

Acústica e Vibrações

Sociedade Brasileira de Acústica - Sobrac

Dezembro de 2024 - Vol. 39 ▶ Nº 56

Artigos

Avaliação de divisórias internas utilizadas no Brasil e Portugal sob a perspectiva do usuário frente ao ruído de vizinhança

Análise modal e estabilidade em pilares de paredes finas: abordagens com a Técnica do Meio Contínuo e o Método dos Elementos Finitos

Tendências e diretrizes para prevenção e controle do ruído aeronáutico no ambiente construído: um panorama da produção científica

Encartes:

- Resenhas de livros [Br, Eng, Esp]; &
- Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído — INAD Brasil 2024 [Br, Eng, Esp].

News & Reviews:

- HBK 2255 com Building Acoustics Partner [Br, En, Esp]; &
- III Concurso Estudantil de AcústicaConrado Silva – CACS;

Chamadas:

- Eventos de acústica pelo Brasil e pelo mundo (2024–2029);
- Internoise 2025 (São Paulo-SP);
- XVIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC); XIV Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído (ELACAC); &
- Associe-se à Sobrac.

Acústica & Vibrações

n. 56, dezembro de 2024, vol. 39

doi: 10.55753/aev.v39e56

<https://revista.acustica.org.br>

ISSN: 2764-3611 (e) | 1983-442X (i)



Comissão Editorial

Editor-Chefe

William D'Andrea Fonseca | [✉](#)

Editora Associada

Ranny L. X. N. Michalski | [✉](#)

English Proofreader

Joseph Lacey | [✉](#)

Capa e Diagramação

William D'Andrea Fonseca

Apoio editorial

Felipe Ramos de Mello e Ricardo Silveira

Endereços Sobrac

UFSM – Centro Tecnológico – Sala 212

Av. Roraima no 1000, Camobi

Santa Maria, RS, Brasil - 97105-900

www.acustica.org.br | [✉](#)

Diretoria Sobrac 2023–2024

Presidente: Krisdany S. M. Cavalcante | [✉](#)

Vice-pres.: Cândida de Almeida Maciel | [✉](#)

1º Sec.: Sérgio Fernando Saraiva da Silva | [✉](#)

2º Sec.: Paulo Chagas Rodrigues | [✉](#)

1º Tesoureira: Viviane S. G. de Melo | [✉](#)

2º Tesoureira: Bianca C. Dantas de Araújo | [✉](#)

Conselhos

Deliberativo 2021–2024 e 2023–2026

(2021–2024) Gilberto Fuchs de Jesus, Maria Fernanda de Oliveira, Paulo Madeiros Massarani, Roberto Jordan e William D'Andrea Fonseca. (2023–2026) Elcione Maria Lobato de Moraes, Marco Antonio Nabuco de Araújo, Maria Luiza Rocha Belderrain, Maria Lygia Alves de Niemeyer e Stelamaris Rolla Bertoli.

Fiscal 2023–2024

Danielly Garcia, Felipe Barreiros Paim, Italo César Montalvão Guedes

Regionais Sobrac 2023–2024

Regional Centro Oeste, Regional Nordeste, Regional Norte, Regional Paraná, Regional Rio de Janeiro, Regional Rio Grande do Sul, Regional São Paulo.

Informações

Todos os artigos publicados passam por um sistema de revisão-parecer duplo-cego antes da aceitação. Os pareceristas são profissionais com conhecimento notável no assunto. Os conteúdos dos artigos são de responsabilidade dos autores.

Sumário

| | |
|-----------------------------------|---|
| Editorial | 3 |
| <i>Editorial in English</i> | 5 |
| <i>Editorial en Español</i> | 7 |

Artigos

| | |
|---|---|
| Avaliação de divisórias internas utilizadas no Brasil e Portugal sob a perspectiva do usuário frente ao ruído de vizinhança | 9 |
|---|---|

| | |
|--|----|
| Análise modal e estabilidade em pilares de paredes finas: abordagens com a Técnica do Meio Contínuo e o Método dos Elementos Finitos | 19 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| Tendências e diretrizes para prevenção e controle do ruído aeronáutico no ambiente construído: um panorama da produção científica | 37 |
|---|----|

Encartes A&V

| | |
|--------------------------|----|
| Resenhas de livros | 51 |
|--------------------------|----|

| | |
|-------------------|----|
| Book reviews..... | 57 |
|-------------------|----|

| | |
|------------------------|----|
| Reseña de libros | 62 |
|------------------------|----|

| | |
|---|----|
| Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído – INAD Brasil 2023 | 69 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| International Noise Awareness Day – INAD Brazil 2023..... | 79 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Día Internacional de Concientización sobre el Ruido – INAD Brasil 2024 | 89 |
|--|----|

News & Reviews

| | |
|--|----|
| HBK 2255 com Building Acoustics Partner..... | 99 |
|--|----|

| | |
|--|-----|
| HBK 2255 with Building Acoustics Partner | 109 |
|--|-----|

| | |
|---|-----|
| HBK 2255 con Building Acoustics Partner | 119 |
|---|-----|

| | |
|--|-----|
| III Concurso Estudantil de Acústica Conrado Silva – CACS . | 129 |
|--|-----|

| | |
|---|-----|
| III Conrado Silva Student Acoustic Contest – CACS | 133 |
|---|-----|

Chamadas

| | |
|---|-----|
| Eventos de acústica pelo Brasil e pelo mundo (2024–2029) .. | 137 |
|---|-----|

| | |
|---|-----|
| Acoustics events in Brazil and around the world (2024–2029) | 153 |
|---|-----|

| | |
|-----------------------|-----|
| Internoise 2025 | 169 |
|-----------------------|-----|

Chamadas

| | |
|-----------------------------------|-----|
| ENCAC ENLACAC 2025..... | 171 |
| ENCAC ENLACAC 2025 (Esp.) | 175 |
| Associe-se à Sobrac | 179 |

Editorial

É com especial satisfação que a Comissão Editorial da **Revista Acústica & Vibrações** apresenta ao público sua quinquagésima sexta edição (vol. 39), publicada em dezembro de 2024. Este número reafirma uma convicção editorial que tem orientado a revista ao longo dos anos: a acústica, quando tratada com rigor e sensibilidade, é simultaneamente ciência aplicada, cultura técnica e compromisso social. Entre paredes que separam vidas, estruturas que sustentam e vibram, cidades atravessadas por infraestrutura de grande escala e ambientes de trabalho que exigem prevenção, esta edição percorre o território amplo em que o som deixa de ser apenas fenômeno e passa a ser experiência, risco e projeto.

Os três artigos científicos que compõem o núcleo desta edição convergem em um ponto essencial: a necessidade de aproximar métricas e modelos daquilo que, na prática, afeta o usuário, o projetista e a sociedade. Em comum, eles enfatizam que desempenho não se resume ao atendimento mínimo, que estabilidade não se reduz a uma equação isolada e que políticas de controle de ruído não prosperam sem leitura histórica do conhecimento acumulado.

No primeiro artigo, Klippel Filho, Patrício e Tutikian investigam o desempenho de *divisórias internas* usualmente adotadas no Brasil e em Portugal, examinando-as sob a perspectiva do usuário diante do *ruído de vizinhança*. O estudo discute a distância que por vezes se instala entre descritores normativos de isolamento e o incômodo efetivamente percebido em situações realistas de uso. Ao evidenciar que o requisito mínimo de desempenho pode ser insuficiente para garantir conforto e privacidade acústica em cenários com maior energia sonora, o artigo contribui para um debate atual e necessário: a revisão crítica de parâmetros de projeto e de avaliação, sempre orientada pela experiência humana no ambiente construído.

O segundo artigo, de Fonseca e Melo, transita do espaço habitado para o domínio estrutural e aprofunda a discussão sobre *análise modal e estabilidade em pilares de paredes finas*. Ao contrastar abordagens pela *Técnica do Meio Contínuo* e pelo *Método dos Elementos Finitos*, o trabalho ilumina a relação delicada entre formulações, escolhas de elemento e a representação adequada dos modos que governam fenômenos de instabilidade. Trata-se de uma contribuição que dialoga com a engenharia em sua dimensão mais prática: modelar bem é decidir bem. Ao mesmo tempo, é um convite a compreender que vibração e estabilidade se informam mutuamente e que a coerência do modelo é, em última instância, um requisito de segurança.

O terceiro artigo, assinado por Oliveira e Oiticica, amplia a escala do debate e apresenta um *panorama da produção científica sobre prevenção e controle do ruído aeronáutico no ambiente construído*. A partir de uma leitura organizada da literatura, o texto identifica tendências, diretrizes recorrentes e lacunas, conectando estratégias de gestão do ruído a desafios de planejamento, regulamentação, mitigação e comunicação de risco. Ao tratar o ruído aeronáutico como problema técnico e urbano, o artigo reforça a importância de abordagens integradas, em que o ambiente construído não é mero receptor, mas parte ativa do sistema de controle.

Para além dos artigos, esta edição preserva um traço que tem se consolidado como identidade editorial: a oferta de conteúdos de apoio que ampliam o alcance formativo e informativo da revista, frequentemente em múltiplas línguas, fortalecendo a circulação do conhecimento e a inclusão de diferentes comunidades.

Nos Encartes, destaca-se, em primeiro lugar, a seção de *Resenhas de Livros (Book Reviews)*, disponibilizada em português, inglês e espanhol. Nesta edição, o conjunto de quatro obras resenhadas compõe um mosaico particularmente expressivo das fronteiras contemporâneas da área: desde arranjos esféricos de microfones e processamento de sinais, passando por fundamentos e aplicações em microfones

MEMS, até uma leitura abrangente de ruído, vibração e qualidade sonora no contexto veicular. Em tempos de produção científica acelerada, a resenha bem construída cumpre um papel nobre: orientar, contextualizar e abrir portas para leituras mais profundas.

Ainda nos encartes, a revista publica o material oficial do Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído (INAD Brasil 2024), também em versões multilíngues. Com foco no tema do *ruído no trabalho* e no eixo da *prevenção*, o encarte articula engenharia acústica, saúde ocupacional e educação, propondo diretrizes e estimulando ações continuadas ao longo do ano. A revista, ao acolher este conteúdo, reafirma que comunicar ciência é parte do enfrentamento do problema: o ruído é onipresente, cumulativo e, muitas vezes, naturalizado; por isso mesmo, precisa ser trazido ao centro do debate público com precisão técnica e linguagem acessível.

Na seção *News & Reviews*, a edição reúne duas contribuições complementares. A primeira apresenta o HBK 2255 com Building Acoustics Partner, em versões em português, inglês e espanhol, descrevendo uma solução instrumental voltada à prática de medições em acústica de edificações, com ênfase em fluxo de trabalho, integração entre dispositivos e facilidades de documentação e relatórios. Em uma área em que a confiabilidade do dado depende tanto do método quanto da execução em campo, a discussão sobre ferramentas e *workflow* é, em si, uma forma de elevar o padrão das medições.

A segunda contribuição traz o III Concurso Estudantil de Acústica Conrado Silva (CACS), registrando um momento emblemático de formação e renovação. Ao divulgar e valorizar iniciativas estudantis, a revista torna visível aquilo que sustenta o futuro da área: uma comunidade em que aprender, apresentar, discutir e receber retorno crítico faz parte da cultura. É também uma homenagem indireta ao legado de Conrado Silva, cuja influência permanece viva na curiosidade técnica e na seriedade com que novas gerações assumem problemas reais.

Por fim, a seção de Chamadas amplia o horizonte da edição ao oferecer um serviço direto à comunidade: uma lista organizada de 90 *eventos de acústica pelo Brasil e pelo mundo* (2024–2029), em português e inglês, contribuindo para o planejamento acadêmico e profissional. Somam-se a isso convites a encontros centrais do calendário: o *Inter-Noise 2025*, a ocorrer em São Paulo (SP), e o *XVIII ENCAC* e *XIV ELACAC 2025*, em São Carlos (SP), também com material em espanhol, reforçando a dimensão latino-americana do diálogo técnico. Complementarmente, a revista convida novas(os) associadas(os) a se juntarem à Sobrac, lembrando que a vitalidade de uma sociedade científica se mede não apenas por seus anais, mas por sua capacidade de agregar pessoas, projetos, ensino, pesquisa e ação institucional.

Ao longo destas páginas, a **Revista Acústica & Vibrações** reafirma seu compromisso com a difusão qualificada do conhecimento em acústica, vibrações e áreas correlatas, preservando o rigor do processo editorial e a abertura a conteúdos formativos, técnicos e comunitários. Agradecemos às autoras e aos autores pela confiança, às pareceristas e aos pareceristas pelo trabalho criterioso e generoso, e a todas as pessoas envolvidas na edição por tornarem possível mais um número que, simultaneamente, informa, inspira e provoca reflexão.

Que esta edição seja lida como se lê um bom projeto: com atenção aos detalhes, consciência do contexto e respeito pelo usuário final.

Aproveite a leitura!

Cordialmente,

Editores **Revista Acústica & Vibrações** n° 56, dezembro de 2024.

Editorial in English

It is with particular satisfaction that the Editorial Board of the Acoustics & Vibration Journal presents to readers its fifty-sixth issue (vol. 39), published in December 2024. This issue reaffirms an editorial conviction that has guided the journal over the years: when approached with rigor and sensitivity, acoustics is simultaneously applied science, technical culture, and social commitment. Between walls that separate lives, structures that support and vibrate, cities crossed by large-scale infrastructure, and workplaces that demand prevention, this issue moves across the broad territory in which sound ceases to be merely a phenomenon and becomes experience, risk, and design.

The three scientific articles that form the core of this issue converge on an essential point: the need to bring metrics and models closer to what, in practice, affects the user, the designer, and society. Taken together, they stress that performance is not limited to meeting minimum requirements, that stability is not reduced to an isolated equation, and that noise-control policies do not thrive without a historical reading of accumulated knowledge.

In the first article, Klippe Filho, Patrício, and Tutikian investigate the performance of *internal partitions* commonly adopted in Brazil and Portugal, examining them from the user's perspective in the face of *neighbor noise*. The study discusses the gap that sometimes emerges between normative sound-insulation descriptors and the annoyance effectively perceived in realistic use conditions. By showing that a minimum performance requirement may be insufficient to ensure acoustic comfort and privacy in scenarios with higher sound levels, the article contributes to a timely and necessary debate: the critical review of design and assessment parameters, always guided by the human experience in the built environment.

The second article, by Fonseca and Melo, moves from inhabited space to the structural domain and deepens the discussion of *modal analysis and stability in thin-walled columns*. By contrasting approaches based on the *Continuum Technique* and the *Finite Element Method (FEM)*, the work sheds light on the delicate relationship among formulations, element choices, and the proper representation of the modes that govern instability phenomena. It is a contribution that speaks to engineering in its most practical dimension: modeling well is deciding well. At the same time, it is an invitation to understand that vibration and stability inform one another, and that model coherence is, ultimately, a safety requirement.

The third article, authored by Oliveira and Oiticica, expands the scale of the discussion and presents an *overview of scientific output on aircraft-noise prevention and control in the built environment*. From an organized reading of the literature, the text identifies trends, recurring guidelines, and gaps, connecting noise-management strategies to challenges of planning, regulation, mitigation, and risk communication. By treating aircraft noise as a technical and urban problem, the article reinforces the importance of integrated approaches, in which the built environment is not a mere receiver, but an active part of the control system.

Beyond the articles, this issue preserves a feature that has become an editorial hallmark: the offer of supporting contents that broaden the journal's formative and informational reach, often in multiple languages, strengthening the circulation of knowledge and the inclusion of different communities.

In the Inserts, the *Book Reviews* section stands out first, made available in Portuguese, English, and Spanish. In this issue, the set of four reviewed works composes a particularly expressive mosaic of the field's contemporary frontiers: from spherical microphone arrays and signal processing, through fundamentals and applications in MEMS microphones, to a comprehensive view of noise, vibration, and sound quality in the automotive context. In an era of accelerated scientific production, a well-crafted

review serves a noble role: to guide, to contextualize, and to open doors to deeper reading.

Also among the inserts, the journal publishes the official material of the International Noise Awareness Day (INAD Brazil 2024), likewise in multilingual versions. With a focus on *noise at work* and the axis of *prevention*, the insert brings together acoustic engineering, occupational health, and education, proposing guidelines and encouraging sustained actions throughout the year. By welcoming this content, the journal reaffirms that communicating science is part of addressing the problem: noise is pervasive, cumulative, and often normalized; for that very reason, it must be placed at the center of public debate with technical accuracy and accessible language.

In the *News & Reviews* section, the issue brings together two complementary contributions. The first presents the HBK 2255 with Building Acoustics Partner, in Portuguese, English, and Spanish versions, describing an instrumental solution geared to building-acoustics measurements, with emphasis on workflow, integration among devices, and reporting and documentation conveniences. In a field where data reliability depends as much on method as on execution in the field, discussing tools and *workflow* is, in itself, a way to raise measurement standards.

The second contribution features the III Conrado Silva Student Acoustics Competition (CACS), documenting an emblematic moment of training and renewal. By publicizing and valuing student initiatives, the journal makes visible what sustains the field's future: a community in which learning, presenting, debating, and receiving critical feedback are part of the culture. It is also an indirect tribute to Conrado Silva's legacy, whose influence remains alive in technical curiosity and in the seriousness with which new generations take on real problems.

Finally, the Calls section broadens the horizon of the issue by offering a direct service to the community: an organized list of 90 *acoustics events in Brazil and around the world* (2024–2029), in Portuguese and English, supporting academic and professional planning. In addition, it extends invitations to key meetings on the calendar: *Inter-Noise 2025*, to be held in São Paulo (SP), and the XVIII ENCAC and XIV ELACAC 2025, in São Carlos (SP), also with material in Spanish, reinforcing the Latin American dimension of technical dialog. In addition, the journal invites new members to join Sobrac, reminding us that the vitality of a scientific society is measured not only by its proceedings, but by its capacity to bring together people, projects, education, research, and institutional action.

Across these pages, the **Acoustics & Vibration Journal** reaffirms its commitment to the qualified dissemination of knowledge in acoustics, vibrations, and related areas, preserving the rigor of the editorial process and its openness to formative, technical, and community-oriented contents. We thank the authors for their trust, the reviewers for their careful and generous work, and everyone involved in the issue for making possible yet another number that simultaneously informs, inspires, and invites reflection.

May this issue be read as one reads a good design: with attention to detail, awareness of context, and respect for the end user.

Enjoy your reading!

Sincerely,

Editors A&V n° 56, December 2024.

Editorial en Español

Es con especial satisfacción que la Comisión Editorial de la Revista Acústica & Vibrações presenta al público su quincuagésima sexta edición (vol. 39), publicada en diciembre de 2024. Este número reafirma una convicción editorial que ha orientado a la revista a lo largo de los años: la acústica, cuando se trata con rigor y sensibilidad, es simultáneamente ciencia aplicada, cultura técnica y compromiso social. Entre muros que separan vidas, estructuras que sostienen y vibran, ciudades atravesadas por infraestructura de gran escala y ambientes de trabajo que exigen prevención, esta edición recorre el amplio territorio en el que el sonido deja de ser solo fenómeno y pasa a ser experiencia, riesgo y proyecto.

Los tres artículos científicos que componen el núcleo de esta edición convergen en un punto esencial: la necesidad de acercar métricas y modelos a aquello que, en la práctica, afecta al usuario, al proyectista y a la sociedad. En conjunto, enfatizan que el desempeño no se reduce al cumplimiento mínimo, que la estabilidad no se limita a una ecuación aislada y que las políticas de control del ruido no prosperan sin una lectura histórica del conocimiento acumulado.

En el primer artículo, Klippel Filho, Patrício y Tutikian investigan el desempeño de *divisiones internas* usualmente adoptadas en Brasil y Portugal, analizándolas desde la perspectiva del usuario frente al *ruido vecinal*. El estudio discute la distancia que, a veces, se instala entre los descriptores normativos de aislamiento y la molestia efectivamente percibida en condiciones realistas de uso. Al evidenciar que el requisito mínimo de desempeño puede ser insuficiente para garantizar confort y privacidad acústica en escenarios con mayores niveles sonoros, el artículo contribuye a un debate actual y necesario: la revisión crítica de parámetros de proyecto y de evaluación, siempre orientada por la experiencia humana en el ambiente construido.

El segundo artículo, de Fonseca y Melo, transita del espacio habitado al dominio estructural y profundiza la discusión sobre *análisis modal* y *estabilidad en pilares de paredes delgadas*. Al contrastar enfoques mediante la *Técnica del Medio Continuo* y el *Método de los Elementos Finitos (MEF)*, el trabajo ilumina la relación delicada entre formulaciones, elecciones de elemento y la representación adecuada de los modos que gobiernan los fenómenos de inestabilidad. Se trata de una contribución que dialoga con la ingeniería en su dimensión más práctica: modelar bien es decidir bien. Al mismo tiempo, es una invitación a comprender que vibración y estabilidad se informan mutuamente, y que la coherencia del modelo es, en última instancia, un requisito de seguridad.

El tercer artículo, firmado por Oliveira y Oiticica, amplía la escala del debate y presenta un *panorama de la producción científica sobre prevención y control del ruido aeronáutico en el ambiente construido*. A partir de una lectura organizada de la literatura, el texto identifica tendencias, directrices recurrentes y vacíos, conectando estrategias de gestión del ruido con desafíos de planeación, reglamentación, mitigación y comunicación de riesgos. Al tratar el ruido aeronáutico como problema técnico y urbano, el artículo refuerza la importancia de enfoques integrados, en los que el ambiente construido no es un mero receptor, sino una parte activa del sistema de control.

Más allá de los artículos, esta edición preserva un rasgo que se ha consolidado como identidad editorial: la oferta de contenidos de apoyo que amplían el alcance formativo e informativo de la revista, con frecuencia en múltiples lenguas, fortaleciendo la circulación del conocimiento y la inclusión de diferentes comunidades. En los Insertos, se destaca, en primer lugar, la sección de *Reseñas de Libros (Book Reviews)*, disponible en portugués, inglés y español. En esta edición, el conjunto de cuatro obras reseñadas compone un mosaico particularmente expresivo de las fronteras contemporáneas del área: desde arreglos esféricos de micrófonos y procesamiento de señales, pasando por fundamentos y aplicaciones en micrófonos MEMS, hasta una lectura integral de ruido, vibración y calidad sonora.

en el contexto vehicular. En tiempos de producción científica acelerada, una reseña bien construida cumple un papel noble: orientar, contextualizar y abrir puertas a lecturas más profundas.

También en los insertos, la revista publica el material oficial del Día Internacional de la Concientización sobre el Ruido (INAD Brasil 2024), igualmente en versiones multilingües. Con foco en el *ruido en el trabajo* y en el eje de la *prevención*, el encarte articula ingeniería acústica, salud ocupacional y educación, proponiendo directrices y estimulando acciones continuadas a lo largo del año. Al acoger este contenido, la revista reafirma que comunicar ciencia es parte del abordaje del problema: el ruido es omnipresente, acumulativo y, muchas veces, naturalizado; por eso mismo, necesita ser llevado al centro del debate público con precisión técnica y lenguaje accesible.

En la sección *News & Reviews*, la edición reúne dos contribuciones complementarias. La primera presenta el HBK 2255 con Building Acoustics Partner, en versiones en portugués, inglés y español, describiendo una solución instrumental orientada a la práctica de mediciones en acústica de edificaciones, con énfasis en flujo de trabajo, integración entre dispositivos y facilidades de documentación e informes. En un campo en el que la confiabilidad del dato depende tanto del método como de la ejecución en terreno, la discusión sobre herramientas y *workflow* es, en sí misma, una forma de elevar el estándar de las mediciones.

La segunda contribución presenta el III Concurso Estudiantil de Acústica Conrado Silva (CACS), registrando un momento emblemático de formación y renovación. Al difundir y valorar iniciativas estudiantiles, la revista hace visible lo que sostiene el futuro del área: una comunidad en la que aprender, presentar, discutir y recibir retroalimentación crítica forma parte de la cultura. Es también un homenaje indirecto al legado de Conrado Silva, cuya influencia permanece viva en la curiosidad técnica y en la seriedad con que nuevas generaciones asumen problemas reales.

Por último, la sección de Convocatorias amplía el horizonte de la edición al ofrecer un servicio directo a la comunidad: una lista organizada de 90 *eventos de acústica en Brasil y en el mundo* (2024–2029), en portugués e inglés, contribuyendo a la planeación académica y profesional. A esto se suman invitaciones a encuentros centrales del calendario: el *Inter-Noise 2025*, que se realizará en São Paulo (SP), y el *XVIII ENCAC* y el *XIV ELACAC 2025*, en São Carlos (SP), también con material en español, reforzando la dimensión latinoamericana del diálogo técnico. De forma complementaria, la revista invita a nuevas(os) asociadas(os) a sumarse a Sobrac, recordando que la vitalidad de una sociedad científica se mide no solo por sus anales, sino por su capacidad de congregar personas, proyectos, docencia, investigación y acción institucional.

A lo largo de estas páginas, la **Revista Acústica & Vibrações** reafirma su compromiso con la difusión calificada del conocimiento en acústica, vibraciones y áreas afines, preservando el rigor del proceso editorial y la apertura a contenidos formativos, técnicos y comunitarios. Agradecemos a las autoras y a los autores por la confianza, a las y los evaluadores por el trabajo cuidadoso y generoso, y a todas las personas involucradas en la edición por hacer posible un número que, a la vez, informa, inspira y provoca reflexión.

Que esta edición sea leída como se lee un buen proyecto: con atención a los detalles, conciencia del contexto y respeto por el usuario final.

¡Disfrute la lectura!

Cordialmente,

Editores **Revista Acústica & Vibrações** n° 56, diciembre de 2024.

Avaliação de divisórias internas utilizadas no Brasil e Portugal sob a perspectiva do usuário frente ao ruído de vizinhança

Klippel Filho, S.¹;^{ID}; Patrício, J.²;^{ID}; Tutikian, B.³;^{ID}

¹ PPGEC, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, Brasil, sergioklip@edu.unisinos.br

² NAICI, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, jpatricio@lnec.pt

³ PPGEC, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, Brasil, bftutikian@unisinos.br

Resumo

Uma adequada capacidade de isolamento acústico dos sistemas construtivos que compõem as edificações residenciais é necessária para a promoção de um ambiente acústico condizente com as expectativas dos usuários. Neste caso, a regulamentação de atendimento de isolamento acústico é realizada a partir de descritores de redução sonora presentes nos documentos técnicos de normalização, tanto no Brasil como em Portugal. Tais requisitos de desempenho acústico consideram os níveis de ruído que podem ser estabelecidos dentro dos ambientes devido a fontes internas apenas com reduzida energia. No caso do ruído de vizinhança, sua energia sonora pode ser significativa, compondo um caráter de incômodo considerável. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é a verificação da possibilidade de incômodo dos usuários acerca do ruído aéreo de vizinhança quando da utilização de sistemas construtivos verticais internos usualmente aplicados no Brasil e em Portugal na compartimentação de dormitórios. A partir da análise, fica evidente que o requisito mínimo de desempenho acústico não garante que os usuários não se sentirão incomodados com o ruído de vizinhança, demonstrando insuficiência de isolamento aos sons aéreos. Neste caso, apenas um sistema que obteve desempenho acústico superior (Brasil), e é adequado para Portugal, se demonstrou apropriado para uma baixa probabilidade de incômodo aos usuários.

Palavras-chave: desempenho acústico, isolamento aos sons aéreos, sistemas de vedação vertical, ruído de vizinhança.

PACS: 40.50.-x, 43.50.Jh, 43.55.Rg.

Evaluation of internal building walls used in Brazil and Portugal under the perspective of the users regarding neighbour noise

Abstract

Concerning building acoustics in residential constructions, the sound insulation rating of the constructive systems must meet the user's expectancy concerning the acoustic environment inside the partitions. Globally, sound insulation requirements have been developed and prescribed by public regulation agencies, including Brazil and Portugal, to ensure minimal performance levels, in terms of sound insulation. These performance standards consider sound energy levels that can be established inside rooms from internal building sources but with majorly low energy levels, which is not always the case concerning neighbouring noise. This way, the aim of the article is to evaluate if internal partitions usually used in Brazil and Portugal are adequate to provide a low annoyance probability for the building users considering the neighbouring noise in residential buildings. The analysis highlighted that complimenting minimal performance standards doesn't ensure an environment where the users won't feel annoyed with the neighbour noise, demonstrating sound insulation insufficiency. For the cases proposed, only a building wall that meets the superior performance level in Brazil, and can be used in Portugal, could be considered adequate for the user's acoustical satisfaction against neighbour noise.

Keywords: acoustic performance, airborne sound insulation, separating walls, neighbour noise.

1. INTRODUÇÃO

A verificação do desempenho de uma edificação possui a finalidade de assegurar e promover um ambiente adequado aos seus usuários para desenvolvimento de suas atividades. Neste sentido, o isolamento acústico dos componentes construtivos é um aspecto importante nas edificações destinadas a uso residencial, comercial, hospitalar e de ensino. Assim, o isolamento acústico promove um ambiente adequado para a execução de atividades sem que estas gerem incômodo às outras unidades ou ambientes da edificação, além de garantir a privacidade acústica durante o uso [1, 2, 3].

Do ponto de vista do usuário frente ao isolamento acústico dos elementos que compõem a edificação, a tendência de seu nível de sensibilidade é de aumentar com o passar do tempo, demandando adequação constante dos parâmetros de avaliação dos sistemas construtivos. Tal fator integra uma componente de suma importância no programa de necessidades de uma edificação para garantia de um desempenho apropriado em situações normais de uso [2, 4].

A partir disso, fica claro que a satisfação do usuário está condicionada pela presença apenas de sons desejados e em nível adequado dentro de suas unidades, além da possibilidade de geração de ruído interior sem produzir incômodo aos seus vizinhos, mantendo a confidencialidade. Desta forma, fica marcada a necessidade de um isolamento acústico adequado nas edificações, necessário para que todos os usuários possuam um ambiente acústico condizente ao desenvolvimento de suas atividades [1, 5].

Do ponto de vista da regulamentação, no Brasil, o desempenho das edificações é requisitado apenas para edificações de cunho residencial. Considerando sistemas de vedação vertical internos, o desempenho é regulamentado pela norma ABNT NBR 15575-4 [6], impondo que tais elementos possuam, dentre outros requisitos, um isolamento aos sons aéreos. O isolamento acústico é definido em termos da diferença de nível padronizada ponderada ($D_{nT,w}$), com nível mínimo, e possibilidade de obtenção

de níveis intermediários e superiores como um diferencial.

Em Portugal, a regulamentação de desempenho acústico frente à capacidade de isolamento aos sons aéreos de sistemas de vedação vertical internos é realizada pelo Decreto-Lei n.º 129/2002 [7], que prevê a aplicação deste critério para edificações habitacionais, mistas, hoteis, escolares e hospitalares, com parâmetros mínimos de $D_{nT,w}$.

Em ambos os países, a avaliação do requisito de desempenho acústico é realizada com a edificação finalizada, em sua condição de entrega ao cliente. Desta forma, Rasmussen [8] e Newell [9] indicam que deve haver correlação, em fase de projeto, acerca da capacidade de isolamento acústico dos sistemas construtivos (previsão), além de uma execução que promova o atendimento dos requisitos quando da finalização da obra (medição) e a avaliação dos usuários ao utilizarem os ambientes edificados. Estes três fatores são interdependentes e demonstram que cada um, frente ao desempenho acústico, possui influência no sucesso de uma edificação em sua utilização.

Com a finalidade de correlacionar o isolamento acústico com a inteligibilidade da fala em um ambiente adjacente, a Tabela F.8 da norma ABNT NBR 15575-4 [6] busca elucidar a discussão, com níveis sonoros em concordância com a norma ABNT NBR 10151 [10] e ABNT NBR 10152 [11]. Neste caso, considerando um sistema construtivo de compartimentação com $D_{nT,w}$ de 45 dB, ruídos de vizinhança em torno de 35 a 40 dB são audíveis, porém, não inteligíveis. Com a utilização de sistemas de compartimentação com $D_{nT,w}$ maior ou igual a 50 dB, o ruído de conversação não é audível no ambiente receptor.

Todavia, a norma ABNT NBR 15575-4 [6] não especifica o nível de pressão sonora considerado para a conversação em fala alta, nem de forma global como espectral, dificultando a avaliação de casos específicos, podendo haver insatisfação dos usuários quando do estabelecimento de ruído de vizinhança em níveis maiores dos utilizados como referência.

De acordo com Patrício [12], as fontes de ruído internas às edificações são provenientes dos equipamentos prediais, de uso coletivo, e das atividades dos usuários em suas unidades individuais. Neste cenário, Maschke e Niemann [13] indicam que, tendo em vista a natureza das fontes presentes, o potencial de incomodidade causado pelo ruído de vizinhança entre unidades é muito elevado (Figura 1). Isto se dá pois é um sinal sonoro com elevado conteúdo de informações (ao exemplo de fala, conversa e música) e é natural para os seres humanos desprenderem sua atenção para sons que carregam este tipo de informação, mesmo que o nível sonoro seja baixo. Ainda, o potencial de incômodo do ruído de vizinhança pode ser agravado pelo conhecimento do receptor acerca de seu vizinho e também pela impotência de seu controle.

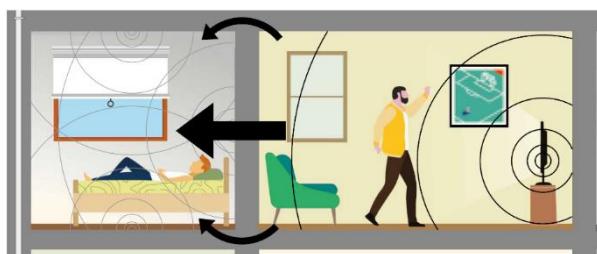


Figura 1: Ruído de vizinhança entre unidades (adaptado de ProAcústica [14]).

Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é a verificação da possibilidade de incômodo dos usuários acerca do ruído de vizinhança, com diferentes níveis de energia sonora, quando da utilização de sistemas construtivos verticais internos de diferentes níveis de desempenho acústico, usualmente utilizados no Brasil e em Portugal.

2. MÉTODO

O ambiente proposto para esta pesquisa é um dormitório, pertencente a uma unidade habitacional, que possui uma parede de geminação com outra unidade, responsável por separar o dormitório receptor de outro, emissor, de mesmas características. Cada um dos ambientes hipotéticos considerados na presente análise foi definido a partir das práticas recomendadas por Neufert [15], com dimensões e disposição dos

ambientes ilustrados pela Figura 2, além da definição do tipo de junção e continuidade dos elementos que formam o ambiente.

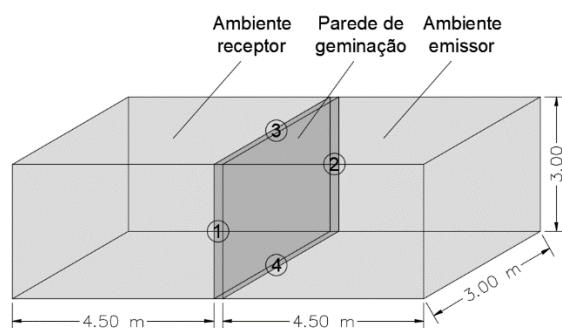


Figura 2: Configuração dos ambientes e conexões entre sistemas construtivos

Para a avaliação do desempenho acústico da parede de geminação foram definidas três composições distintas de sistemas de vedação vertical comumente utilizados no Brasil e em Portugal, com índice de redução sonora medido em laboratório por Guillen *et al.* [16] e Oliveira *et al.* [17]. Ainda, foi padronizado um sistema de laje de piso para compartimentação dos ambientes, segundo os valores teóricos disponíveis na norma ABNT NBR ISO 12354-1 [18]. Assim, a partir dos dados presentes nos estudos supracitados, no Quadro 1 estão presentes as características dos sistemas construtivos. O Quadro 2 ilustra a composição de cada sistema e sua massa superficial, e na Figura 3 estão presentes as capacidades de isolamento aos sons aéreos.

