978, investigadores Franceses demonstraram que a exposição a infrassons influenciava negativamente a performance de ratos geneticamente surdos (BUSNEL & LEHMANN, 1978). Nos anos 1980 a 2015, estudos em meios laborais identificaram uma patologia induzida pela exposição a este tipo de agressor acústico, chamada a doença vibroacústica (CASTELO BRANCO, 1999; CASTELO BRANCO & ALVES-PEREIRA, 2006). Os sinais clínicos desta doença profissional foram posteriormente identificados numa família habitando perto de centrais eólicas (ALVES-PEREIRA et al., 2007; CASTELO BRANCO et al., 2015). Presentemente, são os cientistas Chineses que mais estudos fazem nesta área, dentro do contexto de exposições ocupacionais (ZHANG et al., 2016; SHI et al., 2018, por exemplo), ou no contexto de terapias pós-exposição (CAI et al., 2014, por exemplo).

A hipótese que sugere que a origem das queixas destes habitantes é do foro psicossomático é, desde logo, posto em causa pelos estudos efetuados em animais que também vivem perto de centrais eólicas (AGNEW et al., 2016, por exemplo). Com os dados aqui apresentados, entende-se como pode ter surgido a hipótese do “efeito nocebo” (CRICHTON et al., 2014). Na realidade, comparando os ambientes acústicos dos dias 4 de dezembro e 29 de novembro (Figura 6A e B), verifica-se que os níveis globais são de 27 dBA e 22 dBA, respetivamente. Se as pessoas se queixam de mal-estar enquanto no ambiente acústico da Figura 6B, mas não se queixam quando no ambiente da Figura 6A então, talvez, não seja de todo descabido propor uma origem psicossomática para os sintomas sentidos. No entanto, como é demonstrado na Figura 6C e D, existem fenómenos acústicos que não são detectados pelas metodologias internacionalmente aceites, mas que

coincidem temporalmente com a manifestação das queixas dos habitantes.

CONCLUSÕES

As metodologias internacionalmente aceites para a avaliação do ruído são insuficientes para a proteção da Saúde Pública. Aumentando a resolução temporal e espectral das avaliações acústicas, e sem a aplicação de qualquer ponderação, são revelados fenómenos acústicos com relevância biológica.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o contributo imprescindível do Dr. Bruce I. Rapley e da Soundscape Analytics.

REFERÊNCIAS

AGNEW RCN, SMITH VJ, FOWKES RC. **Wind turbines cause chronic stress in badgers (*meles meles*) in Great Britain**. Journal of Wildlife Diseases, 53:459-67, 2016. <https://doi.org/10.7589/2015-09-231>

ALVES-PEREIRA M. **Noise-induced extra aural pathology. A review and commentary**. Aviation, Space and Environmental Medicine, 70 (Suppl.): A7-A21, 1999.

ALVES-PEREIRA M, CASTELO BRANCO, NAA. **In-home wind turbine noise is conducive to vibroacoustic disease**. Proceedings 2nd International Meeting on Wind Turbine Noise, Lyon, France, Sep 20-21, Paper No. 3, 11 pages, 2007.

ALVES-PEREIRA M, RAPLEY B, BAKKER HHC, SUMMERS R. **Acoustics and Biological Structures IN: Acoustics of Materials**. Abiddine ZE, Ogam E (editors). IntechOpen, London, 2019. doi: 10.5772/intechopen.82761.

ALVES PEREIRA M, BAKKER NCC, MANN R, SUMMERS R, DICKINSON P. **Sleep disruption and industrial wind turbines**. Em processo de peer-review, 2022.

CASTELO BRANCO NAA. **The clinical stages of vibroacoustic disease**. Aviation, Space and Environmental Medicine 70 (Suppl.): A329, 1999.

CASTELO BRANCO NAA, ALVES-PEREIRA M. **A doença vibroacústica**. Revista Segurança, XLI: 1-20, 2006.

CASTELO BRANCO NAA, ALVES-PEREIRA M, MARTINHO PIMENTA A, REIS FERREIRA J. **Low frequency noise-induced pathology: contributions provided by the Portuguese wind turbine case**. Proceedings Euronoise 2015, Maastricht, The Netherlands, 31 May-3 Jun, 5 pages, 2015.