Quadro 1: Características dos sistemas construtivos.

| Nomenclatura | Descrição |
|------------------|--|
| PAR-1 | Parede de blocos cerâmicos estruturais (14 cm) + revestimento em argamassa em ambas as faces (2 cm) |
| PAR-2 | Parede de tijolos cerâmicos (11 cm) revestida em argamassa em ambas as faces (1 cm) + <i>steelframe</i> com caixa de ar (8 cm) e lã mineral (5 cm) + placa de gesso acartonado (1,25 cm) |
| PAR-3 | Parede de blocos cerâmicos (14 cm) revestida em argamassa em ambas as faces (1 cm) + <i>steelframe</i> com caixa de ar (5 cm) e lã mineral (5 cm) + placa de gesso acartonado (1,25 cm) |
| Laje maciça C.A. | Laje maciça de concreto armado (12 cm) |

Quadro 2: Composição dos sistemas construtivos.

| Nomen-clatura | Composição | Massa sup. (kg/m ²) |
|------------------|------------|---------------------------------|
| PAR-1 | | 234 |
| PAR-2 | | 221 |
| PAR-3 | | 199 |
| Laje maciça C.A. | | 264 |

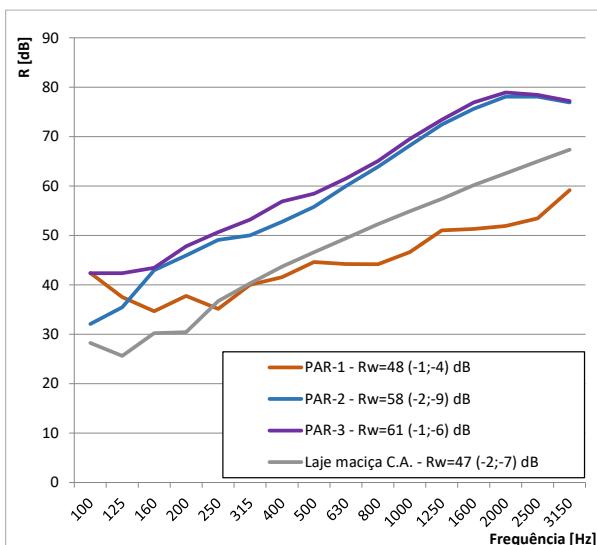


Figura 3: Índice de redução sonora dos sistemas construtivos.

A estimativa de isolamento acústico dos sistemas construtivos *in situ* foi efetuada por meio da metodologia presente na norma ABNT NBR ISO 12354-1 [18], conforme recomendado pela norma ABNT NBR 15575-4 [6]. Esta previsão foi realizada a partir dos índices de redução sonora *in situ* (R_{sit}) de cada uma das tipologias, calculados a partir dos dados de laboratório (três tipologias de parede) e teóricos (lajes de piso) presentes na Figura 3.

Ainda, foi considerado que as paredes adjacentes à divisória sob análise são do mesmo sistema construtivo que a divisória geminada, para cada tipologia de parede. Para todas as tipologias de parede, foram consideradas lajes maciças de concreto armado de 120 mm para formação dos pavimentos superiores e inferiores à parede sob análise.

A análise foi feita entre as bandas de frequência de 100 Hz a 3.150 Hz, considerando a relação de massas entre os elementos construtivos formada pela massa superficial homogeneizada a partir da ponderação de massa de cada componente. As junções foram consideradas em T, para as arestas 1 e 2, e em cruz para as arestas 3 e 4 da Figura 2, rígidas entre todos os elementos, para determinação do índice de redução de vibração (K_{ij}) associado à transmissão estrutural indireta entre o sistema de parede sob análise e sua envolvente.

O cálculo da diferença de nível padronizada (D_{nT}), considerando as contribuições indiretas, foi realizado por meio de

$$D_{\text{nT}} = -10 \log \left[10^{\frac{-R_{\text{Dd}}}{10}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{\frac{-R_{\text{Ff}}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{-R_{\text{Df}}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{\frac{-R_{\text{Fd}}}{10}} \right] + 10 \log \left[\frac{(0,16V)}{(0,5S)} \right], \quad (1)$$

em que D_{nT} é a diferença de nível padronizada; R_{Dd} é o índice de redução sonora de flanco para o caminho de transmissão Dd; R_{Ff} é o índice de redução sonora de flanco para o caminho de transmissão Ff; R_{Df} é o índice de redução sonora de flanco para o caminho de transmissão Df; R_{Fd} é o índice de redução sonora de flanco para o caminho de transmissão Fd; V é o volume da sala de recepção; e S é a área do elemento de separação. A diferença de nível padronizada ponderada ($D_{\text{nT},w}$) foi calculada a partir das premissas da norma ISO 717-1 [19].

Para verificação da percepção do usuário, no ambiente receptor, frente à capacidade de isolamento acústico de cada sistema de parede, foram adotados quatro espectros de fala masculina, tendo em vista a maior energia sonora pre-

sente em sua fala, em comparação à fala feminina para um mesmo esforço. Tais espectros foram selecionados a partir do extensivo estudo de Pearson, Bennett e Fidell [20], descrito por Olsen [21], medidos em câmara anecônica com locução de um texto padrão. A Figura 4 ilustra os espectros propostos, sendo que estes foram utilizados como fonte emissora, presente no cômodo emissor, para realização das análises.

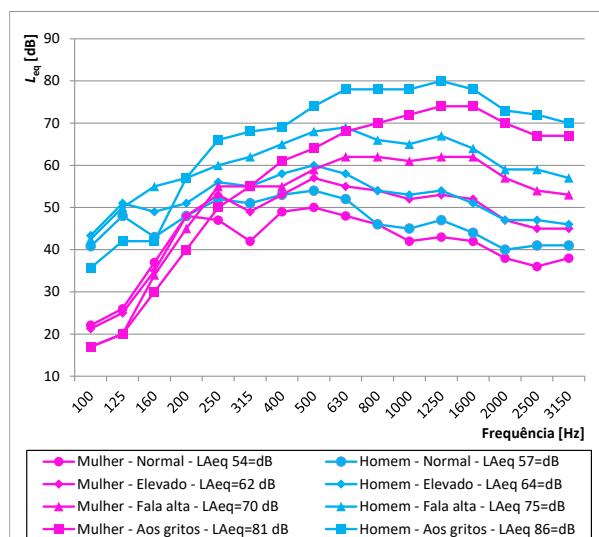


Figura 4: Espectros de conversação de homens e mulheres (adaptado de Olsen [21]).

A partir da capacidade prevista de isolamento aos sons aéreos (D_{nT}) e dos espectros de ruído estabelecidos no ambiente emissor, a análise da atenuação sonora de cada divisória foi realizada, para cada banda de frequência, por meio de

$$L_{eq,rec} = L_{eq,emi} - D_{nT} + 10\log\left(\frac{T}{T_0}\right), \quad (2)$$

em que $L_{eq,rec}$ é o nível médio de pressão sonora no ambiente receptor, em dB; $L_{eq,emi}$ é o nível médio de pressão sonora no ambiente emissor, em dB; D_{nT} é a diferença de nível padronizada, em dB; T é o tempo de reverberação do ambiente receptor, considerado igual a 0,5 s; e T_0 é o tempo de reverberação de referência, igual a 0,5 s. Tal avaliação foi baseada em níveis de pressão sonora representativos dos ambientes emissor e receptor, obtidos a partir da média espacial do nível sonoro nos cômodos.

De posse dos níveis de pressão sonora no ambiente receptor, em cada banda de frequência, foi calculado seu nível médio de pressão sonora ponderado em A (L_{Aeq}), por meio da curva de ponderação A da norma IEC 61672-1 [22].

Para ambientes utilizados como dormitório, a prescrição da norma ABNT NBR 10152 [11], em consonância com Patrício [12], implica um limite para o nível de pressão sonora ponderado em A (L_{Aeq}) de 35 dB e uma Curva NC-30 (critérios de ruído NC) como limite. Assim, devido à natureza do ruído de vizinhança (incômodo é amplificado pelo teor de informações presente em conversações), para avaliação da perspectiva do usuário frente ao ruído estabelecido dentro do ambiente receptor (dormitório), foram propostos os limites presentes no Quadro 3.

Quadro 3: Níveis de L_{Aeq} e Curva NC para diferentes ocorrências de incômodo em dormitórios.

| Avaliação | L_{Aeq} (dB) | Curva NC |
|---------------------------------|----------------|----------|
| Provável ocorrência de incômodo | 35 | NC-30 |
| Possível ocorrência de incômodo | 30 | NC-25 |
| Baixa probabilidade de incômodo | 25 | NC-20 |

Baseado nos limites de avaliação do estudo de Maschke e Niemann [13], os limites para consideração da ocorrência de incômodo, presentes no Quadro 3, foram definidos partindo do limite máximo da ABNT NBR 10152 [11] e recomendação de Patrício [12], sendo propostos mais dois limites, com diferenças de 5 dB, promovendo uma diferença de nível perceptível.

Por fim, de modo a avaliar a capacidade prevista de desempenho acústico de cada sistema construtivo, foram utilizados os intervalos de avaliação do Brasil, presentes na norma ABNT NBR 15575-4 [6], e de Portugal, por meio do Decreto-Lei n.º 129/2002 [7], conforme ilustra o Quadro 4.

Quadro 4: Níveis de desempenho para isolamento acústico de paredes que dividem dormitórios.

| País | D _{nT,w} (dB) | Nível de desempenho |
|----------|------------------------|---------------------|
| Brasil | 45 a 49 | Mínimo |
| | 50 a 54 | Intermediário |
| | ≥ 55 | Superior |
| Portugal | ≥ 50 | - |

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De forma a subsidiar a análise, primeiramente, no Quadro 5 estão presentes os resultados de diferença de nível padronizada ponderada, considerando as contribuições indiretas, de cada sistema construtivo, e sua avaliação de nível de desempenho.

Quadro 5: Nível de desempenho para os sistemas construtivos.

| Nomencla-tura | D _{nT,w} (dB) | Nível de desempenho | |
|---------------|------------------------|---------------------|------------|
| | | Brasil | Portugal |
| PAR-1 | 46 | Mínimo | Não atende |
| PAR-2 | 53 | Intermediá-rio | Atende |
| PAR-3 | 55 | Superior | Atende |

Considerando os resultados obtidos, é possível verificar que os sistemas construtivos obtiveram, em ordem de complexidade, desempenho acústico mínimo, intermediário e superior frente aos requisitos do Brasil. No caso dos limites de Portugal, apenas o sistema PAR-1 não obteve capacidade de isolamento acústico suficiente, não sendo admitido frente à legislação portuguesa.

Em relação ao sistema construtivo PAR-1, na Figura 5 estão presentes os níveis de pressão sonora no ambiente emissor e receptor, calculados a partir da diferença de nível padronizada para o sistema.

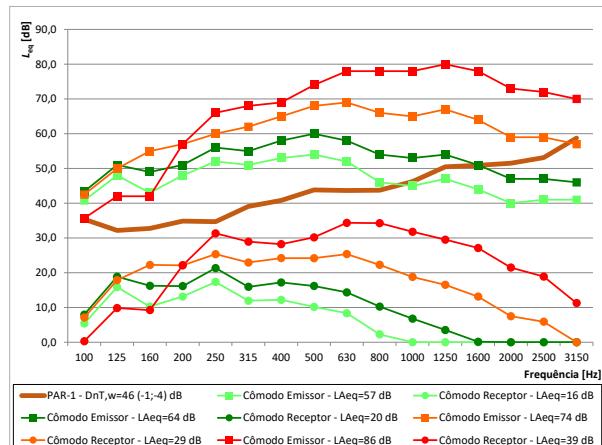


Figura 5: Divisória PAR-1: níveis de pressão sonora estabelecidos no ambiente receptor.

O espectro dos níveis de pressão sonora no ambiente emissor, nas quatro intensidades propostas, possui maior concentração de energia sonora nas bandas de média frequência e a curva de isolamento acústico do sistema PAR-1 possui maior eficiência nas bandas de média-alta frequência. Desta forma, considerando o espectro emissor de maior energia, a capacidade de atenuação do ruído, por parte do sistema construtivo, foi bastante reduzida na faixa de 250 Hz a 2.000 Hz.

Neste caso, para os ruídos de conversação com L_{Aeq} igual a 57 e 64 dB, a probabilidade de incômodo dos usuários do ambiente receptor é baixa, classificados pela curva NC-15, mas frente à incidência do espectro de ruído com L_{Aeq} igual a 75 dB já existe a possibilidade da ocorrência de incômodo (curva NC-25). Tal situação é agravada quando o sistema construtivo necessita atenuar o ruído de vizinhança de maior energia, frente ao qual é provável a ocorrência de incômodo (curva NC-40), estando em desacordo com o limite para uma baixa probabilidade de incômodo.

Assim, mesmo que o sistema atenda ao requisito brasileiro, frente ao desempenho acústico, esta tipologia não possui capacidade de isolamento acústico suficiente para garantir uma baixa probabilidade de incômodo aos usuários em função dos níveis de conversação propostos, além de não estar de acordo com o requisito português.

Em relação ao sistema de parede PAR-2, a Figura 6 ilustra os níveis de ruído no ambiente receptor, estabelecidos a partir do isolamento acústico promovido pelo sistema construtivo frente ao ruído emitido no cômodo emissor.

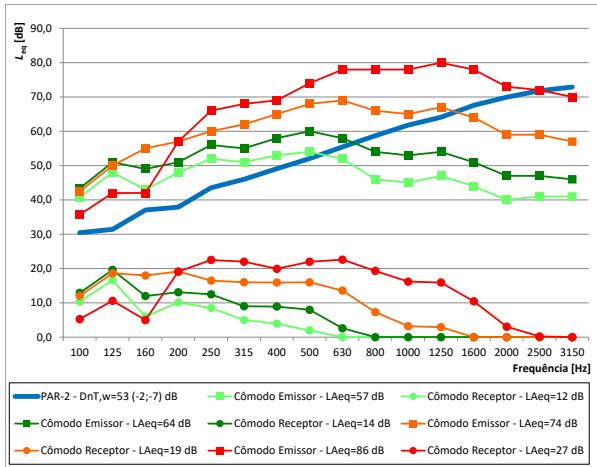


Figura 6: Divisória PAR-2: níveis de pressão sonora estabelecidos no ambiente receptor.

Por meio do espectro de D_{nT} para o sistema PAR-2, é possível verificar que o sistema construtivo possui deficiência, em relação aos espectros de ruído, de isolamento acústico nas bandas de 200 Hz a 800 Hz, resultando em uma menor atenuação dos níveis de ruído nesta faixa.

A capacidade de isolamento acústico do sistema é suficiente para promover uma baixa probabilidade de incômodo quando o sistema construtivo é excitado pelos ruídos de conversação com L_{Aeq} de até 75 dB, possuindo um nível de isolamento acústico adequado. Neste caso, quando do estabelecimento do espectro de conversação de maior energia sonora no ambiente emissor (L_{Aeq} de 86 dB), o isolamento acústico promovido pelo sistema construtivo promove a possibilidade de ocorrência de incômodo aos usuários (curva-NC25).

Assim, o presente sistema construtivo atende aos requisitos brasileiros (desempenho acústico intermediário) e portugueses, e quando do estabelecimento de conversas com L_{Aeq} próximos a 75 dB, é esperada uma baixa probabilidade de insatisfação por parte dos usuários do ambiente vizinho. Com ruídos de vizinhança

com L_{Aeq} em torno de 86 dB existe a possibilidade de ocorrência de incômodo aos usuários, indicando atenção em sua prescrição.

Por fim, considerando o sistema de parede PAR-3, a avaliação do nível de pressão sonora presente no ambiente receptor, resultante da atenuação promovida pela divisória a partir do ruído de conversação emitido no cômodo emissor, está presente na Figura 7.

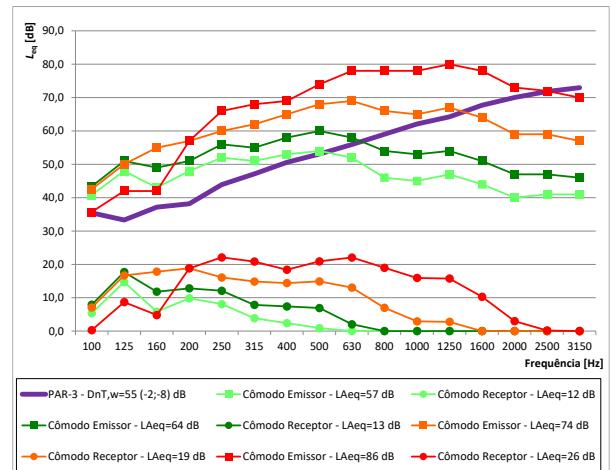


Figura 7: Divisória PAR-3: níveis de pressão sonora estabelecidos no ambiente receptor.

Considerando o sistema PAR-3, sua capacidade de redução dos sons aéreos é considerável nas bandas de média frequência, que é a faixa mais demandada pelos espectros de ruído propostos. Sendo assim, mesmo para o espectro de ruído de conversação mais elevado, o sistema possui capacidade de atenuação da energia de forma eficiente, com níveis sonoros em torno de 20 dB nas bandas de média frequência.

Neste caso, frente à percepção dos usuários do ambiente receptor, mesmo o nível de ruído ad-vindo da situação mais desfavorável é classificado pela curva NC-20, classificado no limite mais restritivo, no qual é baixa a probabilidade de incômodo aos usuários. Isto indica que o sistema construtivo é adequado para todos os espectros de conversação definidos como fonte emissora. Assim, é esperado que o presente sistema, classificado com desempenho acústico superior frente à norma brasileira, e adequado à norma portuguesa, seja satisfatório aos usuá-

rios da unidade receptora, quando do estabelecimento dos níveis de conversação propostos na unidade de seu vizinho imediato.

Por fim, de modo a realizar uma análise geral da percepção do usuário no ambiente receptor, a Figura 8 ilustra os valores do nível médio de pressão sonora no cômodo receptor, para cada nível de ruído emissor, em função da atenuação promovida por cada uma das tipologias de divisória.

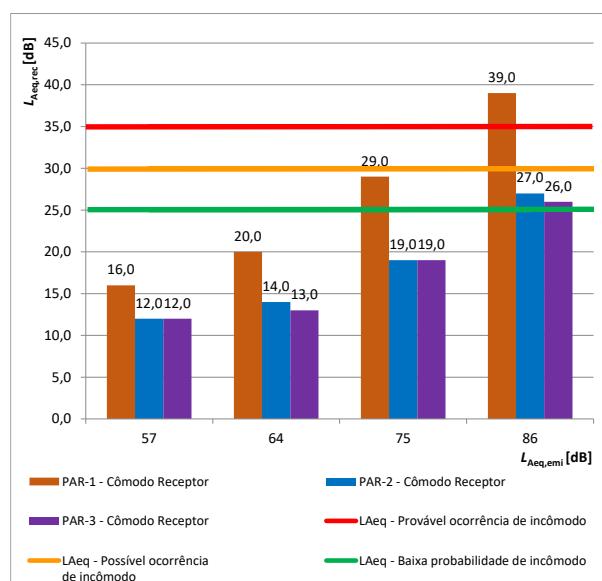


Figura 8: Níveis de pressão sonora equivalentes no ambiente receptor para cada condição de ruído em função do sistema de vedação vertical.

Considerando os resultados de nível médio de pressão sonora ponderado em A, existe baixa probabilidade de incômodo aos usuários de todos os sistemas construtivos quando são estabelecidos os níveis de conversação propostos com L_{Aeq} de 57 e 64 dB, porém, este cenário não se mantém com níveis mais elevados. Considerando um nível de ruído de vizinhança emissor com L_{Aeq} de 75 dB existe a possibilidade de ocorrência de incômodo aos usuários da edificação com a divisória PAR-1. Considerando este nível, com o uso dos outros dois sistemas existe uma baixa probabilidade de incômodo.

Considerando o cenário de maior energia de ruído de vizinhança, com utilização do sistema construtivo PAR-2 é provável a ocorrência de

incômodo aos usuários da unidade. Para os sistemas PAR-2 e PAR-3, nesta condição de ruído emissor, sua capacidade de isolamento acústico é insuficiente, gerando uma possível ocorrência de incômodo quando do uso da unidade receptora submetida a tal energia sonora no ambiente adjacente.

Desta forma, em oposição à análise por bandas de frequências, que apontou para uma baixa probabilidade de incômodo aos usuários quando do uso do sistema construtivo PAR-3, quando da análise do L_{Aeq} tal situação não foi confirmada. Neste caso, mesmo atendendo ao requisito português e atingindo desempenho acústico superior frente à norma brasileira, o sistema construtivo não possui capacidade de isolamento acústico global adequada para garantir uma baixa probabilidade de incômodo aos usuários de um dormitório adjacente ao estabelecimento de um ruído de vizinhança com L_{Aeq} de 86 dB.

Assim, fica evidente a necessidade de avaliação conjunta do comportamento do isolamento sonoro dos sistemas construtivos por banda de frequências e de forma global (L_{Aeq}) para a verificação de todos os dados disponíveis neste panorama para melhor retratar a satisfação do usuário em situações de elevado ruído de vizinhança.

Por fim, apesar de até o sistema construtivo com nível superior de desempenho acústico (Brasil), e aceito em Portugal, não promover isolamento aos sons aéreos suficiente para que não haja uma baixa probabilidade de incômodo ao usuário (avaliação global), é necessário indicar que as delimitações propostas nesta pesquisa limitam a avaliação para este cenário, sendo possível a obtenção de resultados distintos com uso de outra configuração de ambiente e sistemas construtivos.

Isto indica que, apesar dos resultados aqui descritos, tal avaliação de ruído de vizinhança não pode ser generalizada e cada caso deve ser analisado com atenção às suas particularidades, com uso de dados de isolamento acústico coerentes ao que se pretende utilizar, expectativa

do usuário da edificação proposta, nível de desempenho acústico necessário e previsão do espectro de ruído que poderá ser estabelecido nos ambientes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do desenvolvimento das análises propostas por esta pesquisa é possível verificar que, apesar da necessidade de atendimento dos requisitos de desempenho acústico, a especificação de sistemas construtivos baseada apenas em seu nível de desempenho não promove a garantia de satisfação dos usuários em situações reais de uso.

Desta forma, apesar das ferramentas de previsão auxiliarem no atendimento dos requisitos impostos pela norma técnica (Brasil) e legislação (Portugal), a consideração do espectro e níveis de ruído aos quais os sistemas construtivos serão expostos se mostra como um parâmetro de projeto de suma importância para que o bem-estar e a privacidade acústica dos usuários sejam alcançados no desenvolvimento de suas atividades.

A análise dos níveis de pressão sonora por banda de frequência e médios ponderados em A no ambiente receptor se mostraram como parâmetros indispensáveis para especificação dos sistemas construtivos e sua avaliação deve ser realizada de forma conjunta, uma vez que avaliações distintas podem ser obtidas entre os dois métodos, devendo ser utilizado o mais restritivo.

Neste caso, para o sistema construtivo PAR-3, a análise espectral apontou para uma baixa probabilidade de incômodo, enquanto que a análise dos níveis médios de pressão sonora ponderados em A indica que existe a possibilidade de incômodo quando da incidência do ruído de conversação de maior energia sonora.

Em termos da análise dos níveis médios de pressão sonora ponderados em A no ambiente receptor, mesmo os sistemas construtivos que obtiveram desempenho acústico intermediário e superior frente aos requisitos brasileiros, e

atendem ao regimento português, para a condição proposta, apresentaram a possibilidade de ocorrência de incômodo aos usuários da unidade receptora de ruído de vizinhança.

Desta forma, para os espectros de conversação propostos, a recomendação de sistemas construtivos baseada apenas no atendimento dos requisitos de desempenho acústico da norma brasileira e da legislação portuguesa provavelmente não garante a efetiva satisfação dos usuários quando do uso da edificação. Assim, é recomendada a consideração dos possíveis níveis sonoros que podem ser estabelecidos nos ambientes habitacionais para garantia de uma reduzida probabilidade de incômodo aos usuários das unidades vizinhas.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

1. HOPKINS, C. *Sound insulation*. 1. ed. Oxford: Elsevier, 2007.
2. RINDEL, J. H. *Sound insulation in buildings*. 1. ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group LLC, 2018.
3. ALLEN, E.; IANO, J. *Fundamentals of building construction: materials and methods*. 7. ed. New Jersey: John Wiley and Sons Inc., 2019.
4. POHL, J. *Building science: concepts and application*. 1. ed. Chichester: John Wiley Ltd, 2011.
5. RINDEL, J. H.; RASMUSSEN, B. *Buildings for the future: the concept of acoustical comfort and how to achieve satisfactory acoustical conditions with new buildings. COMET-SAVIOR Course*, Grenoble: CSTB, 18 p., 1995.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT NBR 15575: Edificações habitacionais*:

Desempenho: Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2021.

7. PORTUGAL. *Decreto-Lei n° 129*, de 11 de maio de 2002. Dispõe sobre o regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios. Lisboa: Presidência da República, 2002. Disponível em:

https://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=3106&tabela=leis&so_miolo=. Acesso em: 08 jun. 2024.

8. RASMUSSEN, B. Sound insulation between dwellings – requirements in building regulations in Europe. *Applied Acoustics*, v. 71, n. 6, p. 373-385, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2009.08.011>. Acesso em: 08 jun. 2024.

9. NEWELL, P. *Recording studio design*. 4. ed. Oxford: Elsevier Ltd., 2017.

10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT NBR 10151*: Acústica: Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas: Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro, 2019.

11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT NBR 10152*: Acústica: Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2017.

12. PATRÍCIO, J. *Acústica nos edifícios*. 7. ed. Porto: Quântica Editora, 2018.

13. MASCHKE, C.; NIEMANN, H. Health effects of annoyance induced by neighbour noise. *Noise Control Engineering Journal*, 2007. v. 55, n. 3, p. 348–356. Disponível em: <https://doi.org/10.3397/1.2741308>. Acesso em: 08 jun. 2024.

14. PROACÚSTICA. *Manual ProAcústica Sobre a Norma de Desempenho*: ABNT NBR 15575:2021 – acústica. 4. ed. São Paulo: ProAcústica, 2022. Disponível em: <https://www.proacustica.org.br/manuais-proacustica/manual-proacustica-sobre-a-norma-de-desempenho-4edicao/>. Acesso em: 08 jun. 2024.

15. NEUFERT, E. *A arte de projetar em arquitetura*. 42. ed. Porto Alegre: Bookman, 2022.

16. GUILLEN, I.; URIS, A.; ESTELLES, H.; LLINARES, J.; LLOPIS, A. On the sound insulation of masonry wall façades. *Building and Environment*, v. 43, n. 4, p. 523-529, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.01.010>. Acesso em: 08 jun. 2024.

17. OLIVEIRA; M. F. de; KLIPPEL FILHO, S.; PACHECO, F.; PATRÍCIO, J. V.; TUTIKIAN, B. F. Influence of ceramic block geometry and mortar coating on the sound reduction of walls. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 195-207, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000200521>. Acesso em: 08 jun. 2024.

18. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT NBR ISO 12354*: Acústica de edificações: Estimativa do desempenho acústico nas edificações por meio do desempenho de elementos: Parte 1: Isolamento a ruído aéreo entre ambientes. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

19. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *ISO 717*: Acoustics: Rating of sound insulation in buildings and of building elements: Part 1: Airborne sound insulation. Geneva: ISO, 2020.

20. PEARSONS, K. S.; BENNETT, R. L.; FIDELL, S. Speech levels in various noise environments. *Report n° EPA-600/1-77-025*, Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 1977.

21. OLSEN, W. O. Average speech levels and spectra in various speaking/listening conditions. *American Journal of Audiology*, 1998, v. 7, n. 2, p. 21-25. Disponível em: [https://doi.org/10.1044/1059-0889\(1998/012\)](https://doi.org/10.1044/1059-0889(1998/012)). Acesso em: 08 jun. 2024.

22. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). *IEC 61672*: Electroacoustics: Sound level meters: Part 1: Specifications. Geneva: IEC, 2013.

Análise modal e estabilidade em pilares de paredes finas: abordagens com a Técnica do Meio Contínuo e o Método dos Elementos Finitos

Fonseca, C. C. F.¹ ; Melo, W. I. G.¹ 

¹ Engenharia Civil, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Cabo de Santo Agostinho, PE, wesley.gomes@ufrpe.br

Resumo

A modelagem de qualquer estrutura pode ocorrer por técnicas contínuas ou por métodos de discretização, ressaltando-se que as primeiras conduzem, em geral, a equacionamentos mais complexos e decorrentes sistemas de equações diferenciais. Acontece que o segundo tipo de análise é bastante recorrente e aplicado nos dias atuais, devido à acessibilidade de softwares, porém faz-se necessário grande destreza para verificar os resultados obtidos por meio de análises por técnicas contínuas. Neste sentido, este artigo apresenta o estado da arte da análise modal e do problema de estabilidade elástica em núcleos estruturais via Técnica do Meio Contínuo (TMC) e pelo Método dos Elementos Finitos — elemento de barra (MEF-EB). A apresentação ocorreu como se segue: a ideia base da modelagem pela TMC; o elenco da relevância ao inovar a distribuição dos lintéis e a formação dos sistemas de contraventamento Z e X; a apresentação do histórico da TMC, evidenciando seu declínio produtivo na passagem do século e seu resgate por Melo e demais autores; a explicitação da metodologia de cálculo da carga crítica (estabilidade) através de análise pela TMC; e o elenco de uma sequência lógica para que futuros pesquisadores possam estudar a TMC e suas aplicações. Por fim, o presente artigo permite a compreensão da potencialidade da TMC e propõe um roteiro base para seu aprendizado, bem como, evidencia a aplicabilidade, consciente, do MEF-EB na análise dos citados pilares contraventados.

Palavras-chave: núcleo estrutural, técnica do meio contínuo, estabilidade, modos de vibração, elemento de barra.

PACS: 43.40.Cw, 43.40.-r, 43.55.Wk, 43.40.Qi, 43.38.Ar.

Modal analysis and stability in thin-walled columns: approaches using the Continuous Medium Technique and the Finite Element Method

Abstract

The modeling of any structure can be achieved through continuous techniques or discretization methods, noting that the former generally lead to more complex equations and resulting systems of differential equations. However, the latter type of analysis is quite common and applied in contemporary times due to the accessibility of software. Nonetheless, significant skill is required to validate the results obtained through analyses employing continuous techniques. In this context, this article presents the state of the art in modal analysis and the elastic stability problem in structural cores using the Continuous Medium Technique (CMT) and the Finite Element Method — bar element (FEM-BE). The presentation unfolded as follows: The foundational concept of modeling through CMT; Emphasis on the innovation of lintel distribution and the formation of Z and X bracing systems; Historical overview of CMT, highlighting its decline in productivity in the transition of centuries and its revival by Melo and other authors; Explanation of the methodology for calculating critical load (stability) through CMT analysis; Articulation of a logical sequence for future researchers to study CMT and its applications. In conclusion, this article facilitates an understanding of the potential of CMT and proposes a foundational framework for its acquisition, while also highlighting the conscious applicability of FEM-BE in the analysis of the mentioned braced pillars.

Keywords: structural core, continuous medium technique, stability, vibration modes, bar element.

1. INTRODUÇÃO

De forma geral, os pilares de pontes são submetidos a esforços solicitantes de grande magnitude, tornando-se bastante significante a ação do vento, principalmente quando posicionados em vales profundos. Isso ocorre devido à elevada cota da mesoestrutura em relação à base dos pilares, bem como os pilares tornam-se esbeltos, por racionalidade estrutural.

Outro agravante é o lançamento estrutural de pilares altos de pontes com seção transversal em formato de paredes finas, os denominados núcleos estruturais. Desta forma, ao conferir racionalidade/economia ao pilar, surge a necessidade de lançar um sistema conveniente de contraventamento. Nesta revisão da literatura serão apresentados enfoques para lintéis promovendo o contraventamento do núcleo estrutural, por meio da costura da face aberta, e sobre três configurações: a primeira com lintéis horizontais e espaçados uniformemente na altura do pilar. A segunda configuração é a disposição dos lintéis em Z (lintéis horizontais intertravados com barras inclinadas). Além disso, há a terceira configuração disposta em X.

Cabe ressaltar que o formato dos pilares, por ser de paredes finas, gera a ativação de esforços oriundos da ação conjunta da flexão e da torção, tornando-se relevante o histórico de estudos do centro de torção D, do empenamento e, consequente, variação da rotação ϕ em torno do eixo axial em D, além do bimomento. Quanto às soluções estruturais mediante a Técnica do Meio Contínuo (TMC) serão apresentadas com ênfase na Teoria dos Painéis-Parede (TPP).

Atualmente a análise modal dos núcleos estruturais é processada, em grande maioria dos escritórios de cálculo estrutural, mediante *software* baseados na discretização pelo Método dos Elementos Finitos (MEF). Ocorre, porém, que em sua maioria, os engenheiros estruturais possuem apenas a graduação e algum curso de especialização, o que implica em pígio aprofundamento nos conceitos inerentes ao processamento adequado pelo MEF. Desta maneira, mesmo com o avanço das pós-graduações no território brasileiro, ainda é constatado que muitos engenheiros

recém-formados conduzem seus escritórios de análise e dimensionamento estrutural baseando-se unicamente nas soluções advindas do mero emprego dos manuais de utilização de *software* comerciais. Este fato acarreta certo dimensionamento às cegas, sem que o engenheiro possa analisar criticamente todas as etapas da análise procedida.

A abordagem física e matemática, presente em Rosman [1]; Rehgozar e Malekinejad [2] e Melo [3], culmina no *Fluxograma de Desacoplamento* do sistema de EDPs (Equações Diferenciais Parciais) que rege a solicitação dinâmica da TPP. Além disso, em Melo e Barbosa [4–6] e em Melo; Luz e Barbosa [7] fica evidenciado o procedimento formal para a resolução da EDP desacoplada no *Sistema Generalizado de Coordenadas*, com ênfase na análise modal do pilar.

1.1 Ideia base da modelagem pela TMC

A modelagem estrutural por técnicas contínuas parte do pressuposto da expressão de esforços/deformações ou deslocamentos em equações válidas em todo o domínio da estrutura, trocando o problema real por um meio equivalente com propriedades elasto-mecânicas e ações/solicitações uniformizadas, conforme aponta Beck [8].

Os casos mais estudados tratam da quantificação de deflexões laterais, em geral, para a flexão dos lintéis. O mencionado equacionamento ocorre a partir do equilíbrio do elemento diferencial do núcleo estrutural. Ademais, em tais análises almeja-se expressar os seguintes parâmetros elásticos: deslocamentos lineares e angulares; esforços solicitantes; modos de vibração; e até carga de flambagem.

No entanto, deve-se atentar que o MEF e as demais técnicas discretizadoras seguem em contramão ao procedido na TMC, uma vez que analisa a estrutura por meio de trechos, com equações válidas em tal e não para todo o seu comprimento. Em seguida, o MEF integra a estrutura ao equacionamento procedido, elemento a elemento, através da análise matricial dos efeitos nodais dos ditos Elementos Finitos (EF).

Conforme elencado por Beck [8], observa-se que a utilização da TMC é impulsionada para possibilitar a resolução simplificada do pórtico plano/viga Vierendeel de elevado grau de indeterminação hiperestática. Nesse artigo é mencionada ainda a ideia precursora de Marneffe [9] advinda da aplicação de sistemas equivalentes ao hiperestático em tela.

Quanto à modelagem dos lintéis de contraventamento, parte-se da formulação das equações de equilíbrio de esforços solicitantes, isso para o elemento finito de barra formulado por George Alfred Maney [10], cujo propósito inicial era a análise estrutural de pórticos planos. Esta foi aplicada por Goldberg [11] para computar a ação do vento, também em pórticos planos. E por fim, em MacLeod [12] constata-se a aplicação das Equações de Maney para estendê-las para os núcleos estruturais, onde os lintéis horizontais funcionam como vigas e a ligação Lintel — Painel-Parede é modelada via trecho infinitamente rígido, como mostra a Figura 1.

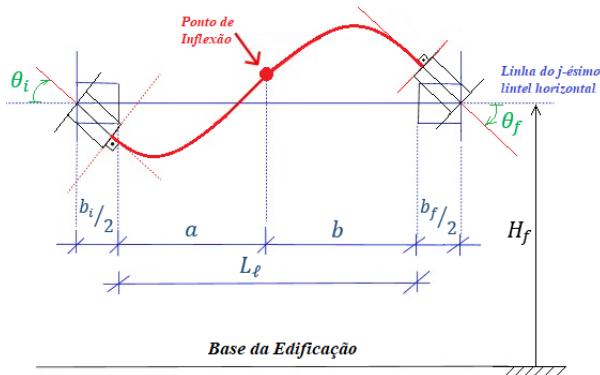


Figura 1: Configuração deformada do j -ésimo lintel horizontal com trechos extremos infinitamente rígidos à flexão.

Em tempos mais atuais, constata-se tal emprego em Varjú e Prokié [13] e Melo e Barbosa [4], isso para o contraventamento de núcleos estruturais formados por lintéis horizontais, e sob distribuição uniforme ao longo da altura do pilar. Além disso, promove a ligação entre os painéis-parede, extremos na face aberta, por meio dos mencionados lintéis. Analisando a literatura especializada percebe-se a modelagem do contraventamento de núcleos estruturais por lintéis unicamente na horizontal. Porém, para o caso de pilares de pontes, metálicos ou de concreto armado, é recomendada a imposição de tra-

mentos diagonais na face aberta do núcleo estrutural, caracterizando assim a necessidade do Contraventamento em Z.

É neste sentido que se encontram os estudos de Ricaldoni [14, 15], onde são estudados os esforços solicitantes e deformações para pórticos planos, quando da promoção do travamento por barras/lintéis inclinados, o que remete ao caso realístico de pilares contraventados por lintéis na horizontal e intertravados por lintéis inclinados, configurando assim o Sistema de Contraventamento em Z.

1.2 Relevância da inovação nos lintéis

Desta forma, fica evidente que o contraventamento de pilares de paredes finas com seção aberta é processado na literatura com imposição unicamente de lintéis na horizontal. Porém, conforme é explicitado por Ricaldoni [15], e facilmente constatado mediante análise estrutural, percebe-se que ao promover o contraventamento de núcleos estruturais por meio de lintéis horizontais intertravados por lintéis em diagonal, torna-se o lançamento estrutural bastante racional e econômico. Ao modelo exposto por Ricaldoni [15] denomina-se, neste artigo, de *Sistema de Contraventamento em Z*.

Em especial, no caso de pilares de pontes com tabuleiro disposto sobre grandes vales profundos, gerando pilares altos e esbeltos, agrega-se viabilidade econômica atrelada à segurança estrutural, ao associar a seção transversal de paredes finas. E a tal seção, acresce-se um sistema de contraventamento por lintéis diagonais, conforme é ilustrado na Figura 2, cujas diagonais minoram em muito os deslocamentos laterais do já mencionado núcleo estrutural.

1.3 Determinação da carga de flambagem

Conforme discutido em Vlassov [16], o problema de estabilidade de pilares pode ser analisado sob o prisma de duas teorias. A primeira é denominada de Teoria do Equilíbrio no ponto de bifurcação, permitindo o equilíbrio estrutural para o eixo indeformado (1^a ordem) e para o eixo deformado (2^a ordem). Já o segundo gênero

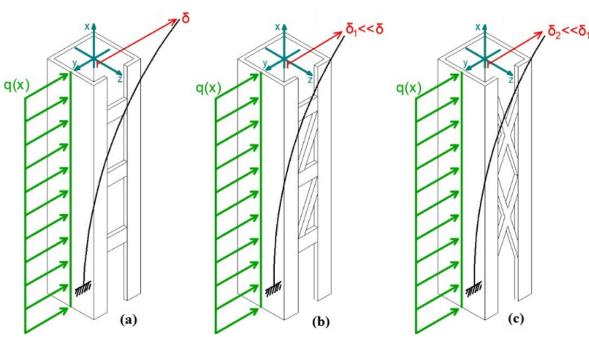


Figura 2: Exposição qualitativa da minoração dos deslocamentos laterais em núcleo C para contraventamento: (a) convencional; (b) em Z; e (c) em X (retirado de Melo; Luz e Barbosa [7]).

de análise é denominado de Teoria da variação dos estados deformados e decorre do incremento sucessivo da carga aplicada axialmente no pilar até que o deslocamento lateral se torne infinito, conforme ilustrado na Figura 3.

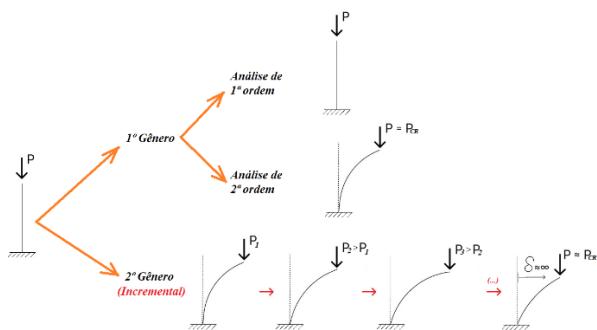


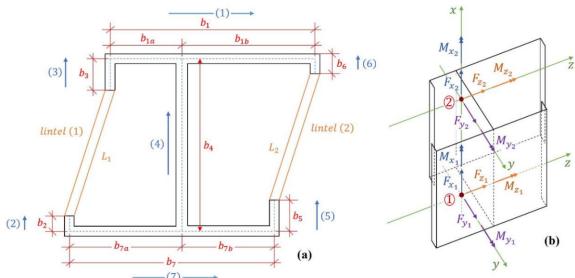
Figura 3: Gêneros de determinação da carga de flambagem para pilares.

1.4 Apreciação sobre as soluções em MEF

Na solução do problema, a princípio, de difícil processamento, é vantajosamente processado pelo MEF, cuja base é discretizar a estrutura em pequenos elementos e nestes são resolvidas as equações dominantes via equações polinomiais aproximadas e decorrente aplicação de condições de contorno. Torna-se então muito atrativo e versátil, daí seu vasto emprego cotidiano.

Apesar desta enorme vantagem, é importante frisar as limitações do MEF, quais sejam: necessidade de modelar precisamente as condições de contorno; dificuldade de processamento para problemas com elevado número de graus de liberdade (seja por capacidade de hardwares ou de rotinas otimizadas); e, possíveis instabilidades numéricas que evitem o processo de convergência dos resultados.

Essas limitações podem ser contornadas a partir do desenvolvimento de algoritmos mais eficazes e formulação de novos elementos finitos. No caso dos pilares de paredes finas, pode-se evidenciar o desenvolvimento de novos elementos finitos de barra, contemplando o contraventamento por lintéis, vide Figura 4.



Bach [17], por meio de experimentos do funcionamento estrutural quando a carga atuante é aplicada fora do Centro de Torção. Para as pontes, o efeito de empenamento em pilares de paredes finas foi experimentalmente analisado por Bernstein [18].

Anos mais tarde, Bleich & Bleich [19] apresentaram um estudo teórico do problema de torção e da estabilidade para as paredes finas baseando-se na energia interna e modelando o caso da compressão axial da peça, concluindo um sistema com três equações diferenciais. Em seguida, surgiram os estudos de vários cientistas buscando promover o cálculo rápido e simplificado de peças em paredes finas abertas, porém foi Vlassov [20] que promoveu a aplicação de tais elementos estruturais na construção civil. Nesse estudo foi constatado que os valores de resistência para a peça de paredes finas aberta, pela nova formulação, considerando a Teoria da Flexo-Torção e o Bimomento, eram bem superiores aos valores postulados na Resistência dos Materiais clássica à época.

A tese de doutorado de Vlassov [20], depositada no “Institut des Ingénieurs-Constructeurs de Moscou”, desencadeou trabalhos futuros gerando três compêndios, quais sejam: Vlassov [21], com o título “Pièces Longues en Voiles Minces”; Vlassov [22], intitulado “La Statique des Constructions Spatiales en Voiles Minces”; e por fim, Vlassov [23], nomeado de “Théorie Générale des Voiles”. Desta forma, Vlassov criou um método de análise de núcleos estruturais de núcleos estruturais assumindo que a seção transversal de paredes finas é composta por placas finas/painéis-parede, denominadas assim por Mancini [24] e Barbosa [25], no qual é proposto uma solução esquemática inédita.

A única simplificação proposta por Vlassov [16] foi considerar que, nos lintéis de contraventamento dos painéis-parede, ocorre obrigatoriamente a formação de rótulas plásticas no meio do vão, o que para os casos de lintéis mais usuais é apresentado na Figura 5.

No contexto da América Latina citam-se os estudos percursores de: Ricaldoni [15, 26]; Stamato e Smith [27]; Stamato [28] e Stamato [29], os

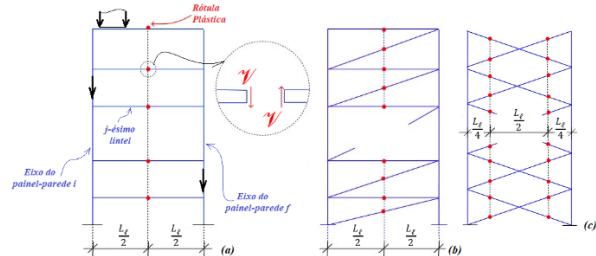


Figura 5: Formação de rótulas plásticas no meio dos vãos dos lintéis: (a) horizontais; (b) em Z; e (c) em X com nós centrais rígidos.

quais procederam suas pesquisas sob a ótica proposta por Vlassov [21] e com a aplicação prática em Edifícios Altos.

Em seguida, Mancini [24, 30], um dos discípulos de Stamato, promove estudos da ação do vento em Edifícios Altos e cria então o termo “painéis-parede” para designar as paredes finas que tanto podem modelar pilares maciços, pórticos ou os núcleos estruturais. Assim, nesta senda, vem Barbosa [25] cunhando em títulos garrafais e aplicando os termos “Técnica do Meio Contínuo” e “painéis-parede”, veja páginas II-1 e II-55 da referida publicação. Nesse trabalho tem-se a aplicação da TMC em pilares em formato de núcleos estruturais, considerando apenas a atuação do vento, conforme é ilustrado na Figura 6 (a), além de impor a formação de rótulas plásticas no centro do vão dos lintéis.

Logo em seguida, encontra-se a publicação de Carvalho [31] analisando os núcleos estruturais com a consideração da carga vertical inerente aos pilares e mantendo a rotulação plástica dos lintéis no meio dos vãos, conforme consta na Figura 6 (b).

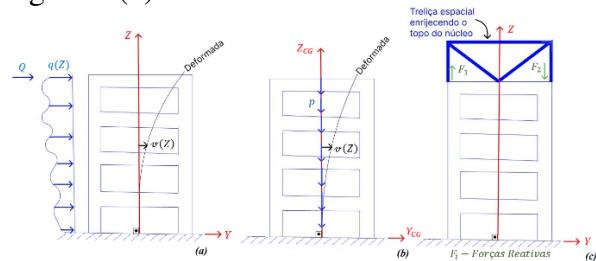


Figura 6: Núcleo estrutural: (a) com carga lateral do vento; (b) sob carga vertical, como cenários de carregamento; e (c) integrado à treliça espacial no topo.

Por fim, vários pesquisadores contribuíram ao longo dos anos 1980 e 1990 para a aplicação da TMC proposta inicialmente no Brasil por Stamato [32], mesmo sem a intitular formalmente,

mas procedendo toda a estruturação para a mencionada teoria. Na Livre Docêncie de Mancini [33] consta um rico apanhado histórico das pesquisas desenvolvidas via TMC e aplicadas a Edifícios Altos, que vai desde o ano de 1971 com Stamato até o ano de 1995 com o referido trabalho, no qual contribui com a TMC ao integrar ao Núcleo Estrutural C uma treliça espacial no topo, conforme consta na Figura 6 (c).

As publicações da TMC aplicada a Edifícios Altos não pararam por aí. Foram intercaladas até prelimídios dos anos 2000, de quais se cita Mancini e Savassi [34]. Em seguida, a TMC ficou relativamente esquecida, sendo reconduzida à luz científica em 2015 por Donneys [35] e em 2018 por Xavier e Melo [36], para Edifícios Altos. Promoveu-se o completo resgate da TMC em 2019 por Melo em sua Tese, com a modelagem estática e dinâmica de pilares de pontes em paredes finas e contraventados por lintéis horizontais, conforme consta na Figura 7.

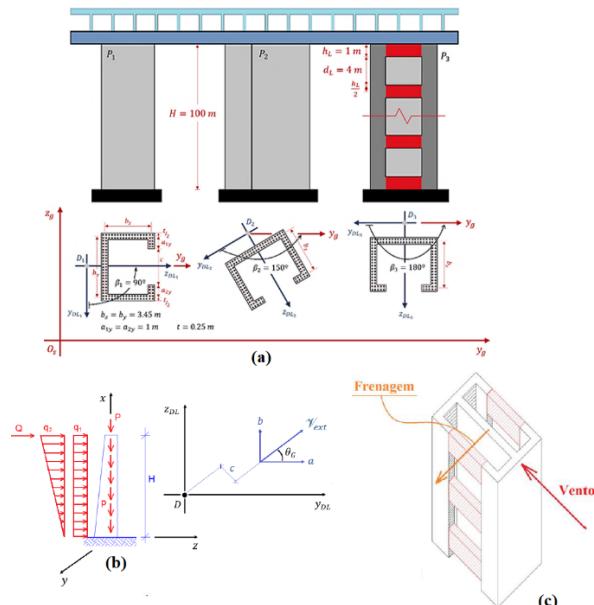


Figura 7: Pilares de paredes finas aplicados em pontes altas: (a) configuração generalizada; (b) carregamento do vento, esforço cortante no pilar; e (c) ações do vento e da frenagem de veículos em núcleos estruturais em duplo T (retirado de Melo [3]).

Os frutos da Tese mencionada no parágrafo anterior foram os artigos científicos: Melo e Barbosa [4–6], que fizeram uso da análise estática e dinâmica de pilares de paredes finas via TMC, e mais especificamente, valendo-se da “*Teoria dos Painéis – Parede*”.

2.2 Análise dinâmica dos painéis-parede

Para embasar as formulações dinâmicas do pilar de paredes finas modelado via TPP faz-se bastante relevante mencionar Chitty [37]; Vlassov & Terenine [38] e Vlassov [16], páginas 524 a 552, bem como, Rosman [39] e Laredo [40], nos quais se ressalta a possibilidade de expressar os modos de vibração mediante a solução da EDO (*Equação Diferencial Homogênea*) homogênea espacial. Por fim, para a ocorrência de um único *painel-parede* submetido à solicitação por flexão, considerando seção constante de paredes finas e material homo-gêneo, exprime-se:

- equação diferencial na análise estática:

$$EI \cdot \frac{d^2 \boldsymbol{\nu}_x(z)}{dz^2} = \mathfrak{M}_y(z); \quad (1)$$

- equação diferencial na análise dinâmica:

$$EI \cdot \frac{d^4 \boldsymbol{\nu}_x(z)}{dz^4} + m(z) \cdot \frac{d^2 \boldsymbol{\nu}_x(z)}{dt^2} = 0; \text{ e} \quad (2)$$

- equação homogênea espacial:

$$\frac{d^4 Z}{dz^4} - \omega^2 \cdot \frac{m}{EI} \cdot Z = 0, \quad (3)$$

sendo: $\boldsymbol{\nu}(z, t) = Z(z) \cdot T(t)$.

A solução da EDO homogênea espacial é expressa por:

$$\begin{aligned} Z(z) = & C_1 \cdot \cosh(\alpha z) + \\ & C_2 \cdot \operatorname{senh}(\alpha z) + C_3 \cdot \cos(\alpha z) + \\ & C_4 \cdot \operatorname{sen}(\alpha z), \end{aligned} \quad (4)$$

cuja raiz é quantificada por:

$$\alpha = \sqrt[4]{\omega^2 \cdot \frac{m}{EI}}. \quad (5)$$

E, por último, os modos de vibração são obtidos mediante aplicação das condições de contorno ao serem inseridas na Equação (4). Considerando-se a base engastada e topo li-vre, conclui-se por equação transcendental:

$$\cosh(\alpha \cdot z) \cdot \cos(\alpha \cdot z) + 1 = 0, \quad (6)$$

em que $\boldsymbol{\nu}$ é a deflexão lateral ativada; \mathfrak{M} é o momento fletor; EI é a rigidez à flexão de \mathfrak{M} ;

z é a coordenada longitudinal; ω é a frequência natural; m é a massa; t é o tempo; além de $Z(z)$ e $T(t)$ serem soluções parciais no domínio espacial e temporal, respectivamente.

A resolução da Equação 6 implica em “ n ” modos de vibração, conforme consta na Figura 8 — os sete primeiros modos de vibração à flexão para os lintéis do sistema de contraventamento dos pilares em formato de núcleo estrutural.

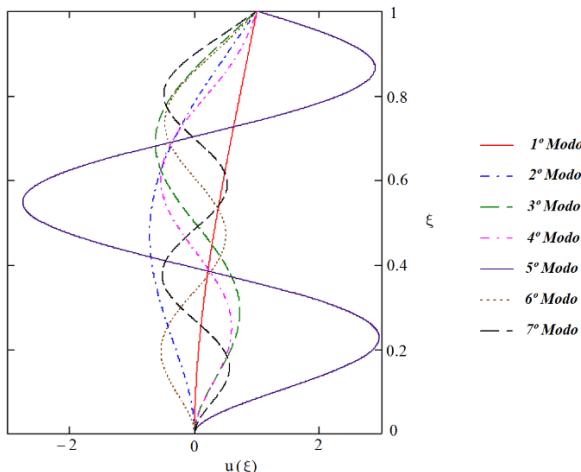


Figura 8: Sete primeiros modos de vibração à flexão dos lintéis do pilar de paredes finas com base engastada e topo livre.

2.2.1 Contraventamento em Z

Partindo dos conceitos de contraventamento em pórticos planos mediante lintéis inclinados cruzando os andares de Edifícios Altos, conforme se percebe em Pubal [41] e em Schueller [42], página 518, constata-se o contraventamento em Z como modelo de redistribuição das cargas laterais. E ainda, seguindo as formulações de Goto *et al.* [43]; Roberts e Yeung [44]; Zalka [45], páginas 218 a 230; e MacLeod [46], páginas 124 a 127, pode-se aplicar os conceitos do contraventamento em Z do pórtico plano. Veja ilustração na Figura 9, evidenciando-se os coeficientes elásticos da ligação dos lintéis com os painéis ($k_{V_i}^L; k_{H_i}^L; k_{T_i}^L; k_{V_f}^L; k_{H_f}^L; k_{T_f}^L$).

2.2.2 Contraventamento em X

Agora, mais especificamente com aspectos pertinentes para a adequação da TMC/TPP para a modelagem estática e dinâmica de pilares de madeira, citam-se: Hashemi *et al.* [47] para a

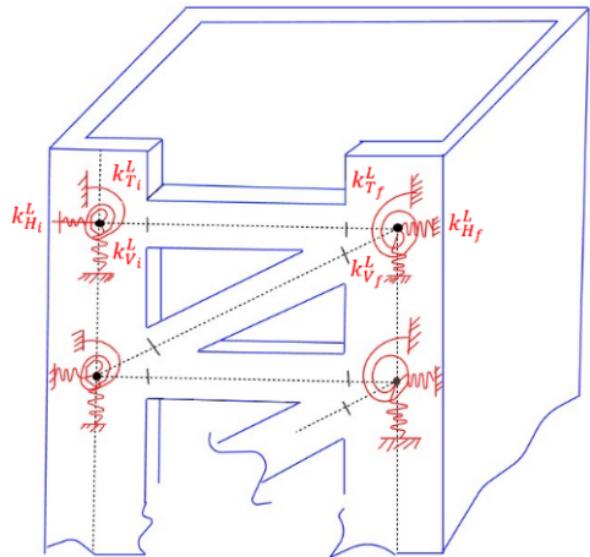


Figura 9: Contraventamento em Z e o sistema esqueleto correspondente com apoio elástico nos pontos de encontro dos eixos, além de apoios elásticos no sistema plano de vinculação.

modelagem das ligações das peças de madeira a fim de compor os mencionados painéis-parede, além de recorrer a Ramage *et al.* [48] para justificar a disposição dos lintéis de contraventamento diagonais.

Sobre a análise estrutural das barras que compõem a modelagem da TPP, pode-se recorrer, a princípio, às teorias de Euler-Bernoulli ou de Timoshenko para expressar a deflexão lateral dos referidos painéis-parede. Essa última teoria considera a deformação por corte. Como textos científicos relevantes para a presente revisão citam-se: Rojas [49], Stephen [50] e Cowper [51]. Ao passo que, a relevância de investigar o grau de rigidez da vinculação dos lintéis horizontais nos painéis-parede foi incialmente proposto em Michael [52] e Webster [53], sendo apontado para Núcleos Estruturais de Edifícios Altos em MacLeod [54], conforme consta na Figura 10.

Na aludida Figura 10 é evidenciado o Estado de Deformação do lintel horizontal com extremos elasticamente apoiados nos painéis-parede vizinhos. Para fins didáticos, procedeu-se apenas com a representação das translações nodais ($\delta_{V_i}; \delta_{H_i}; \delta_{V_f}; \delta_{H_f}$), sem os rotacionar.

Na análise dinâmica dos painéis-parede pode-se citar Laredo [40] para as primeiras análises processadas na Mecânica das Estruturas. Já em

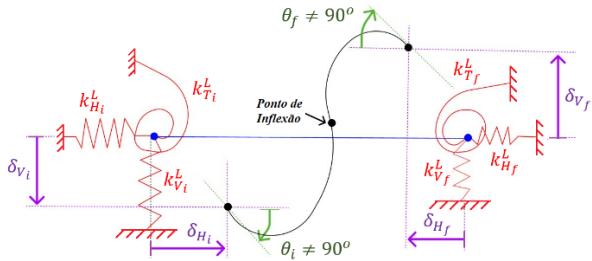


Figura 10: Vinculação elástica dos lintéis horizontais em contato com os painéis-parede.

termos específicos e voltado às edificações construídas em madeira, percebe-se a relevância a partir dos trabalhos de Alalwan e Larsson [55]; e Aristizabal-Ochoa [56].

2.2.3 Problema de flambagem

Na análise do problema de estabilidade elástica de pilares/barras referenciam-se, inicialmente, os artigos referentes à consideração da deformação por corte (Teoria de Timoshenko) e das grandes deformações, dos quais se elencam: [57], [58] e [59].

Além disso, para o estudo inicial da estabilidade em seções de paredes finas referencia-se Cheney [60], cujos avanços e enriquecimentos teóricos e experimentais são perceptíveis em: Whittle e Ramseyer [61], Ting *et al.* [62] e Roy *et al.* [63], além da mensuração da carga crítica em Hu *et al.* [64] para pilares de seção maciça atrelada aos efeitos de 2^a ordem e à Teoria de Timoshenko para representar matematicamente a deflexão lateral do eixo do pilar. Veja a modelagem do elemento diferencial do pilar na Figura 11, considerando-se a deformação por corte além dos efeitos de 2^a ordem, o que será incorporado também à TPP.

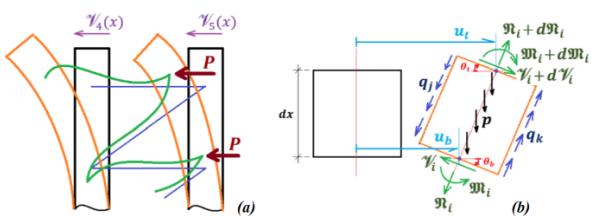


Figura 11: Contraventamento por lintéis: (a) carga lateral e esforços cortantes e (b) estado deformado do elemento diferencial do i -ésimo painel-parede.

2.3 Aplicação da TMC em pilares de pontes

Conforme é apresentado em Chitty [37], Laredo [40] e em Laier [65] a modelagem dinâmica de estruturas é convenientemente processada via TMC, ao considerar a rigidez dos elementos de conexão horizontais (lajes e vigas) como propriedades e solicitações distribuídas ao longo da edificação. Para os pilares, distribuem-se tais propriedades e solicitações ao longo da altura. Processa-se em Laier [65] a análise da vibração de paredes, preconizando no Brasil, o início das contribuições da TMC aplicada a problemas dinâmicos. Como se vê na Figura 12, a configuração de pilares em paredes finas foi utilizada na ponte ferroviária cujos vãos centrais foram levados pela onda de rejeitos de mineração, quando da ruptura da barragem de Brumadinho, em Minas Gerais.



Figura 12: Pilares de ponte férrea em duplo C associado por lintéis horizontais (retirado de Brumadinho [66]).

Outro exemplo de ponte férrea com pilares de seção de paredes finas é a ponte sobre o rio Olifants, sendo localizada na província Western Cape no sul da África (SA), com pilares em formato de duplo T e com abas variáveis na altura, conforme consta na Figura 13.



Figura 13: Pilares em duplo T: (a) visão panorâmica e (b) detalhe no pilar (retirado de Bussata e Moyo [67]).

Já a ponte de la Pyle, situada sobre o lago Vou-

glans na França, compreendida a oeste pela cidade de La Tour-du-Meix e a leste pela cidade Coyron, possui 65 metros de altura. Essa ponte é apresentada cientificamente em Courbon [68] e torna-se relevante mencionar nesta pesquisa por possuir pilares em duplo T com seção transversal constante, conforme consta na Figura 14.



Figura 14: Ponte de la Pyle na fase de construção, da qual se observa o pilar em duplo T com abas constantes (retirado de Pilar da ponte de la Pyle [69]).

O arranjo estrutural apresentado na Figura 12, pilar em duplo C e contraventado em conjunto por lintéis, é estudado por Marques [70]. Assim, em Melo e Barbosa [71] estudou-se a análise do pilar em duplo C com os lintéis contraventados de cada núcleo que compõe o pilar, mantendo-se a simetria do conjunto e fornecendo assim uma diretriz detalhada para projeto de tal elemento estrutural. Tal arranjo é apresentado na Figura 15.

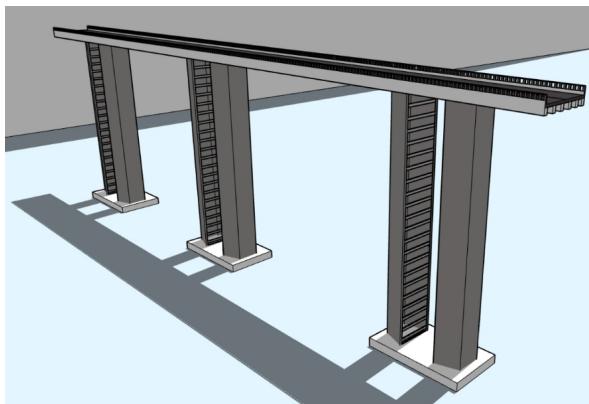


Figura 15: Ponte com pilares em duplo C contraventados individualmente por lintéis horizontais.

2.4 Estado de carga típico em pilar de ponte

A vibração lateral é potencializada pela ação do vento. Para tal carregamento, adota-se a atuação combinada de carga constante na altura q_1 da carga distribuída linearmente na edificação, com valor máximo de q_2 no topo do pilar e a carga Q concentrada no topo da estrutura em análise. Essa última carga tem a finalidade de representar a atuação do vento no tabuleiro da ponte (no caso da análise dos pilares). Essa representação das cargas é embasada em Solnes e Sigbjornsson [72] e exposta em Melo e Barbosa [6] com o perfil de velocidade do vento crescente ao longo da altura, bem como no fato do carregamento lateral ser preenchido do topo em direção à base do pilar, na medida em que a corrente de ar se aproxima do obstáculo. No caso, o pilar é apresentado em Koten [73] e a mencionada aplicação de três carregamentos laterais q_1 , q_2 e Q é ilustrada na Figura 16 (b).

2.4.1 Esforço cortante externo

Na Figura 16, ilustra-se o esquema de quantificação do esforço cortante externo γ_{ext} em relação ao i -ésimo painel-parede, bem como sua correlação com os carregamentos q_1^* , q_2^* e Q na direção principal, além de evidenciar o translade entre o Centro de Gravidade (CG) e o Centro de Carga (CC).

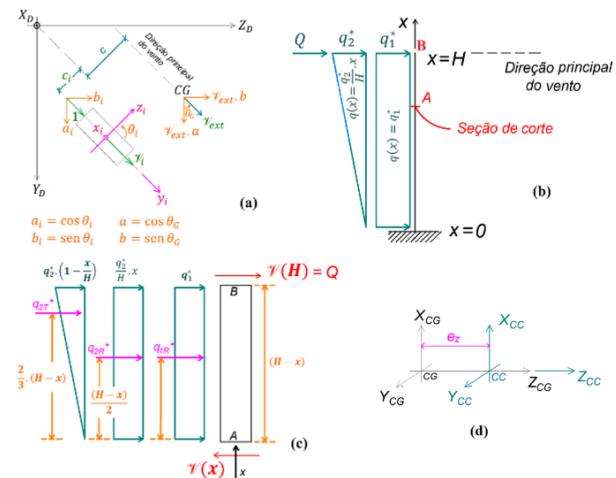


Figura 16: Ação do vento: (a) direção principal; (b) carregamentos; (c) equilíbrio de cortantes; e (d) braço de alavanca entre o centro de carga e o centro de gravidade.

Em primeira análise determina-se o γ_{ext} por

meio do equilíbrio de forças horizontais no trecho AB apresentado na Figura 16 (c). Assim, exprime-se:

$$\mathcal{V}_{\text{ext}} = D_1 \cdot x^2 + D_2 \cdot x + D_3 . \quad (7)$$

Em segunda análise, procede-se o equilíbrio de esforços cortantes externos com o cortante \mathcal{V}_i , por meio da Figura 16 (a), da qual se escrevem:

$$\sum_{i=1}^n \mathcal{V}_i \cdot a_i = \mathcal{V}_{\text{ext}} \cdot a , \quad (8a)$$

$$\sum_{i=1}^n \mathcal{V}_i \cdot b_i = \mathcal{V}_{\text{ext}} \cdot b \quad \text{e} \quad (8b)$$

$$G\phi' \cdot \left(\sum_{i=1}^n I_{t_i} \right) + \sum_{i=1}^n \mathcal{V}_i \cdot c_i = \mathcal{V}_{\text{ext}} \cdot c . \quad (8c)$$

Por fim, aplicando as Equações (8) na geometria do núcleo estrutural apresentado na Figura 8, conclui-se o seguinte:

$$\mathcal{V}_{\text{ext}} \cdot a = \mathcal{V}_1 \cdot a_1 + \mathcal{V}_2 \cdot a_2 + \mathcal{V}_3 \cdot a_3 + \mathcal{V}_4 \cdot a_4 + \mathcal{V}_5 \cdot a_5 , \quad (9a)$$

$$\mathcal{V}_{\text{ext}} \cdot b = \mathcal{V}_1 \cdot b_1 + \mathcal{V}_2 \cdot b_2 + \mathcal{V}_3 \cdot b_3 + \mathcal{V}_4 \cdot b_4 + \mathcal{V}_5 \cdot b_5 \quad \text{e} \quad (9b)$$

$$\mathcal{V}_{\text{ext}} \cdot c = \sum_{i=1}^{n=5} (\mathcal{V}_i \cdot c_i) + G \cdot \left(\sum_{i=1}^n I_{t_i} \right) z \cdot \phi' . \quad (9c)$$

Logo, matricialmente, tem-se:

$$\mathcal{V}_{\text{ext}} \cdot \{\mathbf{A}^*\} = [\mathbf{M}_{99}]^T \cdot \{\mathcal{V}_\omega\} + [\mathbf{M}_{111}] \cdot \{\mathcal{V}'\} , \quad (10)$$

com

$$[\mathbf{M}_{111}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & G \cdot \left(\sum_{i=1}^n I_{t_i} \right) \end{bmatrix} ; \quad (11)$$

$$\{\mathbf{A}^*\} = \begin{Bmatrix} a \\ b \\ c \end{Bmatrix} \equiv \begin{Bmatrix} \cos \theta_G \\ \sin \theta_G \\ e_z \end{Bmatrix} \quad (12)$$

e

$$I_{t_i} = \frac{2 \cdot d_i \cdot t^3}{3} , \quad (13)$$

sendo que e_z é a distância entre o CG e o CC, valendo $e_z = b_2/2 - b_{CG_z}$; d_i é o comprimento

da seção transversal do i -ésimo painel-parede; t é a espessura da seção transversal do i -ésimo painel-parede; e $\{G \cdot I_{t_i}\}$ é a rigidez à torção do i -ésimo painel-parede.

2.5 Sequência lógica para o estudo da TMC

Aos futuros pesquisadores que almejam se aprofundar na TMC, é recomendável o estudo das seguintes publicações e obviamente toda a literatura nelas citada:

Em Portland [74], estuda-se o pórtico plano e os lintéis com trechos variáveis, bem como, a rigidez do nó de pórtico. Enquanto Burns [75] analisa a associação de paredes corte por meio de lintéis horizontais, vem Coull e Choudhury [76] e incrementam a carga lateral triangular e a concentrada no topo. Acompanhando a mesma análise de associação, cita-se Davidovici [77], Ailwadhi [78], este pela rotulação dos lintéis sempre ao meio do vão, enquanto Gluck e Gelert [79] enriquecem a abordagem com o estudo da associação de pilares com paredes corte por meio de lintéis horizontais e da análise de pórticos planos via TMC e, principalmente, ao elencar as condições de contorno.

Já no estudo dos lintéis, podem ser evidenciados: Coin *et al.* [80], com a computação das reações elásticas dos lintéis, além do equilíbrio nodal das ligações dos pilares com os aludidos lintéis; Borges e Ravara [81] expondo os trechos dos lintéis com rigidez à flexão tida como infinita e definida entre o ponto de ligação do lintel até o eixo dos painéis-parede (paredes de corte); e, por decorrência, deve-se complementar a leitura com Goyal e Sharma [82] ao apresentar a equação de compatibilidade e matriz de transferência para que os pontos citados não estejam alinhados na horizontal.

Na resolução do sistema de equações diferenciais pode-se recorrer à generalização de sistema coordenado proposta em Courbon [83]. Em seguida, o estudo da publicação [84] acrescenta os lintéis em X contraventando paredes de corte ou pilares. Para a associação de múltiplas paredes de corte deve-se iniciar o levantamento por Martins [85]. É possível analisar uma única linha de

ação do vento, por direção, através da união fictícia de todos os elementos resistentes por meio de trens de ligação, conforme é apresentado em Coull e Subedi [86]. Ou ainda, recorrendo-se a Despeyroux [87], estuda-se: fluxo de cisalhamento nas interseções e ligações dos painéis-parede (parede de corte); associação de paredes de corte via lintéis; edificação com lintéis distintos por seção, ao longo da altura; e pilares em formato de X, de V, e L invertido suportando associação múltipla de paredes de corte por lintéis horizontais. Já em Lener [88] é apresentado como utilizar os ábacos postulados via TMC e em Cowper [51] como integrar a teoria de Timoshenko na TPP.

Por decorrência, a análise de cargas críticas é recorrível em Kordecki [89] e em Giangreco [90]. Nesse último, diferenciando a análise para vigas de paredes finas aberta. E no aprofundamento da teoria de paredes finas, deve-se recorrer a Vlassov [16], Calgaro [91], Mori e Munaiar Neto [92], além de Melo [3], de Melo e Barbosa [4–6, 93] de Melo, Luz e Barbosa [7], de Melo *et al.* [7], de Alsheikh e Rees [94] e de Makarios e Athanatopoulou [95].

Por fim, pode-se observar a evolução da TPP para a generalização da inclinação das paredes componentes dos núcleos C e duplo T, a qual está exposta em Melo e Barbosa [71] com título de Generalização da Teoria dos Painéis-Parede (GTPP). O referido evento também é corroborado nos avanços de Melo [6], e em Murawski [96] para embasar a análise da carga crítica nas paredes finas.

3. ESTADO DA ARTE DO MEF-EB

A análise estática dos pilares via MEF unidimensional, ou seja, o MEF-EB, é procedida por meio do sistema de equilíbrio clássico $\{P\} = [k] \cdot \{d\}$, do qual se pode adotar a nomenclatura de Maney [10] e de Parcel e Maney [97] e se reescrever-se no sistema de coordenadas de cada (EF-B) elemento finito de barra, como:

$$\{R_e\} = [k_e] \cdot \{d\} + \{R_e^F\}. \quad (14)$$

Na Figura 17 é apresentado o EF-B para o pilar de paredes finas, em seção sob formato de duplo

T, dispondo, para tal, os Graus de Liberdade no sistema local de coordenadas. E pode-se recorrer a Reddy [98] para obter a matriz de massa do EF e proceder à análise dinâmica pelo MEF de barra.

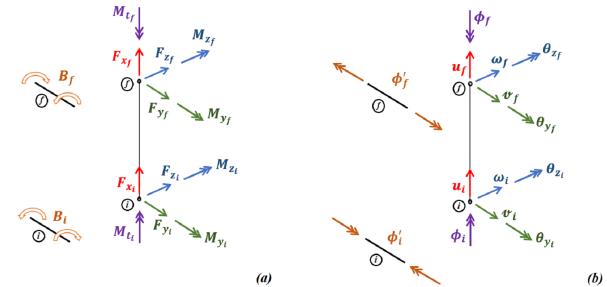


Figura 17: Elemento finito unidimensional do pilar de paredes finas: (a) convenção positiva de esforços solicitantes nos extremos do EF; e (b) graus de liberdade.

Muitas foram as publicações que incrementaram o conhecimento apresentado em Heidebrecht e Swift [99], seja por melhorá-lo ou por explicar com riqueza de detalhes o equacionamento procedido. Em Barbosa [25] e em Smith e Coull [100] é verificada a explicação das etapas do equacionamento procedido por Heidebrecht e Swift [99]. Porém, todos para matrizes de rigidez sem considerar a deformação por corte.

A partir de Barbosa [25], pode-se elencar as seguintes etapas para a escrita da matriz de rigidez do elemento finito “novo” de pilar de parede fina em formato C contraventado por lintéis: (i) definir os elementos da matriz de rigidez do pilar de paredes finas, já considerando o empennamento e o bimomento; (ii) definir a matriz de rigidez dos lintéis; (iii) compatibilizar as matrizes das etapas (i) e (ii); e (iv) unificar, adequadamente, as matrizes compatibilizadas em (iii).