BAKKER HCC, RAPLEY BI, SUMMERS SR, ALVES-PEREIRA M, DICKINSON PJ. **An affordable recording instrument for the acoustical characterisation of human environments.** Proceedings International Conference Biological Effects of Noise (ICBEN 2017). 18-22 June, Zurich, Switzerland, No. 3654, 12 pages, 2017.

BELOJEVIC G. **Noise and performance: Research in Central, Eastern and South-Eastern Europe and Newly Independent States.** *Noise & Health* 15:2-5, 2013. doi: 10.4103/1463-1741.107146.

BOLM-AUDORFF U, HEGEWALD J, PRETZCH A, FREIBERG A, NIENHAUS A, SEIDLER A. **Occupational noise and hypertension risk: A systematic review and meta-analysis.** *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17:6281 (25 pages), 2020. doi:10.3390/ijerph17176281.

BUSNEL RG, LEHMANN AG. **Infrasound and sound: Differentiation of their psychophysiological effects through use of genetically deaf animals.** *Journal of the Acoustical Society of America*, 63:974-77, 1978.

CAI J, KING D, SHI M, LIU Y, LIN T, XIE Z, ZHU Y, ZHAO H, SHI X, DU F, ZHAO G. **Epigallocatechin gallate (EGCG) attenuates infrasound-induced neuronal impairment by inhibiting microglia-mediated inflammation.** *Journal of Nutrition and Biochemistry*, 25:716-25, 2014. doi: 10.1016/j.jnutbio.2014.02.012

CRICHTON F, CHAPMAN S, CUNDY T, PETRIE KJ. **The Link between Health Complaints and Wind Turbines: Support for the Nocebo Expectations Hypothesis.** *Frontiers of Public Health*, 2: Article 220, 2014. doi: 10.3389/fpubh.2014.00220

DAVIES H, VAN KAMP I. (2012). **Noise and cardiovascular disease: A review of the literature 2008-2011.** *Noise & Health* 14:287-91, 2012. doi:10.4103/1463-1741.104895.

DICKINSON PJ. **Changes and challenges in environmental noise measurement.** *Acoustics Australia*, 34(3): 125-9, 2006.

DZHAMBOV AM, DIMITROVA DD. **Occupational noise and ischemic heart disease: A systematic review.** *Noise & Health* 18:167-77, 2016. doi: 10.4103/1463-1741.189241.

FERNANDES DE SOUZA TC, SANTOS PÉRISSÉ AR, MOURA M. **Noise exposure and hypertension: Investigation of a silent relationship.** *BMC Public Health* 15:328 (14 pages), 2015. doi:10.1186/s12889-015-1671-z.

GAN WQ, DAVIES HW, DEMERS PA. **Exposure to occupational noise and cardiovascular disease in the United States: The National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2004.** *Occupational and Environmental Medicine* 68:183-90, 2014. doi:10.1136/oem.2010.055269.

GIRARD SA, LEROUX T, VERREAULT R, COURTEAU M, PICARD M, TURCOTE F, BARIL J, RICHER O. **Cardiovascular disease mortality among retired workers chronically exposed to intense occupational noise.** *International Archives of Occupational and Environmental Health* 88:123-30, 2015. doi:10.1007/s00420-014-0943-8.

GOLMOHAMMADI R, DARVISHI E, FARADMAL J, POOROLAJAL J, ALIABADI M. **Attention and short-term memory during occupational noise exposure considering task difficulty.** *Applied Acoustics* 158:107065 (9 pages), 2020. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.107065>

IARO. **International Acoustics Research Organization**, 2017. Esta Organização Internacional de Investigação em Acústica, fundada em 2017, é formada por um grupo internacional de cientistas, cujo objetivo é caracterizar ambientes acústicos, investigar e identificar os atributos que possam afetar a saúde dos seres humanos e dos animais, e publicar os resultados. A IARO detém a aprovação ética para o CSI-ACHE (Citizen Science Initiative into Acoustical Characterization of Human Environments) cujos resultados estão publicamente disseminados. <https://iaro.org.nz>

JUNG, F. [In Nordfriesland - The couple complains: 'Wind turbines make us sick']. Schleswig Holstein Zeitung, 02 Janeiro 2016. <https://www.shz.de/deutschland-welt/politik/ehenaar-klagt-windraeder-%20machen-uns-krank-id12344191.html>.