Já a modelagem do núcleo C enrijecido no topo por treliça espacial, procedida pela TMC na Livre Docência [33], foi inicialmente resolvida pelo elemento finito em Yoshida [101]. Tal geometria é relembrada pela Figura 6 (c).

Ademais, a consideração da deformação por corte nas matrizes de rigidez foi processada em Melo [3].

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente artigo foi possível percorrer a evolução histórica da aplicação da TMC e delimitar o seu Estado da Arte, nas mais variadas configurações de estruturas e de sistemas de contraventamento por lintéis. Ressalva-se a baixa quantidade de publicações que ocorreu após segunda metade da década de 1990, resgatada em sua plenitude por Melo [3] e nas publicações subsequentes [4–7, 71, 93].

Ademais, foi estabelecida uma sequência lógica de estudos para os futuros pesquisadores que almejam se especializar na TMC, cuja robustez é atrativa e exequível, desde que a estrutura possa ser equiparada a meio de propriedades, solicitações e ações homogeneizadas.

Quanto ao MEF-EB, foi enunciada a ideia basilar da propositura e listaram-se publicações com EF destinados à modelagem discretizada dos pilares de paredes finas já contraventados. No caso do elemento finito, viu-se também a evolução histórica e definiu-se o atual estado de pesquisas no MEF-EB (item 3), delimitando, assim, o Estado da Arte para a análise por MEF nos citados pilares.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao financiamento do Projeto Institucional da UFRPE com cotas da FACEPE para Bolsas de Incentivo Acadêmico (Edital 27/2021 – BIA 2022) destinado ao primeiro autor deste artigo. Os autores também agradecem aos bons préstimos da biblioteca do CT-UFRJ por ceder acesso os PDFs das publicações [8, 75], bem como, da divisão da biblioteca de EPUSP pela cortesia dos arquivos dos trabalhos [83, 84] e fornecimento de índices de livros e revistas técnicas. Esses auxílios incentivaram a manutenção da excelência acadêmica.

REFERÊNCIAS

- ROSMAN, R. Application of variational methods in the theory of tall building structures. In: *Proceedings of international conference on variational methods in engineering*. England:

[s.n.], 1972. EDA 006, p. 11/68–11/83.

- MALEKINEJAD, Mohsen; RAHGOZAR, Reza. A simple analytic method for computing the natural frequencies and mode shapes of tall buildings. *Applied Mathematical Modelling*, Elsevier BV, v. 36, n. 8, p. 3419–3432, ago. 2012. ISSN 0307-904X. doi: [10.1016/j.apm.2011.10.018](https://doi.org/10.1016/j.apm.2011.10.018).
- MELO, W. I. G. *Contribuições à análise dinâmica da ação do vento em Pilares de Pontes via Técnica do Meio Contínuo e Método dos Elementos Finitos*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/19805>.
- MELO, W. I. G.; BARBOSA, N. P. Pilares de pontes com seção de paredes finas e elevada altura, uma análise teórica e numérica pela técnica do meio contínuo e pelo método dos elementos finitos. *REUCP*, v. 14, n. 1, p. 25–45, 2020. Disponível em: <https://seer.ucp.br/seer/index.php/REVCEC/article/view/1840>.
- MELO, Weslley Imperiano Gomes de; BARBOSA, Normando Perazzo. Dynamic decoupling in reinforced concrete columns in structural core shape and applied to bridges. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, AI Publications, v. 7, n. 5, p. 48–58, 2020. ISSN 2456-1908. doi: [10.22161/ijars.75.7](https://doi.org/10.22161/ijars.75.7).
- MELO, Weslley Imperiano Gomes de; BARBOSA, Normando Perazzo. Dynamic modeling of metal columns with open thin-walled sections. *International Journal of Steel Structures*, Springer Science and Business Media LLC, v. 20, n. 3, p. 833–855, mar. 2020. ISSN 2093-6311. doi: [10.1007/s13296-020-00326-4](https://doi.org/10.1007/s13296-020-00326-4).
- MELO, W. I. G.; LUZ, P. V. C. A.; BARBOSA, N. P. Dynamic modeling of thinwalled slender columns braced by lintels in systems Z and X. *REUCP*, v. 15, n. 1, p. 36–56, 2021. Disponível em: <https://seer.ucp.br/seer/index.php/REVCEC/article/view/2043>.
- BECK, H. Contribution to the analysis of coupled shear walls. *Journal of the American con-*

- crete institute, v. 59, n. 8, p. 1055–1070, 1962. doi: [10.14359/7951](https://doi.org/10.14359/7951).
9. MARNEFFE, A. Calcul direct de la poutre vierendeel par la méthode des systèmes équivalents. *IABSE publications*, n. 5, 1937. Accessed: 21 Mar 2023. Disponível em: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=bse-me-001%3A1937-1938%3A5%3A%3A271&referrer=search#271>.
10. MANEY, G A. *Secondary stresses and other problems in rigid frames: a new method of solution*. Minneapolis: University of Minesota, 1915. 1–17 p. (Studies in Engineering. Bulletin 1).
11. GOLDBERG, John E. Wind stresses by slope deflection and converging approximations. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, American Society of Civil Engineers (ASCE), New York, v. 99, n. 1, p. 962–984, jan. 1934. ISSN 2690-4071. doi: [10.1061/\(ASCE\)0004526](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0004526).
12. MACLEOD, I. A. Lateral stiffness of shear walls with openings. In: COULL, A; SMITH, B S (Ed.). *Tall Buildings: The Proceedings of a Symposium*. [S.I.]: Elsevier, 1967. p. 223–244. doi: [10.1016/b978-0-08-011692-1.50016-x](https://doi.org/10.1016/b978-0-08-011692-1.50016-x).
13. VARJÚ, György; PROKIÉ, Aleksandar. The influence of lintel beams and floor slabs on natural frequencies of the tall buildings core - numerical and experimental studies. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, Periodica Polytechnica Budapest University of Technology and Economics, v. 59, n. 4, p. 511–520, 2015. ISSN 1587-3773. doi: [10.3311/ppci.8410](https://doi.org/10.3311/ppci.8410).
14. RICALDONI, J. *Curso de estructuras metálicas: Naves Metalicas*. Montevideo: Publicaciones del Instituto de Estática, 1961. II. (Tomo II. Volumen I, Nº 19).
15. RICALDONI, J. *Nota sobre el Efecto de Torsion em Edificios Elevados*. Nº 16. Montevideo: Publicaciones del Instituto de Estática, 1958.
16. VLASSOV, B. Z. *Pièces longues en voiles minces*. Paris: Éditions Eyrolles, 1962.
17. BACH, C.; BAUMANN, R. *Elastizität und Festigkeit*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 1909. 369–381 & 268–271 p. doi: [10.1007/978-3-662-25894-1](https://doi.org/10.1007/978-3-662-25894-1). ISBN 978-3662258941.
18. BERNSTEIN, S. A. Etude expérimentale de la membrure supérieure d'une poutre maîtressse d'un point. *Contraintes et Déformations das les Ponts sous charges statiques*. *Fasc*, n. 60, 1927.
19. BLEICH, F.; BLEICH, H. Biegung, drellung und knickung von stäben aus dunen wänden. *Vorbericht Zweiter Kongress Internationale Vereinigung für Brückenbau und Hochbau*, Berlin, Oktober 1936.
20. VLASSOV, B. Z. *Enveloppes dans la statique des constructions*. [S.I.]: ONTI, 1936.
21. VLASSOV, B. Z. *Pièces longues em voiles minces*. [S.I.]: Stroisdat, 1940.
22. VLASSOV, B. Z. *La statique des constructions spatiales en voiles minces*. [S.I.]: Gosstrois-dast, 1949.
23. VLASSOV, B. Z. *Théorie Générale des Voiles*. [S.I.]: Gosstrois-dast, 1949.
24. MANCINI, E. *Associação contínua tridimensional de pórticos e paredes com engastamentos elásticos*. Dissertação (Mestrado) — EESC, São Carlos, SP, 1972. Disponível em: <https://producaocientifica.eesc.usp.br/set/564>.
25. BARBOSA, J. A. *Edifícios com paredes de secção aberta contraventadas por lintéis sob carga lateral*. Dissertação (Mestrado) — EESC, São Carlos, SP, 1978. Disponível em: <https://producaocientifica.eesc.usp.br/set/591>.
26. RICALDONI, J. *Estructuras de Edificios Elevados, Nº 18*. Montevideo: Publicaciones del Instituto de Estática, 1959.
27. STAMATO, M. C.; SMITH, B. S. An approximate method for the three dimensional analysis of tall buildings. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, Thomas Telford Ltd., v. 43, n. 3, p. 361–379, jul. 1969. ISSN 1753-7789. doi: [10.1680/iicep.1969.7331](https://doi.org/10.1680/iicep.1969.7331).
28. STAMATO, M. C. *Distribuição das cargas do vento entre os painéis de contraventamento*. São Carlos, SP: EESC/USP, 1966. Disponível

- em: <http://repositorio.eesc.usp.br/items/67cd702b-6202-49e4-8ce5-4ac1aaed9406>.
29. STAMATO, M. C. *Associação contínua de painéis de contraventamento*. São Carlos: EESC/USP, 1971.
30. MANCINI, E. *Análise contínua de estruturas de Edifícios Elevados sujeitas à ação do vento*. Tese (Doutorado) — EESC, São Carlos, SP, 1973. Disponível em: <https://producaocientifica.eesc.usp.br/set/568>.
31. CARVALHO, F. A. C. *Instabilidade de edifícios com paredes de seção aberta contraventadas por lintéis*. Dissertação (Mestrado) — EESC, São Carlos, SP, 1980. Disponível em: <https://producaocientifica.eesc.usp.br/set/610>.
32. STAMATO, M. C. *Determinação dos esforços nas barras elásticas que vinculam um corpo rígido*. Tese (Livre docência) — EESC/USP, São Carlos, SP, 1964.
33. MANCINI, E. *Aplicação da Técnica do Meio Contínuo a problemas relativos a estruturas de Edifícios Altos*. Tese (Livre docência) — EESC, São Carlos, SP, 1995.
34. MANCINI, Eddie; SAVASSI, Walter. Tall building structures unified plane panels behaviour. *The Structural Design of Tall Buildings*, Wiley, v. 8, n. 2, p. 155–170, jun. 1999. ISSN 1099-1794. doi: [10.1002/\(sici\)1099-1794\(199906\)8:2<155::aid-tal125>3.0.co;2-6](https://doi.org/10.1002/(sici)1099-1794(199906)8:2<155::aid-tal125>3.0.co;2-6).
35. DONNEYSS, C. A. O. *Análise de estruturas de edifício alto submetidas a carregamento sísmico pela técnica do meio contínuo*. Dissertação (Mestrado) — EESC, São Carlos, SP, 2015. Disponível em: <https://producaocientifica.eesc.usp.br/set/1111>.
36. XAVIER, M. A. P.; MELO, W. I. G. Análise de efeitos de segunda ordem em núcleo estrutural de seção aberta sem e com contraventamento. In: _____. *Engenharia Civil: Temas, Técnicas e Aplicações*. [s.n.], 2018. III, cap. 27, p. 432–442. Disponível em: <https://books.unipe.edu.br/meioambiente/issue/view/29/27>.
37. CHITTY, L. On the cantilever composed of a number of parallel beams interconnected by cross bars. *Philosophical Magazine and Journal of Science*, v. 38, p. 685–699, 1947. doi: [10.1080/14786444708521646](https://doi.org/10.1080/14786444708521646).
38. VLASSOV, B. Z.; TERENINE, B. M. *Vibrations des envelopes prismatiques et cylindriques. Etudes sur la Dynamique des Constructions*. [S.l.]: Stroisdat, 1947. doi: [10.1680/iicep.1973.4875](https://doi.org/10.1680/iicep.1973.4875).
39. ROSMAN, R. Dynamics and stability of shear wall building structures. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, Thomas Telford Ltd., v. 55, n. 2, p. 411–423, jun. 1973. ISSN 1753-7789. doi: [10.1680/iicep.1973.4875](https://doi.org/10.1680/iicep.1973.4875).
40. LAREDO, M. *Grands Batiments: Contreventements, Dynamique des Structures & Calcul Automatique*. Paris: Éditions Eyrolles, 1977.
41. PUBAL, Z. *Theory and Calculation of Frame Structures with stiffening Walls*. Amsterdam: Elsevier, 1988. v. 22. (Developments in Civil Engineering, v. 22).
42. SCHUELLER, W. *The Vertical Building Structure*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990.
43. GOTO, Yoshiaki; EBISAWA, Takemasa; LU, Xilin; LU, Wensheng. Ultimate state of thin-walled circular steel columns subjected to biaxial horizontal forces and biaxial bending moments caused by bidirectional seismic accelerations. *Journal of Structural Engineering*, American Society of Civil Engineers (ASCE), v. 141, n. 5, p. 04014122(1–12), abr. 2015. ISSN 1943-541X. doi: [10.1061/\(asce\)st.1943-541x.0001067](https://doi.org/10.1061/(asce)st.1943-541x.0001067).
44. ROBERTS, T. M.; YEUNG, K. W. Torsion and bending of braced thin-walled open sections. *International Journal of Mechanical Sciences*, Elsevier BV, v. 34, n. 5, p. 333–344, maio 1992. ISSN 0020-7403. doi: [10.1016/0020-7403\(92\)90021-8](https://doi.org/10.1016/0020-7403(92)90021-8).
45. ZALKA, Karoly. *Global Structural Analysis of Buildings*. New York: Taylor & Francis Group, 2000. doi: [10.4324/9780203184295](https://doi.org/10.4324/9780203184295). ISBN 9780203184295.

46. MACLEOD, I A. *Analytical Modelling of Structural Systems: an entirely new approach with emphasis on the behaviour of building structures*. New York: Ellis Horwood, 1990.
47. HASHEMI, Ashkan; MASOUDNIA, Reza; QUENNEVILLE, Pierre. A numerical study of coupled timber walls with slip friction damping devices. *Construction and Building Materials*, Elsevier BV, v. 121, p. 373–385, set. 2016. ISSN 0950-0618. doi: [10.1016/j.conbuildmat.2016.05.160](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.05.160).
48. RAMAGE, Michael; FOSTER, Robert; SMITH, Simon; FLANAGAN, Kevin; BAKER, Ron. Super tall timber: design research for the next generation of natural structure. *The Journal of Architecture*, Informa UK Limited, v. 22, n. 1, p. 104–122, jan. 2017. ISSN 1466-4410. doi: [10.1080/13602365.2016.1276094](https://doi.org/10.1080/13602365.2016.1276094).
49. ROJAS, A. L. Method of structural analysis for statically indeterminate beams. *ICIC International*, v. 8, 2012. Disponível em: <http://www.ijicic.org/ijicic-11-04076.pdf>.
50. STEPHEN, N. G. Timoshenko's shear coefficient from a beam subjected to gravity loading. *Journal of Applied Mechanics*, ASME International, v. 47, n. 1, p. 121–127, mar. 1980. ISSN 1528-9036. doi: [10.1115/1.3153589](https://doi.org/10.1115/1.3153589).
51. COWPER, G. R. The Shear Coefficient in Timoshenko's Beam Theory. *Journal of Applied Mechanics*, ASME International, v. 33, n. 2, p. 335–340, June 1966. ISSN 1528-9036. doi: [10.1115/1.3625046](https://doi.org/10.1115/1.3625046).
52. MICHAEL, D. The effect of local wall deformations on the elastic interaction of cross walls coupled by beams. In: UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON. *Tall Buildings*. [S.I.]: Elsevier, 1966. p. 253–270. doi: [10.1016/b978-0-08-011692-1.50017-1](https://doi.org/10.1016/b978-0-08-011692-1.50017-1).
53. WEBSTER, J A. The static and dynamic analysis of orthogonal structures composed of shear walls and frames. In: UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON. *Tall Buildings*. [S.I.]: Elsevier, 1966. p. 377–395. doi: [10.1016/b978-0-08-011692-1.50022-5](https://doi.org/10.1016/b978-0-08-011692-1.50022-5).
54. MACLEOD, I A. General frame element for shear wall analysis. *Proc. Inst. Civ. Enginrs, Part 2*, v. 61, p. 785–790, 1976. doi: [10.1680/iicep.1976.3345](https://doi.org/10.1680/iicep.1976.3345).
55. ALALWAN, A.; LARSSON, J. *Stability and dynamic properties of tall timber structures*. Dissertação (Mestrado) — Gothenburg, Sweden, 2019. Disponível em: <https://odr.chalmers.se/items/f771a70e-4346-454a-9dff-5d709c07329d>.
56. XING, Hailing; XUE, Songtao; ZONG, Gang. Dynamic properties of conventional beam-column timber structure under successive damage. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, Informa UK Limited, v. 10, n. 1, p. 195–202, maio 2011. ISSN 1347-2852. doi: [10.3130/jaabe.10.195](https://doi.org/10.3130/jaabe.10.195).
57. ARISTIZABAL-OCHOA, J. Darío. Second-order slope-deflection equations for imperfect beam-column structures with semi-rigid connections. *Engineering Structures*, Elsevier BV, v. 32, n. 8, p. 2440–2454, ago. 2010. ISSN 0141-0296. doi: [10.1016/j.engstruct.2010.04.018](https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2010.04.018).
58. BANERJEE, A.; BHATTACHARYA, B.; MALLIK, A. K. Large deflection of cantilever beams with geometric non-linearity: Analytical and numerical approaches. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, Elsevier BV, v. 43, n. 5, p. 366–376, jun. 2008. ISSN 0020-7462. doi: [10.1016/j.ijnonlinmec.2007.12.020](https://doi.org/10.1016/j.ijnonlinmec.2007.12.020).
59. CHEN, Li. An integral approach for large deflection cantilever beams. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, Elsevier BV, v. 45, n. 3, p. 301–305, abr. 2010. ISSN 0020-7462. doi: [10.1016/j.ijnonlinmec.2009.12.004](https://doi.org/10.1016/j.ijnonlinmec.2009.12.004).
60. CHENEY, James A. Bending and buckling of thin-walled open-section rings. *Journal of the Engineering Mechanics Division*, American Society of Civil Engineers (ASCE), v. 89, n. 5, p. 17–44, out. 1963. ISSN 2690-2427. doi: [10.1061/jmcea3.0000417](https://doi.org/10.1061/jmcea3.0000417).
61. WHITTLE, Jessica; RAMSEYER, Chris. Buckling capacities of axially loaded, cold-formed, built-up c-channels. *Thin-Walled Structures*, Elsevier BV, v. 47, n. 2,

- p. 190–201, fev. 2009. ISSN 0263-8231. doi: [10.1016/j.tws.2008.05.014](https://doi.org/10.1016/j.tws.2008.05.014).
62. TING, Tina Chui Huon; ROY, Krishanu; LAU, Hieng Ho; LIM, James B. P. Effect of screw spacing on behavior of axially loaded back-to-back cold-formed steel built-up channel sections. *Advances in Structural Engineering*, SAGE Publications, v. 21, n. 3, p. 474–487, jul. 2017. ISSN 2048-4011. doi: [10.1177/1369433217719986](https://doi.org/10.1177/1369433217719986).
63. ROY, Krishanu; TING, Tina Chui Huon; LAU, Hieng Ho; LIM, James B. P. Experimental and numerical investigations on the axial capacity of cold-formed steel built-up box sections. *Journal of Constructional Steel Research*, Elsevier BV, v. 160, p. 411–427, set. 2019. ISSN 0143-974X. doi: [10.1016/j.jcsr.2019.05.038](https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2019.05.038).
64. HU, Z-P.; PAN, W-H.; TONG, J-Z. Exact solutions buckling and second-order effect of shear deformable Timoshenko beam-columns based on matrix structural analysis. *Applied sciences*, v. 9, n. 3814, p. 1–12, 2019. doi: [10.3390/app9183814](https://doi.org/10.3390/app9183814).
65. LAIER, J. E. *Estudo do comportamento dinâmico de estruturas de edifícios altos pela técnica do meio contínuo*. Tese (Livre docência) — EESC/USP, São Carlos, SP, 1984.
66. BRUMADINHO. 2019. Accessed on 23/08/2019. Disponível em: <https://vejasp.abril.com.br/cidades/alarmebuscasinterrompidas-brumadinho/>.
67. BUSATTA, Fulvio; MOYO, Pilate. Vibration monitoring of a large scale heavy haul railway viaduct. In: FELTRIN, G. (Ed.). *MATEC Web of Conferences*. [S.I.]: EDP Sciences, 2015. v. 24, p. 04007. ISSN 2261-236X. doi: [10.1051/matecconf/20152404007](https://doi.org/10.1051/matecconf/20152404007).
68. COURBON, J. Le pont de la Pyle. *Annales de l'institut technique du batimento et des travaux publics*, Paris, n. 252, p. 1865–1882, December 1968.
69. PILAR da ponte de la Pyle. 2019. Accessed on 16/09/2019. Disponível em: https://farm4.static.flickr.com/3036/2549091566_4caf44c672_b.jpg.
70. MARQUES, J. C. M. *Estruturas tubulares de edifícios altos submetidas à torção*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) — Universidade de São Paulo, São Carlos, 1983. Disponível em: <https://producaocientifica.eesc.usp.br/set/642>.
71. MELO, W. I. G.; BARBOSA, N. P. Generalization of the wall panel theory applied to structural cores C and double T. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*, v. 12, n. 3, p. 1–10, 2021. Disponível em: https://www.ijmse.org/Volume12/Issue3/panel1_12_3.pdf.
72. SOLNES, Julius; SIGBJÖRNSSON, Ragnar. Along-wind response of large bluff buildings. *Journal of the Structural Division*, American Society of Civil Engineers (ASCE), v. 99, n. 3, p. 381–397, mar. 1973. ISSN 2690-3377. doi: [10.1061/jsdeag.0003456](https://doi.org/10.1061/jsdeag.0003456).
73. KOTEN, H. Wind measurements of high buildings in the netherlands. In: *International research seminar winds effects on buildings and structures*. Ottawa: [s.n.], 1967. I. Disponível em: https://www.aivc.org/sites/default/files/airbase_391.pdf.
74. PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. *Continuity in concrete building frames*. Montevideo: PCA, 1935. Disponível em: [https://archive.org/details/ContinuityInConcreteBuildingFrames/page/n13\(mode/2up](https://archive.org/details/ContinuityInConcreteBuildingFrames/page/n13(mode/2up).
75. BURNS, R. J. An approximate method of analysing coupled shear walls subject to triangular loading. *Building science*, v. 7, p. 249–256, 1972. doi: [10.1016/0007-3628\(72\)90006-0](https://doi.org/10.1016/0007-3628(72)90006-0).
76. COULL, A.; CHOUDHURY, J. R. Analysis of coupled shear walls. *ACI Journal*, v. 64, p. 587–593, 1967. doi: [10.14359/7588](https://doi.org/10.14359/7588).
77. DAVIDOVICI, V. E. Effets des variations linéaires dans les bâtiments de grande hauteur. *Annales de l'institut technique du batiment et des travaux publics*, Paris, n. 237, p. 1252–1275, September 1967.
78. AILAWADHI, R K. *Analysis of shear walls in tall buildings*. Dissertação (Mestrado) — Col-

- lege of the Oklahoma, 1970. Disponível em: <https://hdl.handle.net/11244/25602>.
79. CLUCK, J.; GELLERT, M. A continuous method for structural analysis of multistory buildings. *IABSE publications*, v. 31, p. 39–49, 1971. Disponível em: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?lang=en&pid=bse-me-001%3A1971%3A31%3A%3A78#78>.
80. COIN, A; DECAUCHY, A; COOLIGNON, A M. Murs de contreventement a ouvertures multiples. *Annales de l'institut technique du batimento et des travaux publics*, Paris, n. 132, p. 58–75, February 1971.
81. BORGES, J. F.; RAVARA, A. Estudo do comportamento de estruturas de edifícios sob acção de forças horizontais. In: *2ª Jornadas Luso-Brasileiras de Engenharia Civil, Estruturas*. [S.l.: s.n.], 1967. p. 1–30.
82. GOYAL, B. K.; SHARMA, S. P. Matrix analysis of frames with shear walls. *Building Science*, Elsevier BV, v. 3, n. 2, p. 93–98, nov. 1968. ISSN 0007-3628. doi: [10.1016/0007-3628\(68\)90019-4](https://doi.org/10.1016/0007-3628(68)90019-4).
83. COURBON, J. Calcul de l'effet du vent sur um batimento mixte. *Annales de l'institut technique du batimento et des travaux publics*, Paris, n. 226, p. 1186–1197, October 1966.
84. FRANCO, M. *Alguns problemas relativos à ação do vento em edifícios de grande altura*. Tese (Doutorado) — Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1966.
85. MARTINS, J. B. Métodos de cálculo e resultados de ensaio em modelo reduzido para um edifício de grande altura. In: *3ª Jornadas Luso-Brasileiras de Engenharia Civil, Estruturas*. [S.l.: s.n.], 1971. VII, n. 18.
86. COULL, A; SUBEDI, N K. Hull-core structures subjected to bending and torsion. In: *IABSE publications*. [s.n.], 1972. v. 9, p. 613–622. Disponível em: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=bse-cr-001:1972:9::123>.
87. DESPEYROUX, J. Analyse statique et dynamique des contreventements par consoles élémentaires solidarisées par des milieux élastiques. *Annales de l'institut technique du batimento et des travaux publics*, Paris, n. 147, p. 42–111, February 1972.
88. LERNER, E. Abaques pour la détermination de l'inertie des refends avec des ouvertures de moyennes dimensions. *Annales de l'institut technique du batimento et des travaux publics*, Paris, n. 226, p. 1142–1144, October 1966.
89. KORDECKI, Z. Flambement des barres comprimées par une force de courte durée. *Annales de l'institut technique du batimento et des travaux publics*, Paris, n. 225, p. 1046–1052, September 1966.
90. GRIANGRECO, E. Static and stability of thin walled beams. *IABSE publications*, v. 26, p. 139–168, 1966.
91. CALGARO, J-A. *Poutres à parois minces: Étude du cisaillement*. Paris: Hermès, 1998.
92. MORI, D. D.; NETO, J. Munaiar. *Flexo torção: barras com seção aberta e paredes delgadas – Teoria e Exemplos*. São Carlos: EESC/USP, 2017.
93. MELO, Weslley Imperiano Gomes de; BARBOSA, Normando Perazzo. New bar finite element for modeling massive columns with linearly variable rectangular section. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, AI Publications, v. 7, n. 5, p. 1–10, 2020. ISSN 2456-1908. doi: [10.22161/ijaers.75.8](https://doi.org/10.22161/ijaers.75.8).
94. ALSHEIKH, Abdelraouf M. Sami; REES, D. W. A. General stiffness matrix for a thin-walled, open-section beam structure. *World Journal of Mechanics*, Scientific Research Publishing, Inc., v. 11, n. 11, p. 205–236, 2021. ISSN 2160-0503. doi: [10.4236/wjm.2021.1111015](https://doi.org/10.4236/wjm.2021.1111015).
95. MAKARIOS, Triantafyllos K.; ATHANATOPOULOU, Asimina. Center of stiffness, principal axes and principal start point of thin-walled open-sections of cores: A new modified calculation technique based on vlasov torsion theory. *Buildings*, MDPI AG, v. 12, n. 1804, p. (1–27), out. 2022. ISSN 2075-5309. doi: [10.3390/buildings12111804](https://doi.org/10.3390/buildings12111804).

96. MURAWSKI, K. Technical buckling, stress and strain simplified analysis of semi-slender thin-walled cylindrical pinned column. *International Journal of Structural Glass and Advanced Materials Research*, v. 5, p. 134–194, 2021. doi: [10.3844/sgamrsp.2021.134.194](https://doi.org/10.3844/sgamrsp.2021.134.194).
97. PARCEL, J I; MANEY, G A. *An elementary treatise on statically indeterminate stresses*. New York: John Wiley & Sons, 1944.
98. REDDY, J. N. An introduction to the finite element method. In: _____. *Finite Element Analysis for Engineering Design*. New York: Springer Berlin Heidelberg, 1988. p. 41–70. ISBN 9783642835353. doi: [10.1007/978-3-642-83535-3_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-83535-3_3).
99. HEIDEBRECHT, Arthur C.; SWIFT, R. David. Analysis of asymmetrical coupled shear walls. *Journal of the Structural Engineering*, American Society of Civil Engineers (ASCE), New York, v. 97, n. 5, p. 1407–1422, maio 1971. ISSN 2690-3377. doi: [10.1061/jdsdag.0002901](https://doi.org/10.1061/jsdeag.0002901).
100. SMITH, B S; COULL, A. *Tall Building structures: analysis and design*. New York: John Wiley, 1991.
101. YOSHIDA, G K. *Análise de estruturas de edifícios constituídas de núcleo de concreto armado e pilares ou pendurais de aço*. Dissertação (Mestrado) — EESC, São Carlos, 1988. Disponível em: <https://producaocientifica.eesc.usp.br/set/717>.

Tendências e diretrizes para prevenção e controle do ruído aeronáutico no ambiente construído: um panorama da produção científica

Oliveira, S. R. S.¹; Oiticica, M. L. G. R.²

^{1,2} Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, {stella.oliveira, lucia.oiticica}@fau.ufal.br

Resumo

Aeroportos costumam ter seus entornos marcados por interesses industriais e econômicos, devido às infraestruturas promovidas em suas áreas circundantes. Esta pesquisa tem como objetivo realizar uma busca no panorama científico sobre propostas e diretrizes para prevenção e controle do ruído aeronáutico. A estratégia de pesquisa aplicada incluiu buscas nas bases BD TD, Scielo, Scopus e Web of Science. Foram considerados como critérios de seleção: propostas que utilizam instrumentos urbanísticos, Ações, Planos de Controle e Proteção com ênfase em cidades sustentáveis, avaliação de ruído aeronáutico e aplicação de ferramentas como o mapeamento sonoro para controlar áreas afetadas pelo ruído. Foram encontrados 17 estudos que atenderam aos critérios de inclusão, englobando uma revisão sistemática, dois sobre sustentabilidade e aeroportos verdes e 14 sobre avaliação do impacto sonoro causado por aeroportos e ações possíveis para mitigar o ruído. Aeroportos cuja área circundante é de uso misto ou predominantemente residencial. A partir dos resultados obtidos nos trabalhos selecionados fez-se um apanhado de propostas e diretrizes para controle do ruído aeronáutico. A partir dos estudos analisados, concluiu-se que é necessário uma maior atenção aos impactos dos aeroportos em suas áreas circundantes, exigindo revisões e a elaboração de Planos de Ação por parte da administração aeroportuária e do Poder Público.

Palavras-chave: aeroporto; impacto ambiental; poluição sonora; ruído aeronáutico.

PACS: 43.50.-x, 43.50.Ki, 43.50.Lj, 43.50.Rq.

Trends and guidelines for prevention and control of aircraft noise in the built environment: an overview of scientific production

Abstract

Airports usually have their surroundings marked by industrial and economic interests, due to the infrastructures promoted in their surrounding areas. This research aims to conduct a search in the scientific panorama on proposals and guidelines for the prevention and control of aircraft noise. The applied research strategy included searches in the BD TD, Scielo, Scopus and Web of Science databases. The selection criteria were proposals that use urban planning instruments, Control and Protection Actions and Plans with emphasis on sustainable cities, evaluation of aeronautical noise and application of tools such as sound mapping to control areas affected by noise. We found 17 studies that met the inclusion criteria, including a systematic review, two on sustainability and green airports, and 14 on assessing the noise impact caused by airports and possible actions to mitigate noise. Airports whose surrounding area is mixed-use or predominantly residential. From the results obtained in the selected works, a summary of proposals and guidelines for aeronautical noise control was made. From the studies analyzed, it was concluded that it is necessary to pay greater attention to the impacts of airports in their surrounding areas, requiring revisions and the preparation of Action Plans by the airport administration and the Public Power.

Keywords: airport; environmental impact; noise pollution; aircraft noise.

1. INTRODUÇÃO

A alta concentração populacional nas cidades brasileiras acarreta cada vez mais problemas relacionados à falta de planejamento urbano. Até mesmo em cidades planejadas, como Brasília (DF) e Curitiba (PR), o aumento da população urbana e a insuficiência de infraestrutura para atendê-las têm ocasionado problemas relacionados à moradia e permanência nas cidades.

Oliveira [1] argumenta que os aeroportos desempenham um papel crucial na economia local de uma cidade, o que é especialmente evidente no caso da cidade de Maceió, onde o setor turístico é um dos mais lucrativos do estado. No entanto, para garantir o bom funcionamento desse serviço, é necessário contar com instrumentos que permitam o planejamento eficiente da cidade em conjunto com suas instalações e expansões. Dessa forma, é possível minimizar os impactos negativos gerados à população residente nas áreas urbanas próximas aos aeroportos, além de evitar possíveis restrições aeroportuárias que poderiam prejudicar a economia da região.

A Diretiva (UE) 2015/996 [2] da Comunidade Europeia recomenda aos Estados-Membros, no Anexo II, a utilização das métricas de Nível de Pressão Sonora Equivalente (L_{Aeq}), Nível de Ruído durante o dia (den) e Diferentes níveis de ruído a partir dos percentis dos valores medidos ao longo do tempo (Ln) para o ruído gerado pelo setor industrial, aeronaves e tráfego rodoviário e ferroviário. Isso é indicado para os países que não possuem métodos de cálculo nacionais ou desejam alterar o método de cálculo existente.

A ABNT NBR 8.572 [3], por sua vez, fixava valores de redução de nível de ruído para tratamento acústico de edificações expostas ao ruído aeronáutico, localizadas na área II do Plano de Zoneamento de Ruído (PZR) de determinados aeroportos. O aeroporto de Maceió, por exemplo, estava incluso com recomendações de diminuição de L_{Aeq} de 25 a 30 dB. A norma foi cancelada em 2014, sem substituição [3].

Considerando os padrões de isolamento acústico recomendados pelas normativas em vigor, a Aeroportos Espanhóis e Navegação Aérea (Aena) está empenhada em garantir um ambiente mais silencioso nos aeroportos que administra. Além disso, a empresa também está realizando trabalhos de isolamento acústico em habitações próximas aos terminais aéreos, como parte de sua abordagem para minimizar o impacto do ruído nas comunidades locais. Essas ações demonstram o compromisso da Aena em promover a sustentabilidade e o bem-estar das pessoas que frequentam e vivem nas proximidades de seus aeroportos. O objetivo é minimizar o incômodo causado pelo ruído das aeronaves em áreas residenciais [4]. Os trabalhos de insonorização são realizados nas imediações dos aeroportos que deverão receber este tipo de melhoria, de acordo com os estudos de impacto ambiental realizados pelo Ministério da Transição Ecológica e Desafio Demográfico [4].

Segundo a Aena, o processo é realizado especialmente em edifícios para usos sensíveis, como estabelecimentos de ensino, saúde ou culturais que requerem proteção especial contra a poluição sonora. O objetivo final é que os interiores destes edifícios cumpram os padrões de qualidade acústica aplicáveis ao espaço interior habitável estabelecidos por lei [4].

De acordo com o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC 161), o monitoramento do ruído deve ser implementado quando o operador do aeroporto apresentar uma média anual de movimento de aeronaves nos últimos três anos acima de 120.000 e possuir regiões de uso residencial ou misto em mais de 50% das áreas definidas pelas curvas de ruído (65-75 dB, 75-80 dB, 80-85 dB e acima de 85 dB de seu PEZR – Plano Especial de Zoneamento de Ruído). Nesse caso, o operador deve enviar à Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) um projeto de monitoramento de ruído para análise e aprovação.

Para citar Kaiser [6], é possível observar no decorrer dos anos 1930 que momentos políticos distintos interferem ativamente no desenvolvimento da indústria aeronáutica. Na década de

1970, ainda sob forte influência militar, observamos um momento de intensa regulação na esfera econômica e industrial. Aeroportos implantados distantes dos centros urbanos se tornam vetores para a expansão da cidade. Isso ocorre em função da necessidade de promover infraestruturas urbanas de qualidade como: viária, água, esgoto, energia até o aeroporto [7].

A partir da contextualização acima, a pergunta norteadora do estudo foi: “Quais as possíveis intervenções e diretrizes abordadas para promover o controle e minimização do ruído aeronáutico em ambiente urbano a partir de pesquisas já realizadas?”.

Inserido neste contexto, o presente artigo se trata de um estado da arte, com o objetivo de evoluir com a temática estudada e apresentar um panorama da produção científica que aborde diretrizes de prevenção e controle do ruído aeronáutico no ambiente construído. A partir desta pesquisa, foi possível estabelecer a relação entre a relevância dos aspectos de controle e diretrizes para as pesquisas em poluição sonora urbana.

2. METODOLOGIA

De acordo com De-la-Torre-Ugarte-Guanilo [8], a revisão de literatura é uma metodologia que visa identificar as melhores evidências presentes na literatura científica, que responde a uma pergunta específica a partir de documentos como livros, periódicos e artigos científicos já publicados. Por outro lado, o Estado da Arte é um tipo de pesquisa com critérios específicos de elaboração e desenvolvimento. A importância de discutir o Estado da Arte está relacionada à necessidade de compreendê-lo como um estudo que vai além do mero mapeamento descritivo de trabalhos [9]. A estrutura utilizada nas pesquisas de Mota [10] e Lima [11] serviu como base para o desenvolvimento do presente artigo.

Neste estudo, foi utilizada a Revisão de Literatura Integrativa como metodologia, pois ela permite sintetizar, avaliar e interpretar as descobertas de estudos relevantes, guiados pela pergunta de pesquisa a ser respondida.

Assim, o estudo foi realizado seguindo as seguintes etapas: (i) seleção de artigos relevantes através de critérios de busca estabelecidos nas bases de dados da BDTD, Scielo, Scopus e Web of Science; (ii) filtragem dos artigos selecionados através de um processo de seleção ou descarte; e (iii) análise e tabulação dos resultados para apresentação final de uma síntese.

Seguimos os critérios estabelecidos por Ferreira [12] e Santos [13] para a busca de literatura. A última busca de artigos foi realizada em 25 de fevereiro de 2023, considerando um período de 10 anos, de 01 de janeiro de 2013 a 31 de dezembro de 2022. Fizemos a busca em bases de dados aplicando o filtro de palavras-chave obrigatórias no título/resumo e/ou palavras-chave dos trabalhos selecionados. Foram excluídos trabalhos que não eram artigos de congresso/periódicos ou teses e dissertações.

O levantamento de dados foi executado no mês de fevereiro de 2023. A primeira estratégia de busca foi por expressão nas bases de dados BDTD, Scielo, Scopus e Web of Science. Em inglês a busca foi: (noise OR “aircraft noise” OR “airport noise” OR “acoustic comfort” OR “environmental impact”) AND (airport) AND (guidelines OR recommendations OR integration OR proposals) AND (expansion OR “urban expansion” OR “urban growth” OR “master plan” OR surroundings OR legislation OR “public policy” OR infrastructure). Em português a busca foi: (ruído OR “ruído aeronáutico” OR “ruído aeroportuário” OR “conforto acústico” OR “impacto ambiental”) AND (aeroporto) AND (diretrizes OR recomendações OR integração OR propostas) AND (expansão OR “expansão urbana” OR “crescimento urbano” OR “plano diretor” OR circunvizinhança OR legislação OR “políticas públicas” OR infraestrutura).

A filtragem dos artigos selecionados foi subdividida em: (a) artigos duplicados; (b) alinhamento dos títulos com o tema e (c) aderência da metodologia ao tema.

A Figura 1 apresenta a estrutura de pesquisa esquematizada e os resultados obtidos em cada uma delas.

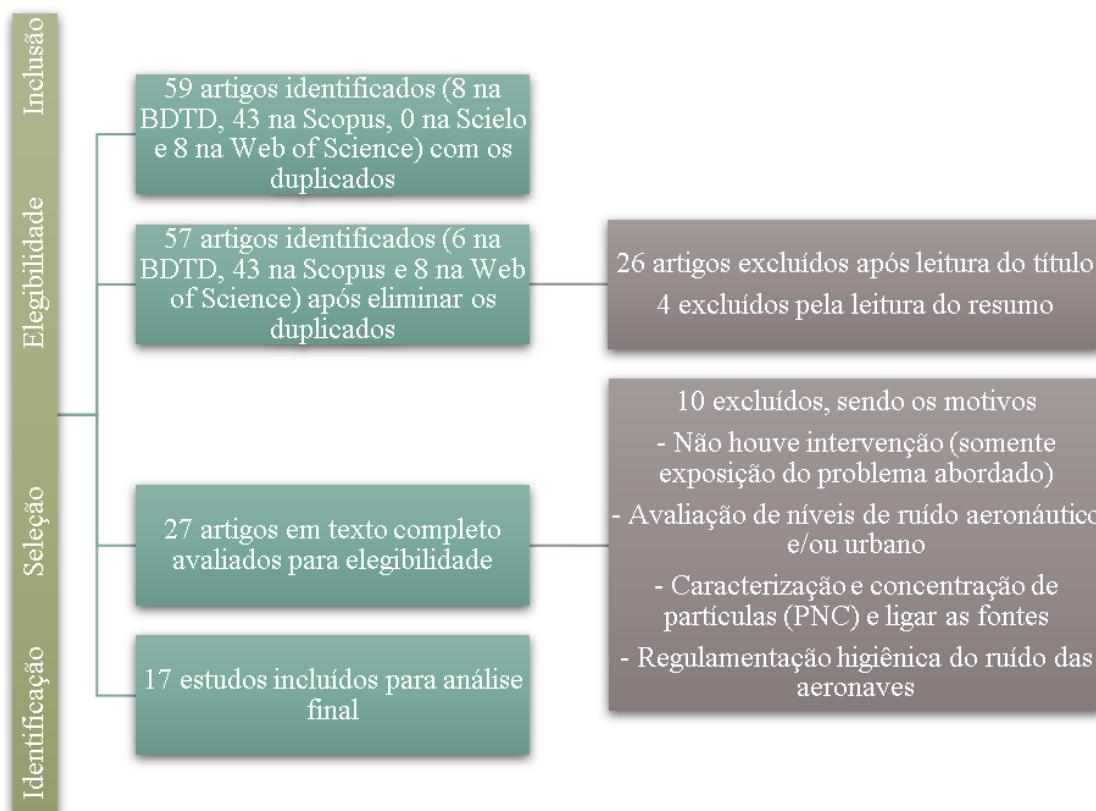


Figura 1: Estratégia de busca (limite de data de publicação entre janeiro de 2013 e dezembro de 2022) e fluxograma das etapas de revisão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pesquisou-se por artigos que correspondessem às expressões de busca. Na sequência foram elaboradas figuras e tabelas com os dados obtidos, apresentadas na Subseção 3.1. Além disso, foram identificados os documentos que responderam ao questionamento da pesquisa e os estudos que abordaram o tema de forma incompleta, parcialmente atendendo à busca, através da análise da metodologia, na Subseção 3.2.

3.1. Aspectos gerais da busca

De acordo com o mencionado, foram identificados 59 documentos seguindo a estratégia de busca descrita na metodologia. Desse total, 8 foram encontrados na BDTD, nenhum na base Scielo, 43 na base Scopus e 8 na base Web of Science, totalizando os 59 documentos. Após a remoção de documentos duplicados, 2 foram excluídos, resultando em 57 documentos elegíveis para a fase de análise.

Nas bases Scopus e Web of Science, observou-se a predominância da publicação de artigos em revistas/periódicos, seguido da publicação de artigos em congressos, e em terceiro lugar, capítulo de livro. Teses e dissertações foram obtidas apenas por parte da base BDTD, conforme observados na Figura 2.

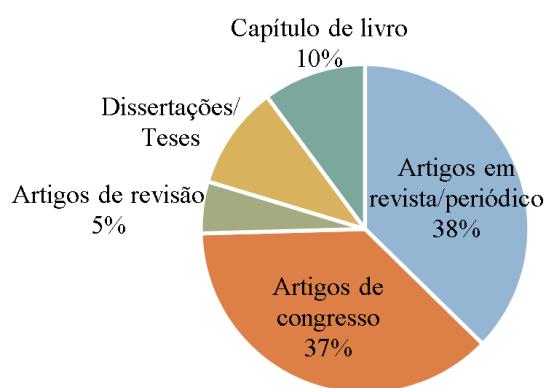


Figura 2: Principais tipos de publicações a partir da busca desenvolvida.

Dentre os resultados, a maior parte das referências encontradas estão inseridas na área de engenharia, o que corresponde a 20,5% do total,

enquanto a área das ciências sociais corresponde a 18,5% e Física e Astronomia, por sua vez, a 14,7% (Figura 3).



Figura 3: Principais áreas abordadas nas publicações a partir da busca desenvolvida.

Conforme estabelecido na estratégia de busca, as publicações encontradas datam de 2013 até o ano de 2022. O maior número de publicações enquadra-se no ano de 2016 com 9 documentos científicos, seguido pelo ano de 2019 com 8 publicações. O número de produções no decorrer dos 10 anos de consulta não é constante (Figura 4).

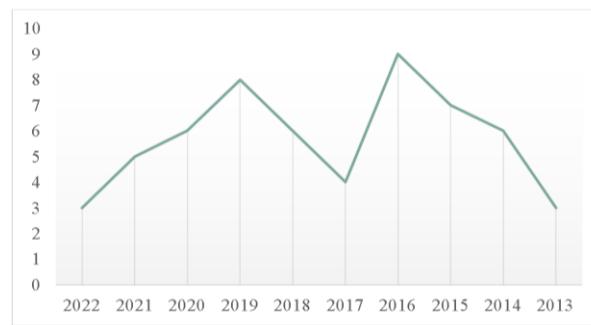


Figura 4: Quantitativo de publicações por ano a partir da busca desenvolvida.

Quadro 1: Seleção de artigos que abordam a temática: controle e minimização do ruído aeronáutico, a partir da busca por ordem cronológica crescente, apresentando os títulos em português.

| Autor | Ano | Títulos | Periódico | Origem |
|-------|------|---|--------------------------|----------|
| [14] | 2014 | Avaliação ambiental estratégica e auxílio multicritério à decisão: um estudo sobre as possíveis contribuições ao planejamento aeroportuário | Dissertação UNICAMP | Brasil |
| [18] | 2014 | Participação pública em medidas para reduzir o ruído na Alemanha | Internoise 2014 | Alemanha |
| [19] | 2014 | Adaptação jurídica do estabelecimento de rotas de voo - análise do défice e propostas de reforma | Internoise 2015 | Alemanha |
| [27] | 2014 | Caracterização do ruído e gestão dos aeroportos das cidades italianas: Experiências e propostas | Forum Acusticum, FA 2014 | Itália |

Os dados coletados nas bases de dados indicam que o Brasil é o país com o maior número de publicações científicas, representando 27% do total, seguido pela Alemanha e pelos Estados Unidos. Esse destaque se deve em grande parte às publicações da BDTD, uma base de pesquisa nacional (Figura 5).

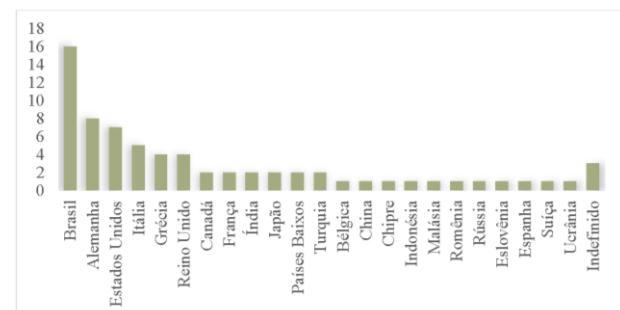


Figura 5: Publicações por países a partir da busca desenvolvida.

Boa parte dos artigos científicos nacionais são provenientes das regiões Sul e Sudeste do Brasil. Apesar de os autores terem uma preferência por publicar em revistas nacionais, é importante destacar que a indicação do país se refere à origem da pesquisa.

Foram selecionadas 17 pesquisas que abordam o controle e minimização do ruído aeronáutico em ambientes construídos, datados de 2014 a 2021. Estas publicações incluem revistas/periódicos, artigos de congressos e dissertações, conforme pode ser observado no Quadro 1.

| | | | | |
|------|------|---|--|--|
| [20] | 2015 | Planeamento de ações de ruído nos aeroportos em condições políticas difíceis - Métodos e procedimentos técnicos para um apoio bem-sucedido | Euronoise 2015 | Alemanha |
| [26] | 2016 | Cartografia estratégica do ruído e planos de ação para os aeroportos internacionais de Larnaca & Pafos em Chipre | ICSV 2016 | Chipre |
| [22] | 2017 | Dez anos após a alteração da Lei para a Proteção contra o Ruído Aeronáutico (FluLarmG): Objetivo alcançado? | Larmbekampfung | Alemanha |
| [15] | 2018 | Dinâmicas urbanas e operações aeroportuárias: estudo do Aeroporto de Congonhas/SP | Dissertação UNB | Brasil |
| [16] | 2018 | Medidas de Sustentabilidade Ambiental para Aeroportos | Sustainable Development, International Aviation, and Treaty Implementation | Brasil |
| [21] | 2018 | Medidas de Ruído para o Reforço da Função Aeroportuária no Aeroporto Internacional de Narita | Internoise 2018 | Japão |
| [24] | 2019 | Plano de ação contra o ruído no Aeroporto Internacional de Atenas (A.I.A.) | ICSV 2019 | Grécia |
| [30] | 2019 | Uma abordagem holística da certificação ambiental dos aeroportos verdes | Sustainability (Switzerland) | Espanha e Estados Unidos |
| [17] | 2020 | Política de uso do solo nas imediações dos aeroportos: Análise e lições aprendidas com a situação brasileira | Land Use Policy | Brasil |
| [23] | 2020 | Mapeamento estratégico do ruído no aeroporto internacional de Atenas | Noise Mapping | Grécia |
| [25] | 2021 | Desenvolvimento e planeamento de aeroportos sustentáveis | Journal of Public Affairs | Índia |
| [28] | 2021 | Sistemas de múltiplos aeroportos: O (re)desenvolvimento de aeroportos mais antigos, tendo em conta as questões de poluição sonora | Transport Policy | Bélgica, China, Itália, Japão e Estados Unidos |
| [29] | 2021 | Exemplificação de estudos de casos como foco para a implementação das melhores práticas relacionadas com a gestão do ruído das aeronaves nos aeroportos | Internoise 2021 | Reino Unido, Eslovénia, Roterdão, Países Baixos, Ucrânia e Roménia |

Foi possível constatar que a maioria das referências encontradas estão relacionadas à área de Ciências Ambientais. 9 estudos incluem essa área como foco, dos 17 documentos analisados nesta pesquisa. As Ciências Sociais também se destacam, com 8 estudos. Em seguida, encontramos artigos relacionados à Engenharia, presentes em 3 estudos cada, totalizando 6 pesquisas. É importante salientar que a classificação das áreas de estudo foi fornecida pelas bases de dados e que os artigos analisados podem estar enquadrados em uma, duas ou até três áreas distintas.

Quanto ao local dos objetos de estudo das pesquisas selecionadas, há quatro artigos desenvolvidos no Brasil, com os trabalhos de Teixeira [14]; Silva [15]; Sameh e Santos [16] e Silva, Santos e Gomes [17], em seguida a Alemanha com quatro trabalhos: Zeisler *et al.* [18]; Zeisler *et al.* [19], Petz e Leitenstorfer [20] e Arps; Brohmann e Schutte [21].

Já os demais artigos, sendo um artigo por um ou mais países, são do Japão, Ogata *et al.* [22], Grécia, Vogiatzis *et al.* [23] e Vogiatzis [24], Índia Chourasia, Jha e Dalei [25], Chipre, Gekas *et al.* [26] e Itália, Kountouras *et al.* [27].

Por fim, três dos trabalhos selecionados apresentam integração da pesquisa realizada em países como Bélgica, China, Itália, Japão e Estados Unidos, conforme Dobruszkes *et al.* [28]. Também incluem a pesquisa realizada no Reino Unido, Eslovênia, Roterdã, Países Baixos, Ucrânia e Romênia, de acordo com Konovalova *et al.* [29], e a pesquisa realizada na Espanha e nos Estados Unidos, segundo Comendador, Valdés e Lisker [30].

A partir das palavras-chaves fornecidas pelos bancos de dados, foi possível elaborar a nuvem de palavras (Figura 6), na qual pode-se observar as palavras mais recorrentes nos artigos analisados. A palavra-chave mais presente foi aeroportos, seguida de poluição sonora, impacto ambiental, aeronaves e habitação.



Figura 6: Nuvem de palavras a partir do resultado da busca de documentos do estudo.

3.2. Abordagem de controle do ruído

O estudo de Teixeira [14] utilizou a Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) para analisar os impactos ambientais de um aeroporto. O objetivo era criar diretrizes sustentáveis para um Plano Diretor Aeroportuário, usando os princípios da AAE e do Auxílio Multicritério à Decisão (AMCD).

Já o estudo de Zeisler *et al.* [18] na Alemanha, destaca a importância do envolvimento do público nas estratégias de redução de ruído, de acordo com a Diretiva Europeia. Os autores apontam que a comunicação abrangente é fundamental, mas não suficiente para garantir uma decisão equilibrada.

A participação do público é essencial para uma decisão bem-sucedida, principalmente em projetos de grande porte como a expansão de um aeroporto [18]. Nesse sentido, é fundamental

incluir a opinião e participação de todos os envolvidos, a fim de reduzir o impacto do ruído nas proximidades, conforme destacado por Zeisler *et al.* [19] em seu estudo sobre a exposição ao ruído em aeroportos internacionais. Além disso, o estudo aborda a importância das rotas de voo individuais e as futuras expansões do aeroporto em questão, que desafiam a legislação alemã [19].

Kountouras *et al.* [27] destacam a problemática da presença de aeroportos urbanos próximos a aglomerações, causando incômodo sonoro em um número crescente de pessoas. O estudo proposto no projeto Sonorus, focado no aeroporto de Roma-Ciampino como caso piloto nacional de infraestruturas de transporte, busca identificar aspectos críticos, especialmente considerando o planejamento urbano [27].

Os diversos planos urbanos mencionados na pesquisa delineiam elementos de uma paisagem sonora/holística, que serão objeto de experimentação e implementação na próxima fase da investigação. Isso promoverá uma triangulação entre as metodologias utilizadas no campo da acústica urbana [27].

O estudo realizado por Petz e Leitenstorfer [20], assim como Zeisler *et al.*, [19] analisou cidades alemãs como objeto de estudo, com foco no projeto de planejamento de ações de ruído em torno do aeroporto de Berlim-Brandenburg. Vários setores públicos foram envolvidos e a Alemanha buscou fornecer apoio especializado e coordenar os responsáveis nos municípios próximos ao aeroporto. Uma das propostas do plano de ações inclui a avaliação detalhada das rotas de voo alternativas, solicitada pela maioria das comunidades afetadas pelo ruído na região circundante do aeroporto. Esse método de avaliação pode ajudar a fornecer uma análise objetiva dos efeitos sonoros [20].

Glekas *et al.* [26] analisaram os Aeroportos Internacionais de Larnaca e Pafos, no Chipre, centrados no desenvolvimento de um Mapeamento Sonoro Estratégico (*Strategic Noise Mapping - SNM*) & Planos de Ação de Ruído (*Noise Action Plans - NAP*).

A metodologia da pesquisa envolveu medições sonoras em período diurno e noturno, utilizando um Sistema de Informação Geográfica e o software CadnaA para analisar o ruído das aeronaves [26].

Na pesquisa de Glekas *et al.* [26], foram propostas algumas recomendações: a) utilizar o solo levando em consideração os níveis de ruído estimados nas áreas ao redor dos aeroportos de Larnaca e Pafos; b) desenvolver um programa de monitoramento do ruído nos aeroportos, utilizando estações móveis e fixas para acompanhar os níveis de ruído; c) realizar intervenções de isolamento acústico em edifícios residenciais e outros expostos ao ruído; d) promover uma campanha de informação e sensibilização nas comunidades locais sobre o ruído como uma questão ambiental.

Arps, Brohmann e Schutte [21] propõem medidas para proteger a população das áreas próximas aos aeroportos dos impactos negativos causados pelo ruído das aeronaves. Para isso, sugerem restrições na construção e a utilização de isolamento sonoro nas estruturas. O artigo analisa os resultados de um inquérito sobre o tema e apresenta conclusões, além de propor novas ações para a implementação da legislação de proteção contra o ruído das aeronaves.

No Brasil, Silva [15] discute os conflitos entre leis urbanas e aeroportuárias, destacando que a falta de integração entre os planos de desenvolvimento pode gerar problemas na operação de aeroportos e no crescimento urbano. A pesquisa sugere que a solução para esses conflitos está na integração entre os instrumentos urbanos e aeroportuários, com a produção efetiva do Plano Diretor e do Zoneamento Urbano. Além disso, propõe o disciplinamento do parcelamento do solo e da ocupação urbana, a criação de áreas de proteção ao redor dos aeroportos e a exigência de Estudos de Impacto antes da aprovação de planos aeroportuários [15].

Ogata *et al.* [22] abordam em sua pesquisa medidas para melhorar a eficiência do Aeroporto Internacional de Narita, no Japão, visando aumentar sua capacidade. Inicialmente, foi planejado reduzir o horário de restrição de voos de 7 horas (23:00 - 06:00) para 4 horas (01:00-05:00) durante a noite. No entanto, devido à resistência dos moradores locais, o plano foi ajustado para um período de 4 horas e 30 minutos (03:30-05:00) [22].

Sameh e Santos [16] enfatizam a importância de tornar os aeroportos sustentáveis, considerando que seu crescimento traz benefícios econômicos e sociais, mas não deve gerar impactos ambientais negativos. Para alcançar esse objetivo, é necessário analisar todos os aspectos envolvidos e desenvolver uma abordagem sustentável eficaz.

Estudos cuidadosos são essenciais para definir as capacidades e restrições ambientais dos aeroportos, levando em conta os diversos parâmetros sociais, econômicos e ambientais.

Comendador, Valdés e Lisker [30] discutem nos Estados Unidos a importância de abordagens holísticas para otimizar a gestão ambiental em aeroportos. Eles analisam os diversos impactos ambientais, como ruídos, qualidade da água, qualidade do ar e emissão de poluentes, decorrentes das atividades aeroportuárias. A pesquisa resultou no desenvolvimento do sistema de certificação ambiental "Aeroporto Verde", que engloba todas as estruturas do aeroporto, como edifícios, instalações e sistemas de navegação aérea.

Desenvolvida em Atenas, Grécia, a pesquisa de Vogiatzis *et al.* [23] aborda os estudos necessários para o Mapa Estratégico do Ruído (SNM). Nesse estudo, foram propostas ações com base em dados precisos de tráfego aéreo e rotas de voo para eliminar os efeitos do ruído das aeronaves nas áreas próximas ao aeroporto, além de introduzir medidas abrangentes de mitigação do ruído. O Plano de Ação inclui procedimentos de mitigação do ruído que foram estabelecidos antes da abertura do aeroporto e/ou durante seu funcionamento [23].

Segundo Silva, Santos e Gomes [17], os conflitos entre aeroportos e comunidades próximas devem aumentar no futuro. Eles apontam a regulação do uso do solo como uma ferramenta importante para minimizar esses impactos e permitir o desenvolvimento da Aviação Civil sem prejudicar os moradores locais. Essa regulação envolve a definição de restrições de uso do solo nas áreas próximas aos aeroportos, levando em consideração os níveis de ruído.

É relevante ressaltar que as restrições de uso do solo ao redor dos aeroportos brasileiros existem desde 1966, quando foi estabelecido um "Plano de Zona de Proteção" com o objetivo de evitar interferências no tráfego aéreo causadas por construções altas [17].

Vogiatzis *et al.* [23] realizaram um estudo que demonstrou como a combinação da implementação das diretrivas europeias 2002/49 e 2015/996, juntamente com a utilização da abordagem de Anos de Vida Ajustados por Incapacidade (DALYs), pode ser uma ferramenta eficaz para avaliar o ambiente acústico. Por

meio do uso do mapa de ruído estratégico, a pesquisa conseguiu identificar problemas de ruído, localizar áreas com níveis excessivos de ruído ou excessivamente silenciosas e verificar se os níveis estavam dentro dos limites legais estabelecidos.

Vogiatzis *et al.* [24] apresentaram suas pesquisas no ano de 2020, com a participação do setor privado, uma parceria público-privada internacional pionera. O estudo utiliza em sua pesquisa a ferramenta do mapa de ruído estratégico, devido ao seu auxílio de diagnóstico dos problemas sonoros, controle e identificação de regiões silenciosas e com ruído excessivo ou superiores aos limites permitidos pela legislação. A pesquisa enfatiza que, de acordo com a Diretiva Europeia 49/2002, o estudo deve ser repetido a cada 5 anos.

Neste estudo de pesquisa, foi realizado uma análise comparativa dos dados de tráfego dos anos 2016 e 2018. Os resultados do modelo acústico foram utilizados para criar os Mapas Estratégicos de Ruído para período diurno e noturno [24].

Konovalova *et al.* [29] analisaram seis estudos de casos de aeroportos no projeto europeu "ANIMA" e avaliaram a eficácia da gestão do ruído. Os resultados mostraram que os impactos do ruído devem ser compartilhados entre a comunidade, em vez de beneficiar apenas uns em detrimento de outros. O envolvimento da comunidade e das partes interessadas desempenha um papel importante na busca do equilíbrio entre ruído e emissões [29].

Chourasia, Jha e Dalei [25] argumentam que os aeroportos afetam negativamente os ambientes circundantes, a ecologia e a sociedade. Nesse sentido, a implementação de um "desenvolvimento sustentável" nos aeroportos pode melhorar os benefícios sociais, financeiros e operacionais, além de diminuir os impactos negativos no ambiente. Para alcançar uma melhor preservação e proteção ambiental nos aeroportos, é essencial incorporar o conceito de sustentabilidade no planejamento aeroportuário [25].

Dobruszkes *et al.* [28] conduziram estudos de caso em diversas cidades, incluindo Tóquio, Xangai, Paris, Milão, Houston e Roma, a fim de analisar os efeitos do ruído nos aeroportos. Devido à falta de dados padronizados, a análise quantitativa foi prejudicada, levando o estudo a adotar uma abordagem qualitativa. As autoridades públicas mostraram resistência em lidar com a questão do ruído nos aeroportos, sejam eles antigos ou mais recentes.

É fundamental que os aeroportos mais antigos, localizados em regiões urbanas densas, sejam desativados em benefício dos retornos sociais e econômicos obtidos com investimentos em aeroportos mais modernos. Caso não sejam fechados, devem ser estabelecidas normas rígidas para redistribuir o tráfego para aeroportos periféricos, evitando, assim, a sobrecarga nos aeroportos antigos [28].

Em resumo, há um aumento dos conflitos entre aeroportos e comunidades locais. A regulamentação do uso do solo através de restrições baseadas em contornos de ruído é uma ferramenta utilizada para minimizar esses impactos.

A implementação de políticas sustentáveis nos aeroportos também é uma forma de melhorar os benefícios sociais e financeiros, além de diminuir os impactos negativos no ambiente.

4. PROPOSTAS E DIRETRIZES

Um resumo dos trabalhos já mencionados é apresentado abaixo, com as principais diretrizes e propostas para o controle do ruído aeronáutico:

- i. Envolvimento do público nas estratégias de redução do ruído, com comunicação abrangente e participação nas decisões.
- ii. Avaliação robusta das rotas de voo alternativas para redução do impacto do ruído das aeronaves.
- iii. Implementação de intervenções de isolamento sonoro em edifícios expostos ao ruído.
- iv. Desenvolvimento de programas de monitorização do ruído nos aeroportos.

- v. Campanhas de informação pública e sensibilização sobre o ruído como uma questão ambiental.
- vi. Restrições de construção e isolamento sonoro estrutural para proteção da população das áreas circundantes dos aeroportos.
- vii. Integração entre os instrumentos urbanos e aeroportuários para resolver conflitos e assegurar o desenvolvimento urbano.
- viii. Disciplinamento do parcelamento do solo e uso do solo nas áreas impactadas.
- ix. Estabelecimento de parques recreacionais ou faixas verdes como cinturão de proteção contra o impacto operacional aeroportuário.
- x. Intervenções nas edificações próximas às pistas para redução do impacto sonoro.
- xi. Implementação de medidas abrangentes de mitigação do ruído com base em dados precisos de tráfego aéreo e rotas de voo.
- xii. Incorporação do conceito de sustentabilidade no planejamento aeroportuário para melhor preservação ambiental.
- xiii. Encerramento de aeroportos mais antigos localizados em áreas urbanas densas, se necessário, para evitar o aumento do tráfego e impacto do ruído.

Recomenda-se garantir convivência harmoniosa entre aeroportos e comunidades locais para desenvolvimento regional sustentável e equilibrado. Autoridades públicas devem enfrentar questões de ruído e considerar fechamento de aeroportos antigos em áreas urbanas densas.

Mais pesquisas são necessárias para entender sensibilidade ao ruído em contextos culturais diversos e resolver conflitos relacionados ao ruído.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise dos artigos científicos, foi observado que a produção teve oscilações ao longo de um período de 10 anos. Houve um aumento nos estudos entre 2013 e 2016, seguido por uma queda em 2017 e posterior retomada até 2019. Nos anos seguintes, ocorreu uma queda significativa, possivelmente devido à

pandemia de COVID-19, que impactou a elaboração de trabalhos que necessitam de dados urbanos, medições sonoras e/ou entrevistas.

Sugere-se que estudos futuros explorem outras bases de dados científicos e utilizem um maior número de expressões de busca. Além disso, é aconselhável realizar pesquisas sobre "smart cities" e cidades verdes, considerando o ruído aeronáutico em seus aeroportos e buscando uma análise integrada e abrangente dos parâmetros ambientais.

Os resultados obtidos revelaram novas tendências de pesquisa na área de controle de ruído, como a utilização de metodologias quantitativas e mistas, como as aplicadas em paisagens sonoras. Ainda que não tenham sido utilizadas em estudos, essas metodologias são mencionadas em algumas pesquisas.

Para futuras investigações, é recomendada a aplicação de questionários e uma maior interação com as populações afetadas, a fim de embasar a criação de diretrizes e propostas de redução do ruído. É essencial o envolvimento do poder público para implementar medidas de prevenção e controle do ruído nas proximidades dos aeroportos.

É fundamental realizar pesquisas mais abrangentes, considerando os diversos aspectos envolvidos na redução do ruído, a fim de criar diretrizes e instrumentos urbanísticos e projetuais e embasar a tomada de decisão no planejamento de cidades saudáveis.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas (PPGAU/UFAL) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

1. OLIVEIRA, Stella Rosane da Silva. *Desenvolvimento de diretrizes para redução do impacto do ruído aeroportuário: Estudo do Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares.*

Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Universidade Federal de Alagoas. Programa de Pós-Graduação de Arquitetura. Maceió, 2022. 132 p. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/10553>. Acesso em: 19 mar. 2023.

2. EUROPEIA. J. O. 2002/49/CE. *Diretiva (UE) 2015/996* da Comissão. Estabelece métodos comuns de avaliação do ruído de acordo com a Diretiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho. ("EUR-Lex - 32015L0996 - EN - EUR-Lex - Europa") União Europeia. 15 de junho de 2021. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32015L0996>. Acesso em: 14 mar. 2023.

3. ABNT. NBR 8.572: Fixação de valores de redução de nível de ruído para tratamento acústico de edificações expostas ao ruído aeronáutico. Rio de Janeiro, 1984.

4. MIGUENS, Agustín. Aena continua insonorizando viviendas cercanas a aeropuertos de su red. *Aviacionline.com*, 27 fev. 2023. Disponível em: <https://www.aviacionline.com/2023/02/ae-na-continua-insonorizando-viviendas-en-alrededores-de-aeropuertos-de-su-red/> 14 mar. 2023.

5. ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil – RBAC 161: Planos de zoneamento de ruído, aprovado pela Resolução nº 202 de 28 de setembro de 2011.

6. KAISER R. *Impacto de NLAS para o sistema de desembarque do TPS 1 do aeroporto internacional do Rio de Janeiro (GALEÃO)*. Dissertação (Mestrado) Pós-graduação em Engenharia de Produção – COPPE. Rio de Janeiro – RJ. 2012.

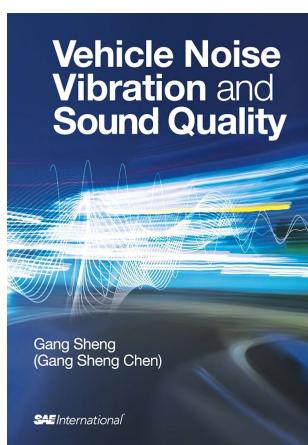
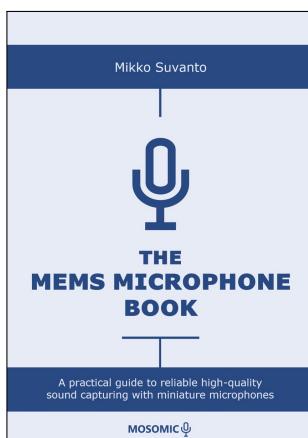
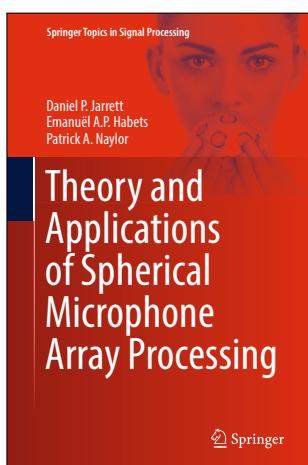
7. GARCIA, O. F. *O aeroporto de Congonhas e a cidade de São Paulo: Uma história de afinidade e conflitos.* ("Staff View: O Aeroporto de Congonhas e a cidade de São Paulo: uma ...") Dissertação (Mestrado) Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC/SP. Faculdade de Geografia. São Paulo, 2015.

8. DE-LA-TORRE-UGARTE-GUANILLO, M. C.; TAKAHASHI, R. F.; BERTOLOZZI, M. R. Revisão sistemática: noções gerais. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*. v. 45. São Paulo, 2011. disponível em: <https://www.scielo.br/j/reeusp/a/CRjvBKKvR> RGL7vGsZLQ8bQj/#. Acesso em: 14 mar. 2023.
9. SANTOS, M. A. R. dos; SANTOS, C. A. F. dos; SERIQUE, N. S; LIMA, R. R. Estado da arte: aspectos históricos e fundamentos teórico-metodológicos. *Revista Pesquisa Qualitativa*. São Paulo, v. 8, n. 17, p. 202-220, ago. 2020.
10. MOTA, L. C. C., HIRASHIMA, S. Q. DA S., AZEVEDO, R. C. Elaboração e análise de portfólio bibliográfico sobre mapeamento sonoro urbano utilizando o PROKNOW-C. XV ENCAC -XI ELACAC. João Pessoa: ENCAC. . 2019.
11. LIMA, J. C.; SILVA, J. T; OLIVEIRA, S. R. S.; BARBOSA, R. V. R.; OITICICA, M. L. G. R. Vista do Clima urbano e poluição sonora: revisão da literatura a partir da abordagem integrada, *The Journal of Engineering and Exact Sciences – jCEC*, v. 07. n. 01. Viçosa-MG, 2021. disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/1198/6518>. Acesso em: 14 mar. 2023.
12. FERREIRA, Norma Sandra De Almeida. As pesquisas denominadas “estado da arte”. *Educação & Sociedade*, Campinas, ano XXIII, n. 79, p. 257-272, ago. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/es/a/vPsyhSBW4xJT48FfrdCtqfp/>. Acesso em: 14 mar. 2023.
13. SANTOS, A. M. R.; SANTOS, C. A. F.; SERIQUE, N. S.; LIMA, R. R. Estado da arte: aspectos históricos e fundamentos teórico-metodológicos. *Revista Pesquisa Qualitativa*. São Paulo, SP, v. 8, n. 17, p. 202-220, ago. 2020.
14. TEIXEIRA, B. B. *Avaliação ambiental estratégica e auxílio multicritério à decisão: um estudo sobre as possíveis contribuições ao planejamento aeroportuário*. Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, SP. 2014. 156 p.
15. SILVA, E. S. *Dinâmicas urbanas e operações aeroportuárias: Estudo do Aeroporto de Congonhas/SP*. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, 2018. 144 p. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/32666>. Acesso em: 18 mar. 2023.
16. SAMEH, M. M; DOS SANTOS, J. M. S. Environmental Sustainability Measures for Airports. *Sustainable Development, International Aviation, and Treaty Implementation*. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85139329909&doi=10.1017%2f9781316594216.005&origin=inward&txGid=ca04394b1e16057d57ddfd29d48a4ac2>. Acesso em: 18 mar. 2023.
17. SILVA, B. A. C.; SANTOS, G. S.; GOMES, R. D. A. Land use policy in the vicinity of airports: Analysis and lessons learned from the Brazilian situation. *Land Use Policy*, jan. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837716302757>. Acesso em: 18 mar. 2023.
18. ZEISLER, A.; DAVY J.; BURGESS M.; DON C.; DOWSETT L.; MCMINN T.; BRONER N. Public participation at measures to reduce noise in Germany. 3rd International Congress on Noise Control Engineering: Improving the World Through Noise Control, *INTERNOISE*, 2014.
19. ZEISLER, A.; APPEL, P.; THIERBACH, R.; MALING G.; BURROUGHS C. Legal adaptation of the establishment of flight routes - deficit analysis and reform proposals. 44th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, *INTERNOISE*, 2015.
20. PETZ, M.; LEITENSTORFER, U. Noise action planning at airports under difficult political conditions - Technical methods and procedures for successful support. 10th European Congress and Exposition on Noise Control Engineering, *Euronoise*, 2015.