KAEDING, E.F. [The curse of repowering – A long descent]. Die Tageszeitung, 21 Setembro 2014. <https://www.taz.de/Archiv-Suche!/5032786&s=hogeveen/>.

KERR MJ, NEITZEL RL, HONG OS, SATALOFF RT. **Historical review of efforts to reduce noise-induced hearing loss in the United States**. American Journal of Industrial Medicine 60:569-77, 2017. doi:10.1002/ajim.22627.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Burden of disease from environmental noise - Quantification of healthy life years lost in Europe**. WHO-Europe, Copenhagen, 2011.

PRIME CO, Tóquio, Japão. **Curva de resposta dos microfones condensador Electret, modelo EM246ASS'Y**. Especialmente concebidos para quantificar infrassons e ruído de baixa frequência.

SHI YJ, SHI M, XIAO LJ, LI L, ZOU LH, LI CY, et al. **Inhibitive effects of FGF2/ FGFR1 pathway on astrocyte-mediated inflammation in vivo and in vitro after infrasound exposure**. Frontiers in Neuroscience. 12:582, 2018. doi: 10.3389/fnins.2018.00582

STEPANOV V. **Biological effects of low frequency acoustic oscillations and their hygienic regulation**. Centro de Investigação Estatal da Federação Russa: Moscovo, 2000. <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a423963.pdf>

WANG D, XIAO Y FENG X, WANG B, LI W, HE M, ZHANG X, YUAN J, YI G, CHEN Z, DAI X, WU J, CHEN W. **Association of occupational noise exposure, bilateral hearing loss with atherosclerotic cardiovascular disease risk in Chinese adults**. International Journal of Hygiene and Environmental Health 235:113776 (6 pages), 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2021.113776>.

WETZEL, D. [Energy Danish Debate - Does the infrasound of wind turbines make you sick?]. Die Welt, 02 Março 2015. <https://www.welt.de/wirtschaft/energie/article137970641/Macht-der-Infraschall-von-Windkraftanlagen-krank.html>.

ZEYDABADI A, ASKARI J, VAKILI M, MIRMOHAMMADI SJ, GHOVVEH MA, MEHRPARVAR AH. **The effect of industrial noise exposure on attention, reaction time, and memory**. International Archives of Occupational and Environmental Health 92:111-16, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00420-018-1361-0>.

ZHANG MY, CHEN C, XIE XJ, XU SL, GUO GZ, WANG J. **Damage to hippocampus of rats after being exposed to infrasound**. Biomedical and Environmental Sciences, 29: 435-442, 2016. doi: 10.3967/bes2016.056

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aerogeradores 219
Agentes de navegação cooperativos 127
Alpaca 242, 243, 244, 248, 255
Análise por ativação neutrônica 99, 100, 105, 106
Antena de Microfita 155, 158
Antena Espiral 155, 156, 157, 158, 159, 161, 162, 164
Arquitetura de subsunção 127
Árvores de decisão 109, 111, 117, 125, 179, 180, 181, 182, 189
Assinatura acústica 219, 228, 229, 230
Automação distribuída 140, 142

B

Bandeiras têxteis 314, 324, 325

C

Capex 167, 168
Cidade 1, 2, 3, 5, 6, 7, 20, 21, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 53, 54, 55, 56, 58, 63, 64, 65, 66, 73, 75, 80, 99, 315
Conexão 41, 42, 43, 48, 175, 176, 177, 183, 296
Conexões 41, 66, 142, 149, 167, 172, 174, 175, 176, 177
Conforto térmico 63, 64, 65, 66, 69, 70, 71, 73, 74, 75
Construção 1, 3, 26, 42, 44, 50, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 76, 77, 79, 80, 84, 88, 89, 90, 91, 150, 168, 169, 243, 294, 295, 324
Construção Civil 55, 56, 57, 58, 61, 62, 76, 77, 80, 88, 89, 90, 91
Controladores lógicos programáveis 140, 141
Controle 7, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 109, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 150, 151, 152, 153, 154, 170, 180, 243, 244, 245, 260, 281, 287
Cristais fonônicos 234, 236
Custos 55, 62, 108, 167, 168, 169, 170, 171, 181