21. OGATA, S.; IMAI, D.; HORI, S.; TAMAKI, K. Noise measures for the enhancement of airport function at Narita International Airport. 47th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering: Impact of Noise Control Engineering, *INTERNOISE* 2018.
22. ARPS, H.; BROHMAN, B.; SCHUTTE, S. Ten years after the amendment to the Act for the Protection against Aircraft Noise (FluLarmG): Goal achieved? A discussion from the perspective of Science. *Larmbekampfung* - 6 ed, v. 12, p. 186-193, 2017.
23. VOGIATZIS, K.; DIMITRIOU, D.; GEROLYMATOU, G.; KONSTANTINIDIS, A. Strategic noise mapping in athens international airport: A tool for balanced approach & health effects evaluation. *Noise Mapping* – v. 7, p. 87-98. 2020.
24. VOGIATZIS, K.; DIMITRIOU, D.; KONSTANTINIDIS, A.; GEROLYMATOU, G. The Noise Action plan in the Athens International Airport (A.I.A) «eleftherios Venizelos» - Evaluation of rules and procedures regarding noise relating measures and restrictions within a balanced approach. 26th *International Congress on Sound and Vibration, ICSV*, 2019.
25. CHOURASIA, A. S.; JHA, K.; DALEI, N. N.; Development and planning of sustainable airports. *Journal of Public Affairs* – v. 21. 2021.
26. GLEKAS, K.; ANTONIADIS, C.; DYNAMIC ACOUSTICS S.A.; HELLENIC ASSOCIATION; PEMARD, T. Strategic noise mapping & action plans for the international airports of Larnaca & Pafos in Cyprus. 23 ed. *International Congress on Sound and Vibration, ICSV*, 2016.
27. KOUNTOURAS, M.; CURCURUTO, S.; MAZZOCCHI, E.; SACCHETTI, F.; SILVAGGIO, R.; VACCARO, L. Noise characterization and management of Italian city airports: experiences and proposals. *Forum Acusticum*, 2014.
28. DOBRUSZKES, F.; GRIPPA, T.; HANAOKA, S.; LOKO, Y.; REDONDI, R.; VOWLES, T.; WANG, J.; Multiple-airport systems: The (re)development of older airports in view of noise pollution issues. *Transport Policy* – v. 114, p. 298-311. 2021.
29. KONOVALOVA, O.; ZAPOROZHETS, O.; OHLENFORST, B.; PEERLINGS, B.; AALMOES, R.; RADULESCU, D.; BURTEA, N.; DRAGASANU, L.; HOOPER, P.; HEYES, G.; JERAM, S.; DARE T.; BOLTON S.; DAVIES P.; XUE Y.; EBBITT G.; PLITEQ. Exemplification case studies as a focus for the implementation of best practices related to aircraft noise management at airports. 50th International Congress and Exposition of Noise Control Engineering, *INTERNOISE*, 2021.
30. COMENDADOR, V. F. G.; VALDÉS, R. M. A.; LISKER, B. A holistic approach to the environmental certification of green airports. *Sustainability* (Switzerland) – v. 11, n. 15. 2019.

(Esta página foi deixada intencionalmente em branco.)

Resenhas A&V n° 56



Resenhas de livros

Nesta edição temos quatro resenhas, entre novidades e clássicos

Nesta edição da revista, temos a satisfação de apresentar uma seleção exclusiva de quatro resenhas de livros, conhecidas como *Book Reviews*. Todas as resenhas estão disponíveis em língua [portuguesa](#) (pág. 51), [inglesa](#) (pág. 57) e [espanhola](#) (pág. 63).

Cumpre enfatizar que essas resenhas foram elaboradas de forma concisa e objetiva, com o propósito de sintetizar o conteúdo tanto de obras recém-publicadas quanto de clássicos que abordam, de forma ampla, as ciências relacionadas à acústica, vibrações e áudio. Ademais, as resenhas oferecem informações relevantes sobre os autores, enriquecendo o contexto de cada obra analisada.

Nesta edição, destacamos os seguintes livros:

- [Theory and Applications of Spherical Microphone Array Processing](#)
Autores: Daniel P. Jarrett, Emanuel A. P. Habets e Patrick A. Naylor | Springer, 2017
- [Processamento de Sinais em Acústica e Vibrações](#)
Autor: Roberto A. Tenenbaum | Blucher, 2024
- [The MEMS Microphone Book](#)
Autor: Mikko Suvanto | Mosomic, 2022
- [Vehicle Noise, Vibration, and Sound Quality](#)
Autor: Gang Sheng | SAE International, 2012

Reunidas nestas quatro obras, encontramos uma ampla variedade de tópicos, que incluem desde os princípios fundamentais do som até técnicas de arranjo de microfones, métodos de processamento de sinais acústicos, propriedades e aplicações de microfones e, por fim, uma discussão abrangente sobre acústica veicular. Cada livro se sobressai por articular teoria e prática de maneira exemplar, seja por meio de modelos computacionais ou pela apresentação detalhada de experimentos práticos, configurando-se, portanto, como leituras de relevância singular para estudantes e profissionais que desejem aprofundar seus conhecimentos e habilidades.

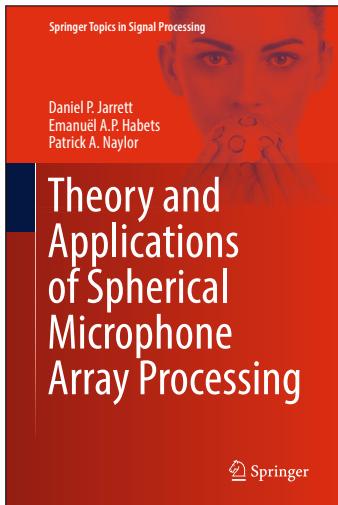
Esperamos que a leitura destas resenhas proporcione as primeiras impressões e reflexões acerca das obras, fomentando o interesse em explorá-las na íntegra — uma estratégia valiosa para ampliar o repertório teórico e manter-se devidamente atualizado na área.

William D'Andrea
Fonseca 

*Universidade Federal de
Santa Maria*

*Av. Roraima nº 1000,
Cidade Universitária,
Santa Maria, RS, Brasil*

{will.fonseca}
@eac.ufsm.br



Autores: Daniel P. Jarrett, Emanuel A. P. Habets e Patrick A. Naylor

Editora: Springer

Ano: 2017

Língua: inglês

ISBN: 978-3319422091

DOI: [10.1007/978-3-319-42211-4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-42211-4)



Figura 1: Exemplo the arranjo esférico de 32 microfones, o Eigenmike em32 da mh Acoustics ([retirado do site](#)).

Theory and Applications of Spherical Microphone Array Processing

O mundo esférico de arranjos compilado em uma edição

Publicada em 2017 pela Springer, a obra *Theory and Applications of Spherical Microphone Array Processing* consolidou-se como referência obrigatória no campo do processamento de sinais acústicos com arranjos esféricos de microfones. Equilibrando rigor teórico e aplicações práticas, o livro oferece fundamentação sólida a pesquisadores, engenheiros e estudantes de pós-graduação interessados em acústica, processamento de sinais e engenharia elétrica, em geral. A clareza expositiva e a amplitude de temas abordados tornam esta leitura imprescindível para quem almeja compreender, em profundidade, os princípios que regem a captação e o tratamento de áudio em três dimensões.

Organizada em uma progressão que parte de premissas teóricas até aplicações concretas, a obra contextualiza a relevância histórica e tecnológica dos arranjos esféricos. No início, são apresentados os fundamentos de harmônicos esféricos e as respostas impulsivas de arranjos esféricos, salientando sua utilidade também em simulações de ambientes reverberantes. Na sequência, são exploradas técnicas de *beamforming* e análise espacial — tanto adaptativas quanto independentes do sinal —, com ênfase na estimativa de parâmetros estatísticos. Esses conceitos alicerçam o desenvolvimento de algoritmos para decomposição espectral, localização de fontes e parametrização de cenas acústicas, as quais envolvem tanto as *direções de chegada* (DOA, *direction-of-arrival*) quanto aspectos de difusividade sonora.

Entre as contribuições mais notáveis, destaca-se a perspectiva teórico-prática, unindo expansões em harmônicos esféricos à implementação de soluções de *beamforming* esférico, as quais podem ser utilizadas em controle de ruído em videoconferências e na captura tridimensional para realidade virtual. A clareza didática transparece na exposição de tópicos complexos, como a amostragem espacial, ilustrada por exemplos numéricos e figuras elucidativas. O texto também explora métodos de otimização de *beamforming*, contrapondo critérios de mínima variância (MVDR, *minimum variance distortionless response*) e máxima relação sinal-ruído (SNR, *signal-to-noise ratio*), por exemplo. Ao relacionar essas propostas a aplicações em salas, sistemas dedicados e redes de microfones distribuídos, os autores demonstram a versatilidade dos arranjos esféricos na era da automação acústica.

Destinada a um público familiarizado com processamento de sinais, a obra oferece subsídios para projetos que vão do áudio imersivo à telecomunicação, passando por navegação robótica e monitoramento ambiental. Embora a abrangência seja destacável, requer conhecimento prévio em análise espectral e álgebra linear. Ainda assim, o livro supera o caráter de simples manual técnico, configurando-se como um tratado acadêmico que fomenta pesquisas futuras e reafirma a posição de arranjos esféricos na vanguarda da engenharia acústica moderna. Pode ser adquirido tanto na versão **física** quanto na **digital**.

Michael Vorländer^{ID}

Universidade RWTH
Aachen

Kopernikusstr. 5,
52074,
Aachen, Alemanha
{michael.vorlaender}
@akustik.rwth-aachen.de



Autor: Roberto A. Tenenbaum

Editora: Blucher

Ano: 2024

Língua: português

ISBN: 978-8521220459

Link: [editora](#)

Processamento de Sinais em Acústica e Vibrações

Uma apresentação sobre sinais e sistemas para A&V

Com seu “*Processamento de Sinais em Acústica e Vibrações*”, Roberto Tenenbaum escreveu um livro-texto que combina os fundamentos matemáticos do processamento de sinais com aplicações em acústica e vibrações de uma forma única. Esse livro fornece todos os fundamentos teóricos de sinais para a análise de fenômenos lineares de som e vibração em várias aplicações, tanto para a tecnologia de medição quanto para a simulação numérica. Ele já pode ser descrito como uma obra de referência em língua portuguesa para todos os professores e estudantes de acústica e vibrações. Todos os fatos são justificados com leis da física e apresentados de forma muito clara e vívida. Como em praticamente todos os livros didáticos de acústica e vibrações, um conhecimento básico de matemática e física é pré-requisito para a leitura.

A Introdução oferece uma abordagem maravilhosa e intuitiva dos conceitos de “sinais” e “sistemas” em processos estacionários e transientes na física e na tecnologia. O autor introduz com elegância a matemática da teoria de sinais e sistemas pela descrição de observações em tempo contínuo e discreto e permite que o leitor compreenda as abordagens básicas em um nível geral. Na Parte A, para sinais contínuos, e na Parte B, para sinais discretos, a análise de sinais no domínio do tempo e da frequência, a filtragem, a análise de correlação e outros algoritmos são elaborados em grande detalhe. É particularmente notável a excelente abordagem didática ao ilustrar as derivações matemáticas abstratas com vários exemplos, o que facilita muito o aprendizado com o objetivo de obter uma compreensão profunda até mesmo de processos complexos. Ainda mais ilustrativa é a conclusão na Parte C, com praticamente todas as mais importantes aplicações padrões do processamento de sinais em métodos de medição e cálculo em acústica e vibrações.

Este livro é uma excelente fonte de informações para qualquer pessoa que queira se aprofundar no estudo da acústica e vibrações ou que já esteja trabalhando nessas áreas. Trata-se da coleção de uma grande quantidade de conhecimento e experiência com análise e processamento de sinais. É uma leitura essencial, especialmente para estudantes ou iniciantes nesse campo, mas também como uma obra de referência para todas as tarefas práticas.

Felipe Ramos de Mello 
Universidade Federal de Santa Maria
*Av. Roraima nº 1000,
Cidade Universitária,
Santa Maria, RS, Brasil*
{felipe.mello}@eac.ufsm.br

William D'Andrea Fonseca 
Universidade Federal de Santa Maria
*Av. Roraima nº 1000,
Cidade Universitária,
Santa Maria, RS, Brasil*
{will.fonseca}@eac.ufsm.br



Autor: Mikko Suvanto
Editora: Mosomic
Ano: 2022
Língua: inglês
ISBN: 978-9529456604
Link: [editora](#)

The MEMS Microphone Book

Um guia para som de alta qualidade com microfones miniatura

Mikko Suvanto, renomado especialista em microfones miniaturizados, apresenta em *The MEMS Microphone Book: A practical guide to reliable high-quality sound capturing with miniature microphones* uma obra de referência abrangente sobre a tecnologia de microfones MEMS (*Microelectromechanical Systems*). Publicado em 2022, com mais de 600 páginas, o livro sintetiza mais de duas décadas de experiência do autor na indústria, oferecendo uma visão detalhada sobre essa tecnologia emergente e suas aplicações.

A estrutura do livro destaca-se por seu caráter enciclopédico, organizado em seções concisas, parágrafos independentes e um extenso uso de tópicos. Como o autor afirma, quem percorrer o livro de *capa a capa* encontrará uma quantia de informações que se repetem entre capítulos, com o intuito de facilitar o acesso a um conteúdo contextualizado. Essa abordagem pode parecer inusitada para um texto técnico, mas revela-se altamente funcional ao permitir acesso rápido a informações específicas. Ademais, a inclusão de um índice detalhado e de uma estrutura de conteúdo bem delineada consolidam seu valor como material de referência para engenheiros e pesquisadores.

A profundidade da obra é um de seus grandes trunfos. Suvanto inicia o texto revisando conceitos básicos de acústica. Na sequência, apresenta um apanhado geral sobre a construção de microfones capacitivos de forma geral, bem como as figuras de mérito e metodologias de teste utilizadas para descrever e aferir seu funcionamento. Do oitavo capítulo em diante, o autor mergulha no universo particular dos microfones MEMS, explorando desde a estrutura interna desses dispositivos até os fatores determinantes de seu desempenho, fornecendo uma comparação com tecnologias convencionais.

Ao longo do texto, destacam-se as discussões sobre diferenças nas topologias, nos processos de projeto e nas interfaces elétricas desses microfones, informando o leitor sobre aspectos frequentemente negligenciados na literatura disponível. Além disso, o autor dedica espaço significativo a questões práticas, como a implementação eficaz de microfones MEMS, passando pelos aspectos mecânicos, acústicos e elétricos, a mitigação de ruído de vento e a configuração de arranjos, demonstrando um compromisso com a aplicabilidade do conhecimento. Indo além do livro, o autor disponibiliza um curso online livre (*Mosomic MEMS Microphone Guide*) no YouTube em que detalha e explica diversos aspectos sobre microfones.

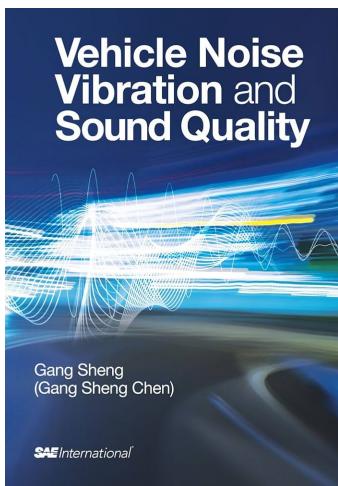
The MEMS Microphone Book preenche uma lacuna significativa na literatura técnica, consolidando-se como uma fonte de informação essencial para aqueles que trabalham com captura de som em dispositivos modernos. Seu formato acessível e conteúdo extensivo o tornam indispensável para profissionais da indústria de áudio, engenheiros de hardware e pesquisadores. Suvanto entrega um material de inegável relevância, cuja contribuição para o campo da microfonação MEMS permanecerá válida por muitos anos. Demais pormenores podem ser vistos no [site do autor](#) e [cópias físicas](#) estão disponíveis para compra.

Yuri A. Ribeiro Silva 

*McLaren Automotive
Europe SL*

*Polígono L'Albornar, 43710,
Santa Oliva,
Tarragona, Espanha*

{yuri.silva}
@mclaren.com



Autor: Gang Sheng Chen

Editora: SAE International

Ano: 2012

Língua: inglês

ISBN: 978-0768034844

Link: [editora](#)

Vehicle Noise, Vib., and Sound Quality

Um compêndio sobre acústica veicular

O livro “Vehicle Noise, Vibration, and Sound Quality”, de Gang Sheng, é uma leitura essencial para qualquer pessoa que esteja iniciando no campo da acústica automotiva, pois abrange os principais conceitos de ruído, vibração e qualidade sonora em veículos. Destinado a estudantes de engenharia, pesquisadores e engenheiros que desejam ampliar seus conhecimentos na área, a obra também oferece valor a profissionais experientes da indústria automotiva.

O autor introduz de forma sistemática as vibrações e sons veiculares, explicando como esses fenômenos são gerados, propagados e percebidos tanto no interior quanto no exterior dos veículos. São discutidos os principais conceitos, bem como as técnicas de controle de ruídos e vibrações. Sheng ainda aborda métodos de medição e análise fundamentais para identificar e mitigar problemas, com referências relevantes ao final de cada capítulo para aqueles que buscam maior rigor matemático ou aprofundamento técnico.

Publicada em 2012, a obra se destaca por contemplar a nova geração de veículos, com exigências distintas em termos de vibração e som, além dos requisitos convencionais de controle de ruído. Com experiência como pesquisador, professor e consultor em empresas norte-americanas, Sheng preenche lacunas na literatura ao integrar princípios, abordagens analíticas e técnicas de ensaio. Embora o conteúdo se concentre predominantemente em veículos a combustão, seu caráter abrangente mantém-se atual na indústria. Para aspectos específicos de veículos elétricos e híbridos, o leitor pode consultar outras referências, como o livro “Noise, Vibration and Harshness of Electric and Hybrid Vehicles”, de Lijun Zhang, Dejian Meng e Gang Chen.

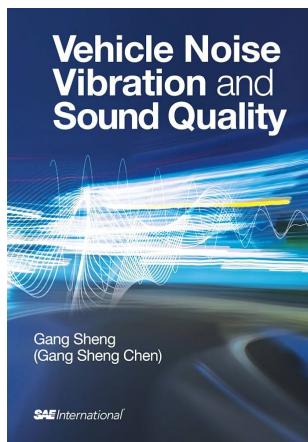
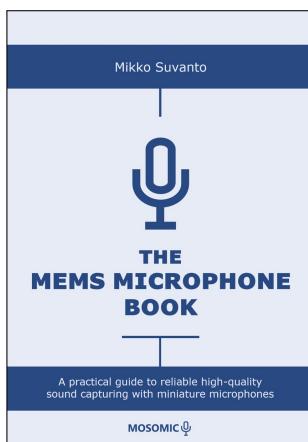
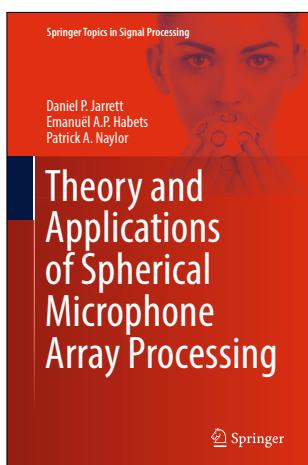
Um dos pontos fortes da obra é a integração de teoria e prática por meio de estudos de caso que abordam os diversos sistemas e componentes de um veículo, demonstrando como técnicas de controle de ruído e vibração se aplicam a variados tipos de veículos, desde automóveis de passeio até pesados veículos comerciais. Esses exemplos tornam o conteúdo mais tangível e relevante, auxiliando na compreensão de problemas reais na indústria.

Sheng também explora a importância da qualidade sonora e como ela influencia a experiência dos usuários. O autor descreve métodos de avaliação e aprimoramento desse aspecto, enfatizando não apenas fatores técnicos, mas também a percepção subjetiva dos ocupantes.

Em síntese, “Vehicle Noise, Vibration, and Sound Quality” constitui um recurso abrangente e acessível sobre desafios e soluções para ruído, vibração e qualidade sonora em veículos. Sua combinação de teoria sólida e exemplos práticos faz dele uma referência indispensável para profissionais e acadêmicos que desejam aprimorar o conforto e a tranquilidade dentro dos automóveis. A obra pode ser adquirida tanto em cópias físicas quanto [digitais](#).

(Esta página foi deixada intencionalmente em branco.)

Reviews A&V n. 55



Book Reviews

In this issue, we have four reviews

In this issue of the journal, we are pleased to present an exclusive selection of four book reviews, commonly referred to as *Book Reviews*. All reviews are available in Portuguese (p.51), English (p.57), and Spanish (p. 63).

It is worth emphasizing that these reviews were written concisely and objectively, aiming to summarize the content of both newly published works and classic references that broadly cover the fields of acoustics, vibrations, and audio. In addition, the reviews provide relevant information about the authors, thereby enriching the context of each analyzed work.

In this edition, we highlight the following books:

- [Theory and Applications of Spherical Microphone Array Processing](#)
Authors: Daniel P. Jarrett, Emanuel A.P. Habets, and Patrick A. Naylor | Springer, 2017
- [Processamento de Sinais em Acústica e Vibrações](#)
Author: Roberto A. Tenenbaum | Blucher, 2024
- [The MEMS Microphone Book](#)
Author: Mikko Suvanto | Mosomic, 2022
- [Vehicle Noise, Vibration, and Sound Quality](#)
Author: Gang Sheng | SAE International, 2012

Gathered in these four works is a wide range of topics, from the fundamental principles of sound to microphone array techniques, acoustic signal processing methods, microphone properties and applications, and, finally, a comprehensive discussion of vehicle acoustics. Each book stands out by effectively combining theory and practice — whether through computational models or detailed descriptions of practical experiments — establishing themselves thus as particularly valuable reading for students and professionals seeking to deepen their knowledge and skills.

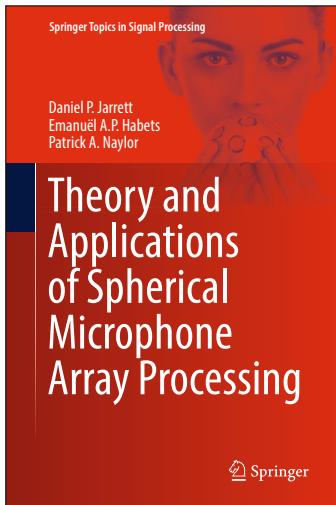
We hope that reading these reviews will provide the first impressions and reflections on these works, inspiring the desire to explore them in their entirety — a valuable strategy for expanding one's theoretical repertoire and staying up to date in the field.

William D'Andrea
Fonseca 

**Federal University of
Santa Maria**

*Av. Roraima nº 1000,
Cidade Universitária,
Santa Maria, RS, Brazil*

{will.fonseca}
@eac.ufsm.br



Authors: Daniel P. Jarrett, Emanuel A.P. Habets, and Patrick A. Naylor

Publisher: Springer

Year: 2017

Language: English

ISBN: 978-3319422091

DOI: [10.1007/978-3-319-42211-4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-42211-4)



Figure 1: Example of a spherical array with 32 microphones, the Eigenmike em32 from mh Acoustics ([source: official website](#)).

Theory and Applications of Spherical Microphone Array Processing

The spherical world of arrays compiled in one edition

Published in 2017 by Springer, *Theory and Applications of Spherical Microphone Array Processing* has established itself as a key reference in the field of acoustic signal processing using spherical microphone arrays. Balancing theoretical rigor with practical applications, the book provides a solid foundation for researchers, engineers, and graduate students with interests in acoustics, signal processing, and electrical engineering. Its clear exposition and wide-ranging content make it essential reading for anyone seeking a deeper understanding of the principles underlying three-dimensional audio capture and processing.

Organized in a progression from theoretical premises to concrete implementations, the work contextualizes the historical and technological significance of spherical arrays. It begins by introducing spherical harmonics and spherical array acoustic impulse responses, highlighting also their applicability in reverberant environment simulations. Subsequently, it delves into beamforming and spatial analysis techniques — both adaptive and signal-independent — with an emphasis on statistical parameter estimation. These concepts undergird the development of algorithms for spectral decomposition, source localization, and acoustic scene parameterization, encompassing direction-of-arrival (DOA) and sound diffusivity.

Among its most notable contributions is the blend of theoretical and practical perspectives, which unites expansions in spherical harmonics with the implementation of spherical beamforming, which may be used for noise control in videoconferencing and three-dimensional capture for virtual reality. The work's didactic clarity shines through in its treatment of complex topics, such as spatial sampling, illustrated through numerical examples and elucidative figures. The text also investigates beamforming optimization methods, contrasting minimum variance distortionless response (MVDR) with maximum signal-to-noise ratio (SNR) criteria, for example. By linking these methodologies to applications in room acoustics, dedicated systems, and distributed microphone networks, the authors demonstrate the versatility of spherical arrays in the age of acoustic automation.

Geared toward an audience already familiar with signal processing, the book offers valuable insights for projects ranging from immersive audio and telecommunications to robotic navigation and environmental monitoring. Although its scope is extensive, prior knowledge of spectral analysis and linear algebra is advisable. Even so, the text transcends the limits of a mere technical manual, serving as an academic treatise that spurs future research while reaffirming the prominent role of spherical arrays at the forefront of modern acoustic engineering. It can be purchased in either the [physical version](#) or the [digital one](#).

Michael Vorländer[✉]

RWTH Aachen
University

Kopernikusstr. 5,
52074,
Aachen, Germany
{michael.vorlaender}
@akustik.rwth-aachen.de



Author: Roberto A. Tenenbaum

Publisher: Blucher

Year: 2024

Language: Portuguese

ISBN: 978-8521220459

Link: [publisher](#)

Signal Processing in Acoustics and Vibrations

A presentation on signals and systems for A&V

With his “Signal Processing in Acoustics and Vibrations (*Processamento de Sinais em Acústica e Vibrações*)”, Roberto Tenenbaum has written a textbook that combines the fundamentals of signal processing with acoustic applications and vibrations in a unique way. This book provides all the fundamentals of signal analysis for linear phenomena of sound and vibration in various applications, both for measurement technology and for numerical simulation. It can already be described as a reference work in Portuguese for all teachers and students of acoustics and vibrations. All the facts are based on the laws of physics and are presented very clearly and vividly. As with virtually all textbooks on acoustics and vibrations, basic knowledge of mathematics and physics is a prerequisite for reading.

The Introduction offers a wonderfully intuitive approach to the concepts of “signals” and “systems” in stationary and transient processes in physics and technology. The author elegantly introduces the mathematics of the theory of signals and systems by describing observations in continuous and discrete time and allows the reader to understand the basic approaches at a general level. In Part A, for continuous signals, and Part B, for discrete signals, signal analysis in the time and frequency domain, filtering, correlation analysis, and other algorithms are elaborated in great detail. Particularly noteworthy is the excellent didactic approach in illustrating the abstract mathematical derivations with numerous examples, which greatly facilitates learning with the aim of gaining a thorough understanding of even complex processes. Even more illustrative is the conclusion in Part C, with practically all the most important standard applications of signal processing in measurement and calculation methods in acoustics and vibrations.

This book is an excellent source of information for anyone who wants to learn more about acoustics and vibrations or who is already working in these areas. It is a collection of a wealth of knowledge and experience in signal analysis and processing. It is essential reading, especially for students or beginners in this field, but also as a reference work for all practical tasks.

Felipe Ramos de Mello 

Federal University of Santa Maria

Av. Roraima nº 1000,
Cidade Universitária,
Santa Maria, RS, Brazil
{felipe.mello}
@eac.ufsm.br

William D'Andrea Fonseca 

Federal University of Santa Maria

Av. Roraima nº 1000,
Cidade Universitária,
Santa Maria, RS, Brazil
{will.fonseca}
@eac.ufsm.br



Author: Mikko Suvanto
Publisher: Mosomic
Year: 2022
Language: English
ISBN: 978-9529456604
Link: [publisher](#)

The MEMS Microphone Book

A practical guide to reliable high-quality sound capturing with miniature microphones

Mikko Suvanto, a renowned expert in miniaturized microphones, presents in *The MEMS Microphone Book: A Practical Guide to Reliable High-Quality Sound Capturing with Miniature Microphones* a comprehensive reference work on MEMS (Microelectromechanical Systems) microphone technology. Published in 2022, with over 600 pages, the book synthesizes more than two decades of the author's industry experience, offering a detailed overview of this emerging technology and its applications.

The structure of the book stands out for its encyclopedic nature, organized into concise sections, independent paragraphs, and extensive use of bullet points. As the author notes, those who read the book *cover to cover* will encounter a certain amount of information repeated across chapters, with the aim of facilitating access to contextualized content. Although this approach may seem unusual for a technical text, it proves highly functional by allowing quick access to specific information. In addition, the inclusion of a detailed index and a well-defined content structure solidifies its value as a reference resource for engineers and researchers.

The depth of the work is one of its greatest strengths. Suvanto begins by reviewing basic acoustic concepts. He then presents an overall overview of the construction of capacitive microphones, as well as the figures of merit and testing methodologies used to describe and assess their performance. From the eighth chapter onward, the author delves into the unique universe of MEMS microphones, exploring everything from the internal structure of these devices to the factors that determine their performance, providing a comparison with conventional technologies.

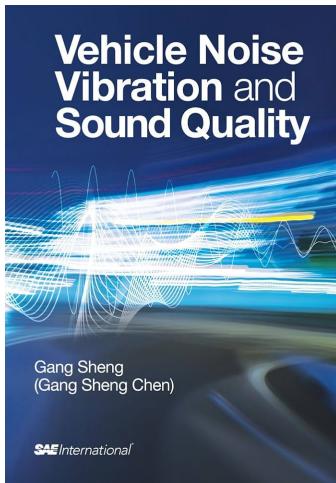
Throughout the text, discussions about differences in topologies, design processes, and electrical interfaces of these microphones stand out, informing the reader about aspects often overlooked in the available literature. In addition, the author devotes significant attention to practical issues such as the effective implementation of MEMS microphones, addressing mechanical, acoustic, and electrical aspects, wind noise mitigation, and array configuration as well as demonstrating a commitment to the applicability of the knowledge presented. Beyond the book, the author offers a free online course ([Mosomic MEMS Microphone Guide](#)) on YouTube that details and explains various aspects of microphones.

The MEMS Microphone Book fills a significant gap in the technical literature, establishing itself as an essential source of information for those working with sound capture in modern devices. Its accessible format and extensive content make it indispensable for audio industry professionals, hardware engineers, and researchers. Suvanto delivers a work of undeniable relevance, whose contribution to the field of MEMS microphone technology will remain valid for many years. Further details can be found on the [author's website](#), and [physical copies](#) are available for purchase.

Yuri A. Ribeiro Silva 

*McLaren Automotive
Europe SL*

*Polígono L'Albornar, 43710,
Santa Oliva,
Tarragona, Spain*
{yuri.silva}@mclaren.com



Author: Gang Sheng Chen

Pub.: SAE International

Year: 2012

Language: English

ISBN: 978-0768034844

Link: [Publisher](#)

Vehicle Noise, Vib., and Sound Quality

A compendium on vehicle acoustics

The book “*Vehicle Noise, Vibration, and Sound Quality*,” by Gang Sheng, is essential reading for anyone beginning in the field of automotive acoustics, as it covers the main concepts of noise, vibration, and sound quality in vehicles. Intended for engineering students, researchers, and engineers who wish to expand their knowledge in the area, the work also offers value to experienced professionals in the automotive industry.

The author systematically introduces vehicle vibrations and noise, explaining how these phenomena are generated, transmitted, and perceived both inside and outside vehicles. Key concepts and noise and vibration control techniques are discussed. Sheng also addresses fundamental measurement and analysis methods for identifying and mitigating problems, with relevant references at the end of each chapter for those seeking greater mathematical rigor or technical depth.

Published in 2012, the work stands out for considering the new generation of vehicles, which have different requirements in terms of vibration and sound, in addition to traditional noise control demands. Drawing on his experience as a researcher, professor, and consultant for North-American companies, Sheng fills gaps in the literature by integrating principles, analytical approaches, and testing techniques. Although the content focuses primarily on combustion vehicles, its comprehensive nature remains highly relevant in the industry. For specific aspects of electric and hybrid vehicles, readers may consult other references, such as the book “*Noise, Vibration and Harshness of Electric and Hybrid Vehicles*,” by Lijun Zhang, Dejian Meng, and Gang Chen.

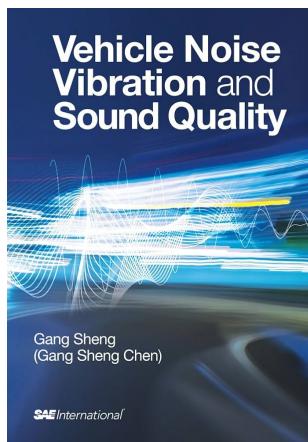
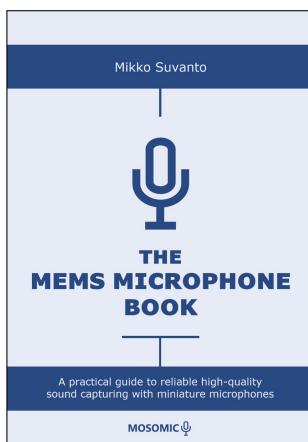
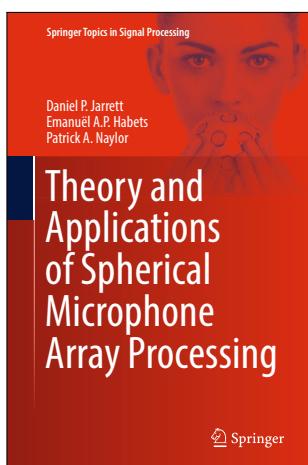
One of the book’s strengths is its integration of theory and practice through case studies that address a vehicle’s various systems and components, demonstrating how noise and vibration control techniques apply to different types of vehicles, ranging from passenger cars to heavy commercial vehicles. These examples make the content more tangible and relevant, aiding in the understanding of real industry problems.

Sheng also explores the importance of sound quality and how it influences user experience. The author describes methods for evaluating and enhancing this aspect, emphasizing not only technical factors but also the subjective perception of the occupants.

In summary, “*Vehicle Noise, Vibration, and Sound Quality*” is a comprehensive and accessible resource on challenges and solutions for noise, vibration, and sound quality in vehicles. Its combination of solid theory and practical examples makes it an indispensable reference for professionals and academics seeking to improve comfort and tranquility within automobiles. The work can be purchased in both physical and [digital](#) formats.

(Esta página foi deixada intencionalmente em branco.)

Reseñas A&V n. 56



Reseñas de libros

En este número tenemos cuatro reseñas

En esta edición de la revista, tenemos el agrado de presentar una selección exclusiva de cuatro reseñas de libros, conocidas como *Book Reviews*. Todas las reseñas están disponibles en portugués (p.51), inglés (p.57) y español (p. 63).

Cabe destacar que estas reseñas se redactaron de manera concisa y objetiva, con el fin de resumir el contenido tanto de obras recién publicadas como de referentes clásicos que abarcan, de forma amplia, los campos de la acústica, las vibraciones y el audio. Además, las reseñas ofrecen información relevante sobre los autores, lo que enriquece el contexto de cada obra analizada.

En esta edición, se destacan los siguientes libros:

- [Theory and Applications of Spherical Microphone Array Processing](#)
Autores: Daniel P. Jarrett, Emanuel A.P. Habets y Patrick A. Naylor | Springer, 2017
- [Processamento de Sinais em Acústica e Vibrações](#)
Autor: Roberto A. Tenenbaum | Blucher, 2024
- [The MEMS Microphone Book](#)
Autor: Mikko Suvanto | Mosomic, 2022
- [Vehicle Noise, Vibration, and Sound Quality](#)
Autor: Gang Sheng | SAE International, 2012

Reunidas en estas cuatro obras, encontramos una amplia gama de temas, que abarcan desde los principios fundamentales del sonido hasta las técnicas de disposición de micrófonos, métodos de procesado de señales acústicas, propiedades y aplicaciones de micrófonos, y, finalmente, un análisis detallado de la acústica vehicular. Cada libro se distingue por combinar teoría y práctica de manera ejemplar, ya sea mediante modelos computacionales o descripciones pormenorizadas de experimentos prácticos, constituyendo así lecturas de gran relevancia para estudiantes y profesionales que buscan profundizar sus conocimientos y habilidades.