D

Defeitos 234, 235, 261, 262, 315

E

Edifício 3, 4, 41, 42, 43, 44, 45, 50, 51, 52

Eficiência 92, 95, 99, 104, 156, 195, 197, 200, 264, 292

Enchentes 1, 2, 3, 4, 5

Espaços abertos 49, 63, 66, 74, 75

Espectrometria gama 92, 94, 95, 96, 97, 104

F

Filmes finos de óxido de zinco 256, 268

G

Gerenciamento de risco 276, 277, 278, 285, 287

Gestão 5, 55, 56, 58, 59, 62, 73, 75, 78, 88, 113, 154, 167, 168, 169, 171, 178, 276, 283, 299, 326

I

Inteligência artificial 111, 276, 278

Interação solo-estrutura 22, 23, 26, 27, 29, 35, 36, 39, 40

Inventário 78, 79, 83, 85, 167, 168, 169, 170, 171, 177

J

Jeanswear 314, 315, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324

L

Lâmpada UV-C 195, 196, 197, 198, 199, 200

Localização de faltas 179, 180, 182, 183, 191, 193

M

Mapas cognitivos dinâmicos 127

Medidores inteligentes 179, 180, 182, 183, 184, 185, 189, 191, 192

Método dos elementos finitos 22, 23, 27, 32, 39, 40, 234, 235

Microestrutura 242, 244, 245, 247, 252, 253, 254, 255

Milho 99, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 107

N

Nanopartículas de prata 256, 257, 258, 261, 264, 265, 267, 268

Norma IEC 61499 140, 141, 142, 143, 144, 153, 154

Nutrientes 99, 100

O

Obras 42, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62

Opex 167, 168

P

Percepção térmica 63, 70, 72

Planejamento 21, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 79, 168, 171, 172, 246

Polarização 155, 156, 163, 164

População Ribeirinha 1, 2, 4

Processo 7, 26, 27, 45, 57, 58, 76, 78, 79, 84, 86, 94, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 124, 141, 144, 145, 153, 171, 172, 182, 184, 185, 186, 187, 189, 190, 191, 192, 193, 231, 243, 245, 247, 249, 252, 268, 276, 279, 280, 289, 290, 299, 316, 317

R

Recall 276, 277, 283, 284, 285, 286, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 299

Redes 7, 14, 17, 18, 19, 20, 109, 111, 138, 141, 142, 143, 155, 159, 167, 169, 170, 171, 172, 177, 179, 180

Redes elétricas inteligentes 169, 179, 180

Redução 7, 18, 20, 92, 94, 167, 168, 169, 197, 252, 268, 276, 278, 316

Rendimento 122, 195, 202

Robótica de enxame 127

Ruído 219, 220, 223, 225, 228, 229, 231, 234

S

Sapata 22, 24, 25, 28, 29, 31, 33, 34, 35, 38, 39

Saúde Pública 8, 219, 224, 231, 281

Sensores de gás 256, 258

Simulação estrutural 22, 23

Sistema Multiagentes 127

Sistemas de distribuição 179, 180

Sonogramas 219, 226, 228

T

Tecidoteca 314, 315, 324, 325

Técnicas construtivas 1, 5

Tecnologias cognitivas 276, 278

Telecomunicações 167, 168, 169, 170, 177, 326

Transformadores reguladores de tensão 140, 141

Turbinas eólicas 219, 230

V

Variáveis térmicas de solidificação 242, 244, 248, 249, 255

🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

📷 @atenaeditora

📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias



Atena
Editora
Ano 2022

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias