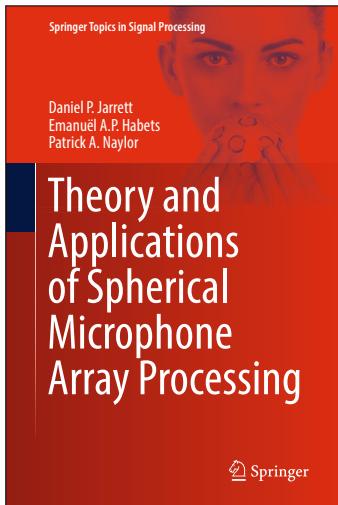
Esperamos que la lectura de estas reseñas proporcione las primeras impresiones y reflexiones sobre las obras, despertando el interés en explorarlas en su totalidad, una valiosa estrategia para ampliar el repertorio teórico y mantenerse al día en la disciplina.

William D'Andrea
Fonseca 

*Universidad Federal de
Santa María*

Av. Roraima nº 1000,
Cidade Universitaria,
Santa Maria, RS, Brasil

{will.fonseca}
@eac.ufsm.br



Autores: Daniel P. Jarrett, Emanuel A.P. Habets y Patrick A. Naylor

Editorial: Springer

Año: 2017

Idioma: inglés

ISBN: 978-3319422091

DOI: [10.1007/978-3-319-42211-4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-42211-4)



Figura 1: Ejemplo de un arreglo esférico con 32 micrófonos, el Eigenmike em32 de mh Acoustics (fuente: sitio web oficial).

Theory and Applications of Spherical Microphone Array Processing

El mundo esférico de los arreglos recopilado en una edición

Publicada en 2017 por Springer, la obra *Theory and Applications of Spherical Microphone Array Processing* se ha consolidado como una referencia obligatoria en el campo del procesamiento de señales acústicas con arreglos esféricos de micrófonos. Al equilibrar rigor teórico y aplicaciones prácticas, el libro ofrece una base sólida para investigadores, ingenieros y estudiantes de posgrado interesados en acústica, procesamiento de señales y, en general, ingeniería eléctrica. La claridad expositiva y la amplia gama de temas abordados convierten esta lectura en un recurso imprescindible para quienes desean comprender en profundidad los principios que rigen la captura y el tratamiento de audio en tres dimensiones.

Organizada en una progresión que va desde premisas teóricas hasta aplicaciones concretas, la obra contextualiza la relevancia histórica y tecnológica de los arreglos esféricos. Inicialmente, se presentan los fundamentos de los armónicos esféricos y las respuestas impulsivas de los arreglos esféricos, destacando su utilidad también en simulaciones de ambientes reverberantes. A continuación, se exploran técnicas de *beamforming* y análisis espacial — tanto adaptativas como independientes de la señal —, con énfasis en la estimación de parámetros estadísticos. Estos conceptos sirven de base para el desarrollo de algoritmos de descomposición espectral, localización de fuentes y parametrización de escenas acústicas, las cuales abarcan tanto las direcciones de llegada (DOA, *direction-of-arrival*) como la difusividad sonora.

Entre las contribuciones más notables, se destaca la perspectiva teórico-práctica, que une expansiones en armónicos esféricos con la implementación de soluciones de *beamforming* esférico, las cuales pueden ser utilizadas en el control de ruido en videoconferencias y en la captura tridimensional para realidad virtual. La claridad didáctica se hace evidente en la exposición de tópicos complejos, como el muestreo espacial, ilustrado mediante ejemplos numéricos y figuras aclaratorias. El texto también explora métodos de optimización de *beamforming*, contraponiendo criterios de mínima varianza (*MVDR, minimum variance distortionless response*) y de máxima relación señal-ruido (*SNR*), por ejemplo. Al relacionar estas propuestas con aplicaciones en salas, sistemas dedicados y redes de micrófonos distribuidos, los autores demuestran la versatilidad de los arreglos esféricos en la era de la automatización acústica.

Destinada a un público familiarizado con el procesamiento de señales, la obra aporta herramientas para proyectos que van desde audio inmersivo y telecomunicaciones hasta navegación robótica y monitoreo ambiental. Si bien su alcance es amplio, requiere un conocimiento previo de análisis espectral y álgebra lineal. Aun así, el libro trasciende el carácter de mero manual técnico y se erige como un tratado académico que impulsa investigaciones futuras y reafirma la posición de los arreglos esféricos a la vanguardia de la ingeniería acústica moderna. Puede adquirirse tanto en la versión **física** como en la **digital**.

Michael Vorländer 

Universidad RWTH

Aachen

Kopernikusstr. 5,

52074,

Aquisgrán, Alemania

{michael.vorlaender}

@akustik.rwth-aachen.de



Autor: Roberto A. Tenenbaum

Editorial: Blucher

Año: 2024

Idioma: Portugués

ISBN: 978-8521220459

Enlace: [editorial](#)

Tratamiento de señales en acústica y vibraciones

Una presentación sobre señales y sistemas para A&V

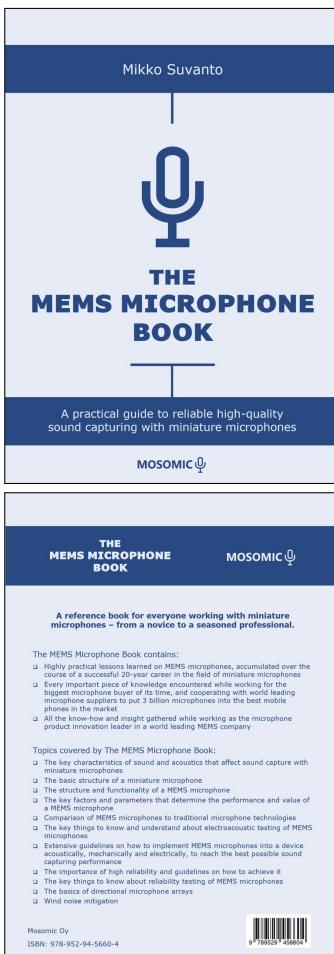
Con su “*Processamento de Sinais em Acústica e Vibrações*”, Roberto Tenenbaum escribió un libro de texto que combina de forma única los fundamentos matemáticos del procesamiento de señales con aplicaciones en acústica y vibraciones. Este libro proporciona todos los fundamentos teóricos de las señales para el análisis de fenómenos lineales de sonido y vibración en diversas aplicaciones, tanto para la tecnología de medición como para la simulación numérica. Ya se puede describir como una obra de referencia en lengua portuguesa para todos los profesores y estudiantes de acústica y vibraciones. Todos los hechos se justifican con leyes de la física y se presentan de manera muy clara y vívida. Como en prácticamente todos los libros de texto de acústica y vibraciones, se requiere un conocimiento básico de matemáticas y física para su lectura.

La Introducción ofrece un enfoque maravilloso e intuitivo de los conceptos de “señales” y “sistemas” en procesos estacionarios y transitorios en la física y la tecnología. El autor introduce con elegancia la matemática de la teoría de señales y sistemas describiendo observaciones en tiempo continuo y discreto, y permite que el lector comprenda los enfoques básicos en un nivel general. En la Parte A, para señales continuas, y en la Parte B, para señales discretas, se elabora con gran detalle el análisis de señales en el dominio del tiempo y la frecuencia, el filtrado, el análisis de correlación y otros algoritmos. Es particularmente destacable el excelente enfoque didáctico al ilustrar las derivaciones matemáticas abstractas con numerosos ejemplos, lo que facilita enormemente el aprendizaje con el objetivo de alcanzar una comprensión profunda incluso de procesos complejos. Más ilustrativa aún es la conclusión en la Parte C, con prácticamente todas las aplicaciones estándar más importantes del procesamiento de señales en los métodos de medición y cálculo en acústica y vibraciones.

Este libro es una fuente de información excelente para toda persona que desee profundizar en el estudio de la acústica y vibraciones o que ya esté trabajando en estas áreas. Se trata de la recopilación de una gran cantidad de conocimiento y experiencia en análisis y procesamiento de señales. Es una lectura esencial, especialmente para estudiantes o principiantes en este campo, pero también como una obra de referencia para todas las tareas prácticas.

Felipe Ramos de Mello 
Universidad Federal de Santa María
*Av. Roraima nº 1000,
Cidade Universitaria,
Santa Maria, RS, Brasil*
{felipe.mello}
@eac.ufsm.br

William D'Andrea Fonseca 
Universidad Federal de Santa María
*Av. Roraima nº 1000,
Cidade Universitaria,
Santa Maria, RS, Brasil*
{will.fonseca}
@eac.ufsm.br



Autor: Mikko Suvanto
Editorial: Mosomic
Año: 2022
Idioma: Inglés
ISBN: 978-9529456604
Enlace: [editorial](#)

The MEMS Microphone Book

Guía para captar sonido de calidad con mics en miniatura

Mikko Suvanto, reconocido experto en micrófonos miniaturizados, presenta en *The MEMS Microphone Book: A Practical Guide to Reliable High-Quality Sound Capturing with Miniature Microphones* una obra de referencia completa sobre la tecnología de micrófonos MEMS (Microelectromechanical Systems). Publicado en 2022, con más de 600 páginas, el libro sintetiza más de dos décadas de experiencia del autor en la industria, ofreciendo una visión detallada de esta tecnología emergente y sus aplicaciones.

La estructura del libro destaca por su carácter enciclopédico, organizado en secciones concisas, párrafos independientes y un amplio uso de viñetas. Como señala el autor, quien recorra el libro *de capa a capa* encontrará una cierta cantidad de información repetida entre los capítulos, con el objetivo de facilitar el acceso a un contenido contextualizado. Si bien este enfoque podría parecer inusual para un texto técnico, resulta altamente funcional al permitir un acceso rápido a información específica. Además, la inclusión de un índice detallado y una estructura de contenido bien definida consolida su valor como material de referencia para ingenieros e investigadores.

La profundidad de la obra es uno de sus mayores atributos. Suvanto comienza revisando conceptos básicos de acústica. A continuación, presenta una visión general de la construcción de micrófonos capacitivos, así como las figuras de mérito y las metodologías de prueba utilizadas para describir y evaluar su funcionamiento. A partir del octavo capítulo, el autor se adentra en el universo particular de los micrófonos MEMS, explorando desde la estructura interna de estos dispositivos hasta los factores determinantes de su desempeño, proporcionando también una comparación con las tecnologías convencionales.

A lo largo del texto, destacan los análisis sobre las diferencias en topologías, los procesos de diseño y las interfaces eléctricas de estos micrófonos, brindando al lector información sobre aspectos frecuentemente pasados por alto en la literatura disponible. Además, el autor dedica un espacio considerable a cuestiones prácticas, como la implementación efectiva de micrófonos MEMS, abarcando aspectos mecánicos, acústicos y eléctricos, la mitigación de ruido del viento y la configuración de arreglos, evidenciando su compromiso con la aplicabilidad del conocimiento. Más allá del libro, el autor ofrece un curso online gratuito ([Mosomic MEMS Microphone Guide](#)) en YouTube donde detalla y explica diversos aspectos sobre los micrófonos.

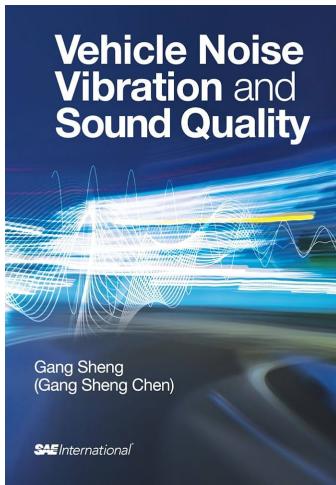
The MEMS Microphone Book llena un vacío significativo en la literatura técnica, consolidándose como una fuente de información esencial para quienes trabajan con la captura de sonido en dispositivos modernos. Su formato accesible y su amplio contenido lo convierten en un recurso indispensable para profesionales de la industria del audio, ingenieros de hardware e investigadores. Suvanto entrega un material de relevancia indudable, cuya contribución al campo de la microfonía MEMS seguirá siendo válida durante muchos años. Para más detalles, se puede consultar el [sitio web del autor](#), y copias físicas están disponibles para su adquisición.

Yuri A. Ribeiro Silva 

*McLaren Automotive
Europe SL*

*Polígono L'Albornar, 43710,
Santa Oliva,
Tarragona, España*

{yuri.silva}
@mclaren.com



Autor: Gang Sheng Chen

Editorial: SAE International

Año: 2012

Idioma: Inglés

ISBN: 978-0768034844

Enlace: [editorial](#)

Vehicle Noise, Vib., and Sound Quality

Un compendio sobre acústica vehicular

El libro “*Vehicle Noise, Vibration, and Sound Quality*”, de Gang Sheng, es una lectura esencial para cualquier persona que se inicie en el campo de la acústica automotriz, ya que abarca los principales conceptos de ruido, vibración y calidad sonora en vehículos. Dirigido a estudiantes de ingeniería, investigadores e ingenieros que deseen ampliar sus conocimientos en el área, la obra también ofrece valor a profesionales experimentados de la industria automotriz.

El autor presenta de manera sistemática las vibraciones y el ruido vehicular, explicando cómo se generan, se propagan y se perciben tanto en el interior como en el exterior de los vehículos. Se discuten los conceptos clave, así como las técnicas de control de ruido y vibraciones. Sheng también aborda métodos de medición y análisis fundamentales para identificar y mitigar problemas, con referencias pertinentes al final de cada capítulo para aquellos que busquen mayor rigor matemático o profundización técnica.

Publicado en 2012, el libro destaca por contemplar la nueva generación de vehículos, con exigencias diferentes en términos de vibración y sonido, además de los requisitos convencionales de control de ruido. Con experiencia como investigador, profesor y consultor en empresas estadounidenses, Sheng llena vacíos en la literatura al integrar principios, enfoques analíticos y técnicas de ensayo. Aunque el contenido se centra principalmente en vehículos de combustión, su carácter integral mantiene gran relevancia en la industria. Para aspectos específicos de vehículos eléctricos e híbridos, el lector puede consultar otras referencias, como “*Noise, Vibration and Harshness of Electric and Hybrid Vehicles*,” de Lijun Zhang, Dejian Meng y Gang Chen.

Uno de los puntos fuertes de la obra es la integración de la teoría y la práctica a través de estudios de caso que abarcan diversos sistemas y componentes de un vehículo, demostrando cómo las técnicas de control de ruido y vibración se aplican a diferentes tipos de vehículos, desde automóviles de pasajeros hasta vehículos comerciales pesados. Estos ejemplos hacen que el contenido sea más tangible y relevante, ayudando a comprender problemas reales de la industria.

Sheng también explora la importancia de la calidad sonora y cómo influye en la experiencia de los usuarios. El autor describe métodos de evaluación y mejora de este aspecto, enfatizando no solo los factores técnicos, sino también la percepción subjetiva de los ocupantes.

En síntesis, “*Vehicle Noise, Vibration, and Sound Quality*” es un recurso completo y accesible acerca de los desafíos y las soluciones relacionados con el ruido, la vibración y la calidad sonora en vehículos. Su combinación de sólida base teórica y ejemplos prácticos lo convierte en una referencia indispensable para profesionales y académicos interesados en mejorar el confort y la tranquilidad dentro de los automóviles. La obra se puede adquirir tanto en copias físicas como [digitales](#).

(Esta página foi deixada intencionalmente em branco.)

William D'Andrea
Fonseca 

INAD Brasil &
Universidade Federal de
Santa Maria

Av. Roraima nº 1000,
Cidade Universitária,
Santa Maria, RS, Brasil

{will.fonseca}
@eac.ufsm.br

Isabel Cristiane
Kuniyoshi 

INAD Brasil

{isabelkuniyoshi}
@gmail.com

INAD Brasil 2024:



Siga o INAD Brasil:



www.inadbrasil.com

Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído — INAD Brasil 2024

Em 2024 o trabalhador e a prevenção são os pontos focais

Resumo: Este artigo apresenta a campanha brasileira do INAD 2024, cujo lema é “Ruído no trabalho? Prevenção é a solução!”. Após contextualizar o Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído e sua trajetória no Brasil, discute-se o foco em saúde ocupacional e os principais objetivos de sensibilização. São abordados o enquadramento normativo, os efeitos diretos e indiretos da exposição ao ruído, os riscos adicionais de acidentes e a sinergia com agentes ototóxicos. Descrevem-se diretrizes preventivas baseadas em medidas de engenharia, gestão da exposição e fortalecimento da cultura de segurança sonora, bem como o papel de materiais didáticos e ações continuadas ao longo do ano. O texto enfatiza a articulação entre engenharia acústica, saúde do trabalhador e educação para consolidar uma cultura de prevenção e reduzir o impacto do ruído no ambiente de trabalho em diferentes setores produtivos.

International Noise Awareness Day — INAD Brazil 2024

Abstract: This paper presents Brazil's 2024 INAD campaign, whose slogan is “Noise at work? Prevention is the solution!”. After contextualizing the International Noise Awareness Day and its development in Brazil, the text discusses the focus on occupational health and the campaign's main awareness goals. It examines the national regulatory framework, the direct and indirect effects of noise exposure, additional accident risks, and the synergistic impact of ototoxic agents. The paper outlines preventive guidelines grounded in engineering controls, exposure management, and safety culture, and highlights the role of educational materials and outreach activities. Emphasis is placed on the articulation between acoustic engineering, occupational health, and education as the basis for consolidating a culture of prevention and reducing the impact of noise in workplaces across different productive sectors. The article also points to opportunities for technical and social engagement of the acoustics community.

1. Introdução

Todos os anos, a campanha do Dia Internacional sobre o Ruído no Brasil (INAD Brasil) propõe um tema e um lema capazes de ressaltar os impactos do ruído em nossa rotina, evidenciando tanto os prejuízos quanto as medidas preventivas associadas a um aspecto específico. Veja o logo da campanha nacional na Figura 1.

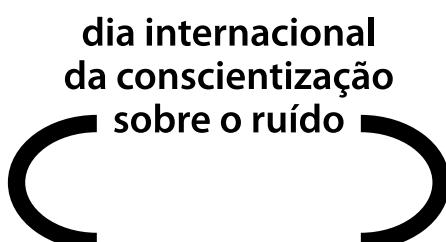


Figura 1: Logo do INAD Brasil (<http://www.inadbrasil.com>).

Em 2024, o Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído (INAD) volta o seu foco para o *ruído no trabalho e seus efeitos sobre a saúde*, adotando o lema central

“Ruído no trabalho? Prevenção é a solução!”.

Mais do que um slogan, essa mensagem sintetiza a necessidade de proteger a saúde auditiva dos trabalhadores e, ao mesmo tempo, destacar o papel estratégico da engenharia acústica, da saúde ocupacional e da gestão de ambientes sonoros na redução da exposição ao ruído em contextos laborais.

2. Enfoque e objetivos do INAD Brasil 2024

A campanha brasileira busca ir além da simples divulgação de limites de exposição, propondo uma mudança de cultura em relação ao ruído ocupacional. Nesse sentido, o INAD Brasil 2024 procura:

- contribuir para a conscientização a respeito dos efeitos do ruído na saúde de quem labora, tanto no campo auditivo quanto em dimensões sistêmicas;
- evidenciar a relevância da prevenção à exposição sonora para garantir bem-estar, produtividade e segurança no trabalho;
- explicar como as características físicas e organizacionais do ambiente de trabalho influenciam a propagação, o nível e a distribuição espacial do ruído; e
- apresentar diretrizes de gestão do ambiente sonoro que subsidiem decisões técnicas, normativas e gerenciais voltadas à mitigação de riscos.

Ao reunir profissionais de engenharia, saúde e segurança, o INAD Brasil propõe uma abordagem integrada, em que medição, análise, projeto e educação caminham juntos na construção de ambientes de trabalho mais saudáveis.

3. Contexto internacional e nacional

Há décadas, o ruído é reconhecido como um fator de risco relevante à saúde ocupacional. Em âmbito internacional, agências como a Agência de Proteção Ambiental (EPA) [1], o Instituto Nacional de Pesquisa e de Segurança (INRS, França) [2], a Administração de Saúde e Segurança Ocupacional (OSHA, EUA) [3] e a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (EU-OSHA) [4] vêm desenvolvendo recomendações, campanhas e planos de ação voltados à redução da exposição ocupacional ao ruído e à promoção de ambientes sonoros mais seguros.

No Brasil, a gestão do ruído abrange tanto o ambiente de trabalho quanto o entorno urbano e ambiental, amparada por legislações e normas específicas. No campo ocupacional, destacam-se a **NR 15** [5], que trata da caracterização de insalubridade e estabelece critérios de tolerância à exposição, e a **NHO 01 (Fundacentro)** [6], que sistematiza o procedimento técnico para a *avaliação da exposição ocupacional ao ruído*, orientando a condução das medições e a elaboração de relatórios. Em paralelo, normas técnicas como a **ABNT NBR 10152** [7] estabelecem procedimentos de medição e valores de referência para níveis de ruído em ambientes internos a edificações, incluindo postos de trabalho. Ao articular o INAD com esse arcabouço normativo, a campanha reforça que o cumprimento legal é um ponto de partida, mas não esgota a discussão sobre conforto acústico, saúde e práticas preventivas sustentadas por evidências.

4. Efeitos diretos e indiretos do ruído ocupacional

A exposição contínua ou intermitente a níveis elevados de pressão sonora pode desencadear uma gama de efeitos. Tradicionalmente, o foco recai sobre os **efeitos auditivos diretos**, em especial a perda auditiva induzida por ruído, temporária ou permanente, que pode evoluir de um quadro transitório de mudança de limiar auditivo até comprometimentos irreversíveis da audição. No entanto, os **efeitos indiretos** do ruído, muitas vezes subestimados, também desempenham papel central no adoecimento e no desempenho laboral.

Entre os efeitos indiretos frequentemente associados à exposição ocupacional ao ruído, destacam-se dor de cabeça, tontura, fadiga, zumbido, dificuldade de concentração, tensão muscular, irritabilidade, elevação da pressão arterial, aceleração dos batimentos cardíacos, distúrbios do sono, estresse crônico e, em alguns casos, impactos sobre a esfera sexual e emocional. Esses efeitos são, em geral, gradativos e podem influenciar a produtividade, a qualidade de vida e a segurança dos trabalhadores, mesmo quando não há perda auditiva clinicamente estabelecida.

5. Riscos adicionais e acidentes de trabalho

Ambientes ruidosos também estão associados a maior **risco de acidentes**. O ruído excessivo pode mascarar sinais de alerta, dificultar a comunicação verbal, exigir maior esforço cognitivo para compreensão da fala e reduzir a capacidade de manter foco e atenção em tarefas críticas. Além disso, a combinação de sono de má qualidade, estresse e fadiga associada ao ruído tende a comprometer o tempo de reação e a tomada de decisão em situações de risco. O resultado é um ambiente em que ameaças potenciais passam despercebidas com maior frequência, aumentando a probabilidade de incidentes e acidentes de trabalho.

6. Efeitos combinados: ruído e substâncias ototóxicas

O INAD Brasil 2024 ressalta ainda o impacto **sinérgico** entre o ruído e determinadas **substâncias ototóxicas** no ambiente ocupacional. Certos agentes químicos, como alguns metais pesados, solventes orgânicos, substâncias asfixiantes e determinados fármacos, podem potencializar os danos auditivos quando combinados com a exposição ao ruído. Nesses cenários, uma análise baseada exclusivamente no nível sonoro tende a subestimar o risco real. Do ponto de vista da higiene ocupacional, torna-se essencial adotar uma visão multidimensional, na qual o monitoramento acústico, a avaliação de exposição química e o acompanhamento clínico dialogam entre si, orientando estratégias preventivas mais abrangentes.

7. Prevenção como solução: da fonte à cultura de segurança

O lema “*Ruído no trabalho? Prevenção é a solução!*” aponta para o **princípio da prevenção** como eixo estruturante das ações de controle. Em consonância com a hierarquia clássica de medidas em segurança e saúde no trabalho, priorizam-se intervenções na fonte e no meio, antes da dependência exclusiva de equipamentos de proteção individual. Algumas diretrizes técnicas se destacam:

- **Medidas de engenharia:** implantação de barreiras acústicas, enclausuramento de máquinas ruidosas, adoção de materiais absorventes e de soluções de condicionamento acústico em áreas críticas, além de projetos de layout que afastem postos sensíveis das principais fontes de ruído;
- **Equipamentos de menor emissão sonora:** inclusão de requisitos de emissão de ruído em processos de especificação e aquisição de máquinas e ferramentas, privilegiando tecnologias mais silenciosas;
- **Manutenção preventiva:** rotinas de inspeção e manutenção que evitem desgaste mecânico, desalinamentos e outras falhas capazes de elevar significativamente a emissão sonora;

- **Treinamento e conscientização:** capacitação sobre riscos associados ao ruído, uso adequado de protetores auditivos e incentivo ao relato de situações de exposição excessiva, integrando o tema às ações da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), da Semana Interna de Prevenção de Acidentes do Trabalho (SIPAT) e de programas internos; e
- **Monitoramento contínuo:** campanhas de medição de níveis de ruído, dosimetria pessoal, análise crítica dos resultados à luz da NR 15 e dos parâmetros de conforto da ABNT NBR 10152, além de programas de conservação auditiva com acompanhamento periódico.

Ao articular esses eixos, a prevenção deixa de ser somente um conjunto de procedimentos e passa a compor uma **cultura de segurança sonora**, na qual decisões técnicas, investimento em tecnologia e comportamento organizacional convergem para a proteção da saúde.

8. Níveis de ruído, incômodo e conforto acústico

Mesmo níveis classificados como “moderados” podem produzir incômodo, irritabilidade e possíveis repercuções cardiovasculares ao longo do tempo. Assim, embora a NR 15 esteja centrada em limites de tolerância voltados principalmente à prevenção de perda auditiva, é igualmente crucial considerar os **níveis de incômodo** adequados a cada tipo de atividade, conforme as faixas recomendadas na NBR 10152. Para a comunidade técnica que atua em acústica e vibrações, isso significa integrar, em um mesmo projeto, critérios de segurança ocupacional e de conforto acústico, evitando a falsa dicotomia entre “atender à norma” e “proporcionar bem-estar”.

9. INAD 2024: um minuto de silêncio, um ano de ações

Em 2024, o INAD é celebrado em **24 de abril**. Entre **14h15 e 14h16**, tradicionalmente propõe-se um **minuto de silêncio** como gesto simbólico para evidenciar o quanto o ruído está presente em nosso cotidiano e como sua ausência momentânea pode ser reveladora. Embora a campanha tenha um dia de referência, o INAD Brasil incentiva que as **ações se estendam ao longo de todo o ano**, com atividades em escolas, universidades, empresas, serviços de saúde e espaços públicos. Para pesquisadores, docentes, estudantes, projetistas e técnicos de segurança, trata-se de uma oportunidade de transformar conhecimento técnico em ações concretas, por meio de projetos de monitoramento, eventos de divulgação, produção de material didático e estudos de caso em ambientes laborais reais.

10. Materiais veiculados em 2024

Os materiais gráficos e sonoros oficiais da campanha INAD Brasil 2024 foram organizados na página [Materiais INAD 2024](#) do site oficial da campanha [8]. Nessa página, encontram-se reunidos todos os artefatos visuais e de áudio que dão suporte à divulgação do lema “*Ruído no trabalho? Prevenção é a solução!*” em diferentes contextos institucionais e plataformas de comunicação.

O conjunto de materiais gráficos disponibilizados em 2024 inclui (veja exemplos na Figura 2 ou no final deste encarte):

- cartaz principal INAD 2024 em formato A3;
- banner em formato A0;
- cartaz de níveis (A3), com ênfase em níveis de ruído;
- cartaz da série *Keep Calm*;
- postal no formato 10 cm × 15 cm;
- pacote de artes para Instagram, direcionado a postagens em feed e *stories*;
- conjunto de elementos gráficos (ícones, ilustrações, logotipos e componentes modulares); e
- modelo de apresentação em formato PPTX.



(a) Cartaz principal.



(b) Cartaz com níveis sonoros.



(c) Arte para *story* do Instagram



(d) Cartaz Keep Calm.

Figura 2: Materiais da campanha INAD Brasil 2024.

Complementando os materiais visuais, a página disponibiliza ainda o *Spot INAD 2024*, produzido em seis faixas: três versões com locução e três trilhas instrumentais correspondentes, concebidas para uso em rádios, mídias institucionais e redes sociais, com níveis normalizados de *loudness* voltados à inteligibilidade da mensagem e à consistência de reprodução [8].

Do ponto de vista de acesso aberto e reproduzibilidade, todos esses arquivos também são mantidos no repositório público [inad2024](#) no GitHub [9]. Nesse repositório, encontram-se as versões editáveis dos materiais organizados em pastas temáticas para facilitar a reutilização e a adaptação local.

No ambiente virtual, o perfil oficial [@inad.brasil](#) no Instagram [10] funciona como um dos principais vetores de propagação da campanha, concentrando *cards*, carrosséis, vídeos curtos, chamadas para o minuto de silêncio e *links* diretos para o site e para o repositório no GitHub. A articulação entre a página de materiais, o repositório aberto e o Instagram configura, assim, uma estratégia integrada de comunicação, que amplia o alcance dos conteúdos e facilita sua apropriação por universidades, escolas, serviços de saúde, empresas e demais parceiros do INAD Brasil.

11. Convite à comunidade de acústica e vibrações

Este encarte da revista *Acústica e Vibrações* é um convite para que a comunidade técnico-científica da área assuma protagonismo ainda maior na pauta do ruído ocupacional. Ecoar o lema “**Ruído no trabalho? Prevenção é a solução!**” significa estimular diálogos em instituições públicas e privadas, divulgar informações qualificadas sobre riscos e estratégias de controle, apoiar iniciativas locais e regionais do INAD e incorporar o tema às práticas de ensino, pesquisa e extensão. Assim, fechamos com a seguinte mensagem:

...que este seja não somente um momento de reflexão, mas um passo consistente em direção a uma cultura de prevenção que valorize o silêncio quando necessário, proteja a audição e promova a qualidade de vida no trabalho e fora dele.

12. Agradecimentos

Agradecemos a todas as pessoas, coletivos e entidades que, ao longo de 2024, atuaram como vetores da campanha INAD Brasil, transformando conhecimento técnico em ações concretas de conscientização. Cada compartilhamento, aula, palestra, material divulgado, medição realizada e conversa provocada em escolas, universidades, empresas e serviços de saúde contribuiu para ampliar o alcance da campanha e para reforçar a construção de uma cultura de prevenção.

De modo particular, registramos nosso reconhecimento aos patrocinadores que viabilizaram e fortaleceram a produção, a organização e a difusão dos materiais da campanha, com um agradecimento especial, nominalmente, a cada parceiro:

- **LAEPI:** pela parceria institucional e pela confiança no propósito do INAD Brasil, apoiando a mobilização da comunidade técnica e a disseminação de conteúdos de prevenção.
- **HBK (Hottinger Brüel & Kjær):** pelo suporte a iniciativas que valorizam a metrologia acústica e a gestão do ambiente sonoro como instrumentos centrais de saúde ocupacional.
- **Acoem:** pelo incentivo à integração entre engenharia, saúde e gestão ambiental do ruído, promovendo uma visão aplicada, interdisciplinar e orientada a resultados.
- **DEWESoft:** pelo apoio e pela proximidade com a comunidade de acústica e vibrações, reforçando boas práticas de aquisição, análise e monitoramento como base para decisões preventivas.

Em complemento, agradecemos aos **apoiadores nacionais**, cuja atuação ampliou a capilaridade da campanha no país e fortaleceu conexões com profissionais e instituições estratégicas. Registramos, com estima, o apoio da **Academia Brasileira de Audiologia (ABA)**, do **Conselho Federal de Fonoaudiologia (CFFa)**, da **Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia (SBFa)**, do **Dangerous Decibels Brasil**, do **Ministério da Saúde** e da **FIOCRUZ (Fundação Oswaldo Cruz)**, do **GPAV (Grupo de Pesquisa em Acústica e Vibrações, UFSM)** e, de modo especial, da **Sociedade Brasileira de Acústica (Sobrac)**.

Por fim, estendemos este agradecimento à comunidade técnico-científica de acústica, vibrações, fonoaudiologia, engenharia de segurança e saúde ocupacional, bem como aos estudantes e profissionais que aderiram à campanha em suas rotinas e instituições. Que os esforços reunidos em 2024 se convertam em continuidade: um ano de ações, de educação e de prevenção, sustentado por evidências, boas práticas e responsabilidade coletiva.

Referências

1. U.S. Environmental Protection Agency. *U.S. EPA — United States Environmental Protection Agency*. 2024. Acesso em: 28 nov. 2024. Disponível em: <https://www.epa.gov>.
2. Institut national de recherche et de sécurité (INRS). *INRS — Santé et sécurité au travail*. 2024. Acesso em: 28 nov. 2024. Disponível em: <https://www.inrs.fr>.
3. Occupational Safety and Health Administration. *OSHA — Occupational Safety and Health Administration*. 2024. Acesso em: 28 nov. 2024. Disponível em: <https://www.osha.gov>.
4. European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). *EU-OSHA — European Agency for Safety and Health at Work*. 2024. Acesso em: 28 nov. 2024. Disponível em: <https://osha.europa.eu/en>.
5. Brasil. Ministério do Trabalho. *Norma Regulamentadora NR 15 — Atividades e operações insalubres*. 1978. Portaria MTb n. 3.214, de 08 de junho de 1978. Texto consolidado. Acesso em: 28 nov. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-15.pdf>.
6. FUNDACENTRO – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. *NHO 01 — Norma de Higiene Ocupacional: Procedimento Técnico: Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído*. [S.I.], 2001. Disponível em: <https://www.gov.br/fundacentro/pt-br/centrais-de-conteudo/biblioteca/nhos>.
7. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR 10152:2017 — Acústica: níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações (versão corrigida: 2020)*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: [s.n.], 2017. 2. edição. Acesso em: 28 nov. 2024.
8. INAD Brasil. *Materiais INAD 2024 — INAD Brasil: Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído*. 2024. <https://www.inadbrasil.com/materiais-inad-2024/>. Acesso em: 28 nov. 2024.
9. INAD Brasil. *inad2024: Repositório de material da campanha INAD Brasil 2024*. 2024. <https://github.com/inadbrasil/inad2024>. Repositório público no GitHub. Acesso em: 28 nov. 2024.
10. INAD Brasil. *INAD Brasil (@inad.brasil) no Instagram*. 2024. <https://www.instagram.com/inad.brasil/>. Perfil oficial da campanha no Instagram. Acesso em: 28 nov. 2024.



Ruído no trabalho? Prevenção é a solução!

International Noise Awareness Day

@/inad.brasil

www.inadbrasil.com

Realização dia internacional
da conscientização
sobre o ruído



No dia 24 de abril de 2024 será celebrado o Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído. Serão 60 segundos de silêncio, entre 14h15 e 14h16, para destacar o impacto do ruído excessivo em nossas vidas.

24 de abril de 2024

Patrocínio e Apoio



Apoio Nacional



Colaboradores Nacionais



Apoio e Organização Regional

24 de abril de 2024

dia internacional da conscientização sobre o ruído



Ruído no trabalho?

Prevenção é a solução!

Se liga!

O som em excesso a que você se expõe não afeta somente sua audição, mas também seu corpo inteiro!

Alguns efeitos do ruído no ser humano:



Os efeitos podem não ser imediatos, mas são cumulativos!

Dependem:

- do nível de pressão sonora,
- do tempo de exposição e
- da predisposição pessoal.

Acompanhe em www.inadbrasil.com e [/inad.brasil/](https://www.instagram.com/inad.brasil/)

dia internacional
da conscientização
sobre o ruído

Patrocínio e Apoio



Apoio Nacional



Colaboradores Nacionais



Apoio e Organização Regional



KEEP
CALM
AND
enjoy
life

dia internacional
da conscientização
sobre o ruído



inadbrasil.com

William D'Andrea
Fonseca 

Federal University of
Santa Maria
& INAD Brazil

Av. Roraima nº 1000,
Cidade Universitária,
Santa Maria, RS, Brazil

{will.fonseca}
@eac.ufsm.br

Isabel Cristiane
Kuniyoshi 

INAD Brazil

{isabelkuniyoshi}
@gmail.com

INAD Brazil 2024:



Follow INAD Brazil:



www.inadbrasil.com

International Noise Awareness Day — INAD Brazil 2024

In 2024, workers and prevention are the campaign's focus

Abstract: This paper presents Brazil's 2024 INAD campaign, whose slogan is “*Noise at work? Prevention is the solution!*”. After contextualizing the International Noise Awareness Day and its development in Brazil, the text discusses the focus on occupational health and the campaign's main awareness goals. It examines the national regulatory framework, the direct and indirect effects of noise exposure, additional accident risks, and the synergistic impact of ototoxic agents. The paper outlines preventive guidelines grounded in engineering controls, exposure management, and safety culture, and highlights the role of educational materials and outreach activities. Emphasis is placed on the articulation between acoustic engineering, occupational health, and education as the basis for consolidating a culture of prevention and reducing the impact of noise in workplaces across different productive sectors. The article also points to opportunities for technical and social engagement of the acoustics community.

Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído — INAD Brasil 2024

*Resumo: Este artigo apresenta a campanha brasileira do INAD 2024, cujo lema é “*Ruído no trabalho? Prevenção é a solução!*”. Após contextualizar o Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído e sua trajetória no Brasil, discute-se o foco em saúde ocupacional e os principais objetivos de sensibilização. São abordados o enquadramento normativo, os efeitos diretos e indiretos da exposição ao ruído, os riscos adicionais de acidentes e a sinergia com agentes ototóxicos. Descrevem-se diretrizes preventivas baseadas em medidas de engenharia, gestão da exposição e fortalecimento da cultura de segurança sonora, bem como o papel de materiais didáticos e ações continuadas ao longo do ano. O texto enfatiza a articulação entre engenharia acústica, saúde do trabalhador e educação para consolidar uma cultura de prevenção e reduzir o impacto do ruído no ambiente de trabalho em diferentes setores produtivos.*

1. Introduction

Each year, the International Noise Awareness Day campaign in Brazil (INAD Brazil) proposes a theme and a slogan designed to highlight how noise shapes our daily lives, bringing into view both its harms and the preventive measures associated with a specific aspect of exposure. See the national campaign logo in Figure 1.

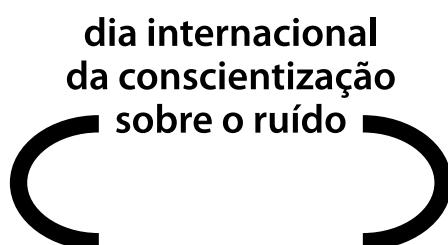


Figure 1: INAD Brazil logo (<http://www.inadbrasil.com>).

In 2024, the International Noise Awareness Day (INAD) turns its focus to *noise at work and its effects on health*, adopting the central slogan

“Noise at work? Prevention is the solution!”.

More than a catchphrase, this message distills the need to safeguard workers’ hearing health while also underscoring the strategic role of acoustical engineering, occupational health, and sound-environment management in reducing noise exposure in workplace settings.

2. Focus and objectives of INAD Brazil 2024

The Brazilian campaign seeks to go beyond the simple dissemination of exposure limits, advancing instead a cultural shift in the way occupational noise is understood and addressed. In this spirit, INAD Brazil 2024 aims to:

- contribute to raising awareness of the health effects of noise on those who work, both in auditory terms and across systemic dimensions;
- underscore the relevance of preventing sound exposure as a means of ensuring well-being, productivity, and safety at work;
- explain how the physical and organizational characteristics of the work environment influence noise propagation, level, and spatial distribution; and
- present sound-environment management guidelines that support technical, regulatory, and managerial decisions oriented toward risk mitigation.

By bringing together professionals from engineering, health, and safety, INAD Brazil promotes an integrated approach, in which measurement, analysis, design, and education move in concert toward healthier workplaces.

3. International and national context

For decades, noise has been recognized as a relevant risk factor for occupational health. Internationally, agencies such as the Environmental Protection Agency (EPA) [1], the French National Research and Safety Institute (INRS) [2], the Occupational Safety and Health Administration (OSHA, USA) [3], and the European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA) [4] have developed recommendations, campaigns, and action plans aimed at reducing occupational noise exposure and promoting safer sound environments.

In Brazil, noise management encompasses both the workplace and the surrounding urban and environmental context, supported by specific legislation and standards. In the occupational domain, two references stand out: **NR 15** [5], which addresses the characterization of unhealthy conditions and establishes tolerance criteria for exposure, and **NHO 01 (Fundacentro)** [6], which systematizes the technical procedure for the *assessment of occupational exposure to noise*, guiding the execution of measurements and the preparation of reports. In parallel, technical standards such as **ABNT NBR 10152** [7] establish measurement procedures and reference values for noise levels in indoor building environments, including workstations. By aligning INAD with this normative framework, the campaign reinforces that legal compliance is a starting point, but it does not exhaust the discussion of acoustic comfort, health, and evidence-based preventive practices.

4. Direct and indirect effects of occupational noise

Continuous or intermittent exposure to elevated sound pressure levels can trigger a wide range of effects. Traditionally, attention has centered on **direct auditory effects**, especially noise-induced hearing loss, whether temporary or permanent, which may evolve from a transient threshold shift to irreversible impairment. However, the **indirect effects** of noise, often underestimated, also play a central role in illness and in work performance.

Among the indirect effects frequently associated with occupational noise exposure are headaches, dizziness, fatigue, tinnitus, difficulty concentrating, muscular tension, irritability, increased blood pressure, accelerated heart rate, sleep disturbances, chronic stress and, in some cases, impacts on sexual and emotional well-being. These effects are generally gradual and may influence productivity, quality of life, and worker safety, even when no clinically established hearing loss is present.

5. Additional risks and workplace accidents

Noisy environments are also associated with a greater **risk of accidents**. Excessive noise can mask warning signals, hinder verbal communication, demand greater cognitive effort for speech comprehension, and reduce the ability to maintain focus and attention during critical tasks. In addition, the combination of poor sleep, stress, and fatigue linked to noise tends to compromise reaction time and decision-making under risk. The result is an environment in which potential threats go unnoticed more often, increasing the likelihood of incidents and workplace accidents.

6. Combined effects: noise and ototoxic substances

INAD Brazil 2024 further emphasizes the **synergistic** impact between noise and certain **ototoxic substances** in occupational environments. Specific chemical agents, such as some heavy metals, organic solvents, asphyxiants, and certain pharmaceuticals, may intensify auditory damage when combined with noise exposure. In such scenarios, an analysis based exclusively on sound level tends to underestimate the true risk. From the standpoint of occupational hygiene, it becomes essential to adopt a multidimensional view, in which acoustic monitoring, chemical-exposure assessment, and clinical follow-up speak to one another, guiding more comprehensive preventive strategies.

7. Prevention as the solution: from the source to a culture of safety

The slogan "*Noise at work? Prevention is the solution!*" points to the **principle of prevention** as the organizing axis of control actions. In keeping with the classical hierarchy of measures in occupational safety and health, interventions at the source and along the transmission path are prioritized before exclusive reliance on personal protective equipment. Several technical guidelines merit emphasis:

- **Engineering measures:** implementation of acoustic barriers, enclosure of noisy machines, adoption of absorbing materials and acoustic-conditioning solutions in critical areas, as well as layout designs that distance sensitive workstations from the main noise sources;
- **Lower-emission equipment:** inclusion of noise-emission requirements in the specification and procurement of machines and tools, favoring quieter technologies;
- **Preventive maintenance:** inspection and maintenance routines that avoid mechanical wear, misalignments, and other failures capable of significantly increasing noise emission;
- **Training and awareness:** capacity-building on risks associated with noise, proper use of hearing protectors, and encouragement to report situations of excessive exposure, integrating the topic into the activities of the Internal Commission for Accident Prevention (CIPA), the Internal Week for Accident Prevention at Work (SIPAT), and internal programs; and

- **Continuous monitoring:** campaigns to measure noise levels, personal dosimetry, critical analysis of results in light of NR 15 and the comfort parameters of ABNT NBR 10152, in addition to hearing conservation programs with periodic follow-up.

By bringing these pillars together, prevention ceases to be merely a set of procedures and becomes part of a **culture of sound safety**, in which technical decisions, investment in technology, and organizational behavior converge to protect health.

8. Noise levels, annoyance, and acoustic comfort

Even levels classified as “moderate” may produce annoyance, irritability, and possible cardiovascular repercussions over time. Thus, although NR 15 is centered on tolerance limits aimed primarily at preventing hearing loss, it is equally crucial to consider **annoyance levels** appropriate to each type of activity, as indicated by the ranges recommended in NBR 10152. For the technical community working in acoustics and vibrations, this means integrating, within a single project, occupational safety criteria and acoustic comfort criteria, avoiding the false dichotomy between “meeting the standard” and “providing well-being.”

9. INAD 2024: one minute of silence, a year of action

In 2024, INAD is observed on **April 24**. Between **14h15 and 14h16**, a **minute of silence** is traditionally proposed as a symbolic gesture to reveal how present noise is in our everyday lives and how its momentary absence can be illuminating. Although the campaign has a reference day, INAD Brazil encourages **actions to extend throughout the entire year**, with activities in schools, universities, companies, health services, and public spaces. For researchers, faculty, students, designers, and safety technicians, it is an opportunity to transform technical knowledge into concrete actions through monitoring projects, outreach events, the production of didactic materials, and case studies in real workplace environments.

10. Materials released in 2024

The official graphic and audio materials of the INAD Brazil 2024 campaign were organized on the [INAD 2024 Materials](#) page of the campaign’s official website [8]. On that page, all visual and audio artifacts supporting the dissemination of the slogan “*Noise at work? Prevention is the solution!*” are gathered for use across different institutional contexts and communication platforms.

The set of graphic materials made available in 2024 includes (see examples in Figure 2 or at the end of this insert):

- the main INAD 2024 poster in A3 format;
- a banner in A0 format;
- a levels poster (A3), emphasizing noise levels;
- a poster from the *Keep Calm* series;
- a postcard in the 10 cm × 15 cm format;
- an Instagram artwork package, intended for feed posts and *stories*;
- a set of graphic elements (icons, illustrations, logos, and modular components); and
- a presentation template in PPTX format.

Complementing the visual materials, the page also provides the [INAD 2024 Spot](#), produced in six tracks: three narrated versions and three corresponding instrumental tracks, conceived for use on



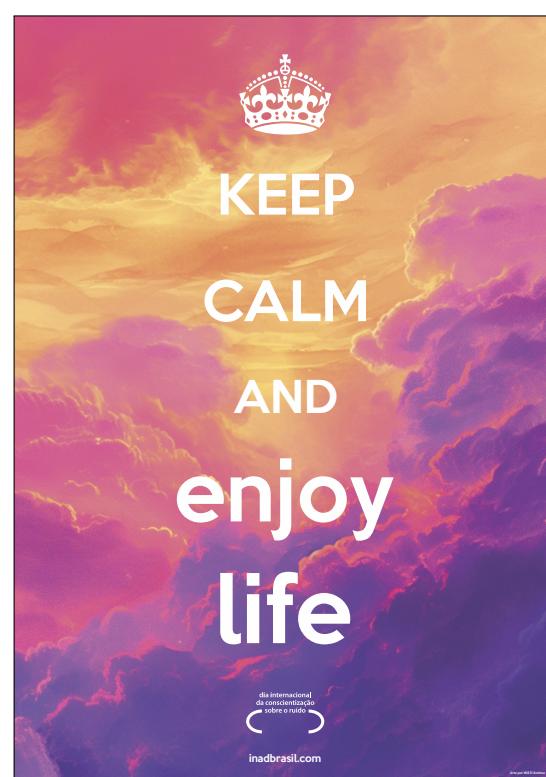
(a) Main poster.



(b) Poster with sound levels.



(c) Instagram story artwork



(d) Keep Calm poster.

Figure 2: Materials from the INAD Brazil 2024 campaign.

radio, institutional media, and social networks, with normalized *loudness* levels aimed at message intelligibility and consistent playback [8].

From the standpoint of open access and reproducibility, all these files are also maintained in the public repository [inad2024](#) on GitHub [9]. That repository contains editable versions of the materials organized into thematic folders to facilitate reuse and local adaptation.

In the online environment, the official [@inad.brasil](#) Instagram profile [10] serves as one of the campaign's primary vectors of dissemination, concentrating *cards*, carousels, short videos, calls for the minute of silence, and direct *links* to the website and the GitHub repository. The interplay between the materials page, the open repository, and Instagram thus forms an integrated communication strategy that broadens reach and facilitates adoption by universities, schools, health services, companies, and other INAD Brazil partners.

11. An invitation to the acoustics and vibrations community

This insert in the journal *Acústica e Vibrações* is an invitation for the technical and scientific community in the field to assume an even greater leading role in the occupational-noise agenda. To amplify the slogan "**Noise at work? Prevention is the solution!**" is to foster dialogue in public and private institutions, disseminate qualified information on risks and control strategies, support local and regional INAD initiatives, and incorporate the theme into teaching, research, and outreach practices. We therefore close with the following message:

...may this be not only a moment of reflection, but a consistent step toward a culture of prevention that values silence when necessary, protects hearing, and promotes quality of life at work and beyond.

12. Acknowledgments

We thank all individuals, collectives, and organizations who, throughout 2024, acted as vectors of the INAD Brazil campaign, transforming technical knowledge into concrete awareness-building actions. Every share, class, lecture, published material, measurement performed, and conversation sparked in schools, universities, companies, and health services helped expand the campaign's reach and reinforced the construction of a culture of prevention.

In particular, we record our gratitude to the sponsors who made possible and strengthened the production, organization, and dissemination of the campaign materials, with a special, by-name acknowledgment to each partner:

- **LAEPI**: for its institutional partnership and confidence in the purpose of INAD Brazil, supporting the mobilization of the technical community and the dissemination of preventive content.
- **HBK (Hottinger Brüel & Kjær)**: for its support of initiatives that value acoustic metrology and sound-environment management as central instruments of occupational health.
- **Acoem**: for encouraging the integration of engineering, health, and environmental noise management, promoting an applied, interdisciplinary, and results-oriented perspective.
- **DEWESoft**: for its support and proximity to the acoustics and vibrations community, reinforcing good practices in acquisition, analysis, and monitoring as the basis for preventive decisions.

In addition, we thank the **national supporters**, whose work broadened the campaign's reach across the country and strengthened ties with key professionals and institutions. We gratefully acknowledge the support of the **Brazilian Academy of Audiology (ABA)**, the **Federal Council of Speech-Language Pathology and Audiology (CFFa)**, the **Brazilian Society of Speech-Language Pathology and Audiology (SBFa)**, **Dangerous Decibels Brazil**, the **Ministry of Health and Oswaldo Cruz Foundation (Fiocruz)**, the **Research Group in Acoustics and Vibrations (GPAV)**, **Federal University of Santa Maria (UFSM)**, and, in a special way, the **Brazilian Acoustical Society (Sobrac)**.

Finally, we extend this acknowledgment to the technical and scientific community in acoustics, vibrations, speech-language pathology and audiology, safety engineering, and occupational health, as well as to the students and professionals who embraced the campaign in their routines and institutions. May the efforts brought together in 2024 become continuity: a year of action, education, and prevention, sustained by evidence, good practices, and collective responsibility.

References

1. United States Environmental Protection Agency. *U.S. EPA — United States Environmental Protection Agency*. 2024. Accessed: 28 Nov. 2024. URL: <https://www.epa.gov>.
2. Institut national de recherche et de sécurité (INRS). *INRS — Occupational health and safety (Santé et sécurité au travail)*. 2024. Accessed: 28 Nov. 2024. URL: <https://www.inrs.fr>.
3. Occupational Safety and Health Administration. *OSHA — Occupational Safety and Health Administration*. 2024. Accessed: 28 Nov. 2024. URL: <https://www.osha.gov>.
4. European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). *EU-OSHA — European Agency for Safety and Health at Work*. 2024. Accessed: 28 Nov. 2024. URL: <https://osha.europa.eu/en>.
5. Brazil. Ministry of Labour. *Regulatory Standard NR 15 — Unhealthy activities and operations (original: Atividades e operações insalubres)*. 1978. Ordinance (Portaria) MTb No. 3.214, of 08 June 1978. Consolidated text. Accessed: 28 Nov. 2024. URL: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-15.pdf>.
6. FUNDACENTRO – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. *NHO 01 — Occupational Hygiene Standard: Technical Procedure: Assessment of Occupational Noise Exposure (original: Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído)*. [S.I.], 2001. Accessed: 28 Nov. 2024. URL: <https://www.gov.br/fundacento/pt-br/centrais-de-conteudo/biblioteca/nhos>.
7. Brazilian Association of Technical Standards. *ABNT NBR 10152:2017 — Acoustics: sound pressure levels in indoor environments of buildings (corrected version: 2020)*. Rio de Janeiro, RJ, Brazil: [s.n.], 2017. 2nd ed. Accessed: 28 Nov. 2024.
8. INAD Brasil. *INAD 2024 Materials — INAD Brazil: International Noise Awareness Day*. 2024. Accessed: 28 Nov. 2024. URL: <https://www.inadbrasil.com/materiais-inad-2024/>.
9. INAD Brasil. *inad2024: Repository of materials for the INAD Brazil 2024 campaign*. 2024. Public repository on GitHub. Accessed: 28 Nov. 2024. URL: <https://github.com/inadbrasil/inad2024>.
10. INAD Brasil. *INAD Brazil (@inad.brasil) on Instagram*. 2024. Official campaign profile on Instagram. Accessed: 28 Nov. 2024. URL: <https://www.instagram.com/inad.brasil/>.



Ruído no trabalho? Prevenção é a solução!

International Noise Awareness Day

@/inad.brasil

www.inadbrasil.com

Realização dia internacional
da conscientização
sobre o ruído



No dia 24 de abril de 2024 será celebrado o Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído. Serão 60 segundos de silêncio, entre 14h15 e 14h16, para destacar o impacto do ruído excessivo em nossas vidas.

24 de abril de 2024

Patrocínio e Apoio



Apoio Nacional



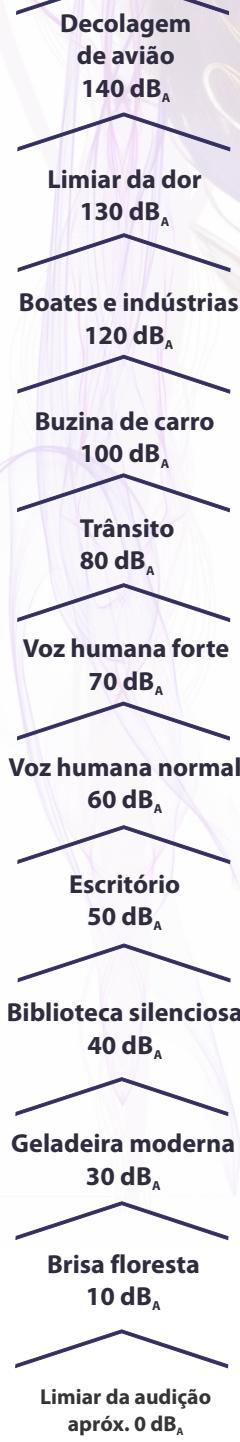
Colaboradores Nacionais



Apoio e Organização Regional

24 de abril de 2024

dia internacional da conscientização sobre o ruído



Ruído no trabalho?

Prevenção é a solução!

Se liga!

O som em excesso a que você se expõe não afeta somente sua audição, mas também seu corpo inteiro!

Alguns efeitos do ruído no ser humano:



Os efeitos podem não ser imediatos, mas são cumulativos!

Dependem:

- 🔊 do nível de pressão sonora,
- ⌚ do tempo de exposição e
- 👤 da predisposição pessoal.

Acompanhe em www.inadbrasil.com e [/inad.brasil/](https://www.instagram.com/inad.brasil/)

dia internacional
da conscientização
sobre o ruído

Patrocínio e Apoio



Apoio Nacional



Colaboradores Nacionais



Apoio e Organização Regional





KEEP
CALM
AND
enjoy
life

dia internacional
da conscientização
sobre o ruído



inadbrasil.com

William D'Andrea
Fonseca 

Universidad Federal de
Santa Maria
& INAD Brasil

Av. Roraima nº 1000,
Cidade Universitária,
Santa Maria, RS, Brasil

{will.fonseca}
@eac.ufsm.br

Isabel Cristiane
Kuniyoshi 

INAD Brasil

{isabelkuniyoshi}
@gmail.com

INAD Brasil 2024:



Siga el INAD Brasil:



www.inadbrasil.com

Día Internacional de Concienciación sobre el Ruido — INAD Brasil 2024

En 2024, el trabajador y la prevención son el foco central

Resumen: Este artículo presenta la campaña brasileña del INAD 2024, cuyo lema es “*¿Ruido en el trabajo? ¡La prevención es la solución!*”. Tras contextualizar el Día Internacional de Concientización sobre el Ruido y su trayectoria en Brasil, se discuten el enfoque en la salud ocupacional y los principales objetivos de sensibilización. Se abordan el marco normativo, los efectos directos e indirectos de la exposición al ruido, los riesgos adicionales de accidentes y la sinergia con agentes ototóxicos. Se describen directrices preventivas basadas en medidas de ingeniería, gestión de la exposición y fortalecimiento de la cultura de seguridad sonora, así como el papel de materiales didácticos y de acciones continuadas a lo largo del año. El texto enfatiza la articulación entre la ingeniería acústica, la salud de los trabajadores y la educación, con el fin de consolidar una cultura de prevención y reducir el impacto del ruido en el ambiente laboral en distintos sectores productivos.

International Noise Awareness Day — INAD Brazil 2024

Abstract: This paper presents Brazil's 2024 INAD campaign, whose slogan is “Noise at work? Prevention is the solution!”. After contextualizing the International Noise Awareness Day and its development in Brazil, the text discusses the focus on occupational health and the campaign's main awareness goals. It examines the national regulatory framework, the direct and indirect effects of noise exposure, additional accident risks, and the synergistic impact of ototoxic agents. The paper outlines preventive guidelines grounded in engineering controls, exposure management, and safety culture, and highlights the role of educational materials and outreach activities. Emphasis is placed on the articulation between acoustic engineering, occupational health, and education as the basis for consolidating a culture of prevention and reducing the impact of noise in workplaces across different productive sectors. The article also points to opportunities for technical and social engagement of the acoustics community.

1. Introducción

Cada año, la campaña del Día Internacional de Concientización sobre el Ruido en Brasil (INAD Brasil) propone un tema y un lema capaces de poner en relieve los impactos del ruido en nuestra rutina, haciendo visibles tanto los perjuicios como las medidas preventivas asociadas a un aspecto específico. Véase el logotipo de la campaña nacional en la Figura 1.

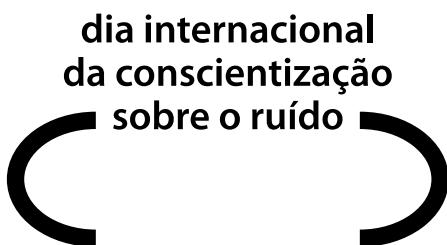


Figura 1: Logotipo del INAD Brasil (<http://www.inadbrasil.com>).

En 2024, el Día Internacional de Concientización sobre el Ruido (INAD) vuelve su atención hacia el *ruido en el trabajo y sus efectos sobre la salud*, adoptando como lema central

“¿Ruido en el trabajo? ¡La prevención es la solución!”.

Más que un eslogan, este mensaje sintetiza la necesidad de proteger la salud auditiva de quienes trabajan y, al mismo tiempo, destacar el papel estratégico de la ingeniería acústica, la salud ocupacional y la gestión de los ambientes sonoros en la reducción de la exposición al ruido en contextos laborales.

2. Enfoque y objetivos del INAD Brasil 2024

La campaña brasileña busca ir más allá de la simple divulgación de límites de exposición, proponiendo un cambio cultural frente al ruido ocupacional. En este sentido, el INAD Brasil 2024 procura:

- contribuir a la concientización respecto de los efectos del ruido en la salud de quienes laboran, tanto en el plano auditivo como en dimensiones sistémicas;
- poner de relieve la relevancia de la prevención de la exposición sonora para garantizar bienestar, productividad y seguridad en el trabajo;
- explicar cómo las características físicas y organizacionales del ambiente de trabajo influyen en la propagación, el nivel y la distribución espacial del ruido; y
- presentar lineamientos de gestión del ambiente sonoro que sustenten decisiones técnicas, normativas y gerenciales orientadas a la mitigación de riesgos.

Al reunir a profesionales de la ingeniería, la salud y la seguridad, el INAD Brasil propone un enfoque integrado, en el que medición, análisis, diseño y educación avanzan de la mano en la construcción de ambientes de trabajo más saludables.

3. Contexto internacional y nacional

Desde hace décadas, el ruido es reconocido como un factor de riesgo relevante para la salud ocupacional. En el ámbito internacional, organismos como la Agencia de Protección Ambiental (EPA) [1], el Instituto Nacional de Investigación y de Seguridad (INRS, Francia) [2], la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, EE. UU.) [3] y la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (EU-OSHA) [4] vienen desarrollando recomendaciones, campañas y planes de acción orientados a reducir la exposición ocupacional al ruido y a promover ambientes sonoros más seguros.

En Brasil, la gestión del ruido abarca tanto el ambiente de trabajo como el entorno urbano y ambiental, respaldada por legislaciones y normas específicas. En el campo ocupacional, se destacan la **NR 15** [5], que aborda la caracterización de insalubridad y establece criterios de tolerancia a la exposición, y la **NHO 01 (Fundacentro)** [6], que sistematiza el procedimiento técnico para la *evaluación de la exposición ocupacional al ruido*, orientando la realización de las mediciones y la elaboración de informes. En paralelo, normas técnicas como la **ABNT NBR 10152** [7] establecen procedimientos de medición y valores de referencia para niveles de ruido en ambientes internos de edificaciones, incluidos los puestos de trabajo. Al articular el INAD con este marco normativo, la campaña refuerza que el cumplimiento legal es un punto de partida, pero no agota la discusión sobre confort acústico, salud y prácticas preventivas sustentadas por evidencias.

4. Efectos directos e indirectos del ruido ocupacional

La exposición continua o intermitente a niveles elevados de presión sonora puede desencadenar una gama de efectos. Tradicionalmente, el foco recae sobre los **efectos auditivos directos**, en especial la pérdida auditiva inducida por ruido, temporal o permanente, que puede evolucionar desde un cuadro transitorio de cambio del umbral auditivo hasta compromisos irreversibles de la audición. Sin embargo, los **efectos indirectos** del ruido, a menudo subestimados, también desempeñan un papel central en el deterioro de la salud y en el desempeño laboral.

Entre los efectos indirectos frecuentemente asociados a la exposición ocupacional al ruido, se destacan dolor de cabeza, mareos, fatiga, zumbido, dificultad de concentración, tensión muscular, irritabilidad, elevación de la presión arterial, aceleración del ritmo cardíaco, trastornos del sueño, estrés crónico y, en algunos casos, impactos en la esfera sexual y emocional. Estos efectos suelen ser graduales y pueden influir en la productividad, la calidad de vida y la seguridad de los trabajadores, incluso cuando no existe pérdida auditiva clínicamente establecida.

5. Riesgos adicionales y accidentes de trabajo

Los ambientes ruidosos también se asocian con un mayor **riesgo de accidentes**. El ruido excesivo puede enmascarar señales de alerta, dificultar la comunicación verbal, exigir un mayor esfuerzo cognitivo para comprender el habla y reducir la capacidad de mantener el foco y la atención en tareas críticas. Además, la combinación de sueño de mala calidad, estrés y fatiga asociada al ruido tiende a comprometer el tiempo de reacción y la toma de decisiones en situaciones de riesgo. El resultado es un ambiente en el que las amenazas potenciales pasan inadvertidas con mayor frecuencia, aumentando la probabilidad de incidentes y accidentes laborales.

6. Efectos combinados: ruido y sustancias ototóxicas

El INAD Brasil 2024 también subraya el impacto **sinérgico** entre el ruido y determinadas **sustancias ototóxicas** en el ambiente ocupacional. Ciertos agentes químicos, como algunos metales pesados, solventes orgánicos, sustancias asfixiantes y determinados fármacos, pueden potenciar el daño auditivo cuando se combinan con la exposición al ruido. En estos escenarios, un análisis basado exclusivamente en el nivel sonoro tiende a subestimar el riesgo real. Desde la perspectiva de la higiene ocupacional, se vuelve esencial adoptar una visión multidimensional, en la cual el monitoreo acústico, la evaluación de la exposición química y el seguimiento clínico dialoguen entre sí, orientando estrategias preventivas más abarcadoras.

7. Prevención como solución: de la fuente a la cultura de seguridad

El lema “*¿Ruido en el trabajo? ¡La prevención es la solución!*” señala el **principio de la prevención** como eje estructurante de las acciones de control. En consonancia con la jerarquía clásica de medidas en seguridad y salud en el trabajo, se priorizan intervenciones en la fuente y en el medio, antes de la dependencia exclusiva de equipos de protección personal. Se destacan algunas directrices técnicas:

- **Medidas de ingeniería:** implementación de barreras acústicas, encapsulamiento de máquinas ruidosas, adopción de materiales absorbentes y de soluciones de acondicionamiento acústico en áreas críticas, además de diseños de *layout* que alejen los puestos sensibles de las principales fuentes de ruido;
- **Equipos de menor emisión sonora:** inclusión de requisitos de emisión de ruido en procesos de especificación y adquisición de máquinas y herramientas, privilegiando tecnologías más silenciosas;
- **Mantenimiento preventivo:** rutinas de inspección y mantenimiento que eviten desgaste mecánico;

co, desalineamientos y otras fallas capaces de elevar significativamente la emisión sonora;

- **Capacitación y concientización:** formación sobre riesgos asociados al ruido, uso adecuado de protectores auditivos e incentivo al reporte de situaciones de exposición excesiva, integrando el tema a las acciones de la Comisión Interna de Prevención de Accidentes (CIPA), de la Semana Interna de Prevención de Accidentes del Trabajo (SIPAT) y de programas internos; y
- **Monitoreo continuo:** campañas de medición de niveles de ruido, dosimetría personal, análisis crítico de los resultados a la luz de la NR 15 y de los parámetros de confort de la ABNT NBR 10152, además de programas de conservación auditiva con seguimiento periódico.

Al articular estos ejes, la prevención deja de ser solo un conjunto de procedimientos y pasa a componer una **cultura de seguridad sonora**, en la que decisiones técnicas, inversión en tecnología y comportamiento organizacional convergen para la protección de la salud.

8. Niveles de ruido, molestia y confort acústico

Incluso niveles clasificados como “moderados” pueden producir molestia, irritabilidad y posibles repercusiones cardiovasculares a lo largo del tiempo. Así, aunque la NR 15 está centrada en límites de tolerancia orientados principalmente a la prevención de la pérdida auditiva, resulta igualmente crucial considerar los **niveles de molestia** adecuados a cada tipo de actividad, conforme a los rangos recomendados en la NBR 10152. Para la comunidad técnica que actúa en acústica y vibraciones, esto significa integrar, en un mismo proyecto, criterios de seguridad ocupacional y de confort acústico, evitando la falsa dicotomía entre “cumplir la norma” y “proporcionar bienestar”.

9. INAD 2024: un minuto de silencio, un año de acciones

En 2024, el INAD se celebra el **24 de abril**. Entre las **14:15 y las 14:16**, tradicionalmente se propone un **minuto de silencio** como gesto simbólico para evidenciar cuánto está presente el ruido en nuestra vida cotidiana y cómo su ausencia momentánea puede resultar reveladora. Aunque la campaña tiene un día de referencia, el INAD Brasil alienta a que las **acciones se extiendan a lo largo de todo el año**, con actividades en escuelas, universidades, empresas, servicios de salud y espacios públicos. Para investigadores, docentes, estudiantes, proyectistas y técnicos de seguridad, se trata de una oportunidad para transformar conocimiento técnico en acciones concretas, mediante proyectos de monitoreo, eventos de divulgación, producción de material didáctico y estudios de caso en ambientes laborales reales.

10. Materiales difundidos en 2024

Los materiales gráficos y sonoros oficiales de la campaña INAD Brasil 2024 fueron organizados en la página [Materiales INAD 2024](#) del sitio oficial de la campaña [8]. En esa página, se reúnen todos los artefactos visuales y de audio que respaldan la difusión del lema “*¿Ruido en el trabajo? ¡La prevención es la solución!*” en distintos contextos institucionales y plataformas de comunicación.

El conjunto de materiales gráficos disponibilizados en 2024 incluye (véanse ejemplos en la Figura 2 o al final de este encarte):

- afiche principal INAD 2024 en formato A3;
- *banner* en formato A0;
- afiche de niveles (A3), con énfasis en niveles de ruido;
- afiche de la serie *Keep Calm*;
- postal en formato 10 cm × 15 cm;
- paquete de artes para Instagram, orientado a publicaciones en *feed* y *stories*;

- conjunto de elementos gráficos (íconos, ilustraciones, logotipos y componentes modulares); y
 - plantilla de presentación en formato PPTX.



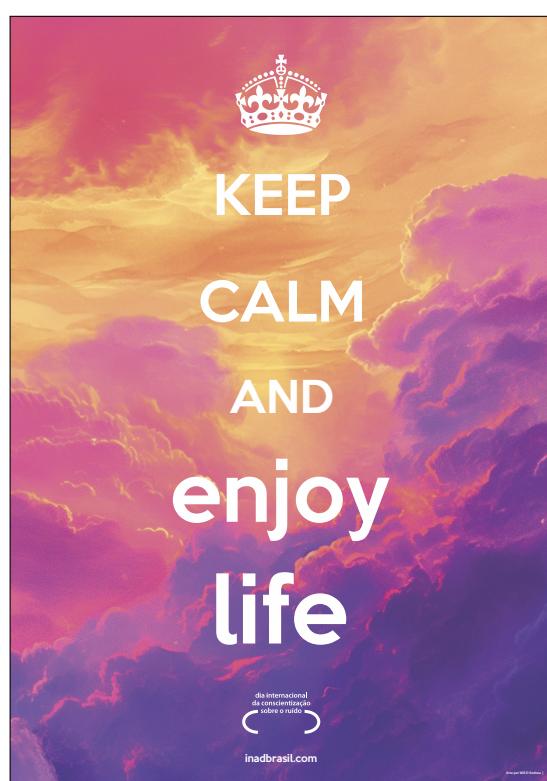
(a) Afiche principal.



(b) Afiche con niveles sonoros.



(c) Arte para *story* de Instagram



(d) Afiche Keep Calm.

Figura 2: Materiales de la campaña INAD Brasil 2024.

Como complemento de los materiales visuales, la página también pone a disposición el *Spot INAD 2024*, producido en seis pistas: tres versiones con locución y tres pistas instrumentales correspondientes, concebidas para su uso en radios, medios institucionales y redes sociales, con niveles normalizados de *loudness* orientados a la inteligibilidad del mensaje y a la consistencia de reproducción [8].

Desde el punto de vista del acceso abierto y la reproducibilidad, todos estos archivos también se mantienen en el repositorio público [inad2024](#) en GitHub [9]. En ese repositorio, se encuentran las versiones editables de los materiales, organizadas en carpetas temáticas para facilitar su reutilización y adaptación local.

En el entorno virtual, el perfil oficial [@inad.brasil](#) en Instagram [10] funciona como uno de los principales vectores de propagación de la campaña, concentrando *cards*, carruseles, videos cortos, convocatorias al minuto de silencio y *links* directos al sitio y al repositorio en GitHub. La articulación entre la página de materiales, el repositorio abierto e Instagram configura, así, una estrategia integrada de comunicación, que amplía el alcance de los contenidos y facilita su apropiación por universidades, escuelas, servicios de salud, empresas y demás aliados del INAD Brasil.

11. Invitación a la comunidad de acústica y vibraciones

Este encarte de la revista *Acústica e Vibrações* es una invitación para que la comunidad técnico-científica del área asuma un protagonismo aún mayor en la agenda del ruido ocupacional. Hacer eco del lema “**¿Ruido en el trabajo? ¡La prevención es la solución!**” significa estimular diálogos en instituciones públicas y privadas, divulgar información calificada sobre riesgos y estrategias de control, apoyar iniciativas locales y regionales del INAD e incorporar el tema a las prácticas de docencia, investigación y extensión. Así, cerramos con el siguiente mensaje:

...que este no sea solamente un momento de reflexión, sino un paso consistente hacia una cultura de prevención que valore el silencio cuando sea necesario, proteja la audición y promueva la calidad de vida dentro y fuera del trabajo.

12. Agradecimientos

Agradecemos a todas las personas, colectivos y entidades que, a lo largo de 2024, actuaron como vectores de la campaña INAD Brasil, transformando conocimiento técnico en acciones concretas de concientización. Cada compartido, clase, charla, material difundido, medición realizada y conversación propiciada en escuelas, universidades, empresas y servicios de salud contribuyó a ampliar el alcance de la campaña y a reforzar la construcción de una cultura de prevención.

De manera particular, dejamos constancia de nuestro reconocimiento a los patrocinadores que hicieron posible y fortalecieron la producción, la organización y la difusión de los materiales de la campaña, con un agradecimiento especial, nominalmente, a cada socio:

- **LAEPI**: por la alianza institucional y la confianza en el propósito del INAD Brasil, apoyando la movilización de la comunidad técnica y la difusión de contenidos de prevención.
- **HBK (Hottinger Brüel & Kjær)**: por el respaldo a iniciativas que valoran la metrología acústica y la gestión del ambiente sonoro como instrumentos centrales de la salud ocupacional.
- **Acoem**: por incentivar la integración entre ingeniería, salud y gestión ambiental del ruido, promoviendo una visión aplicada, interdisciplinaria y orientada a resultados.
- **DEWESoft**: por el apoyo y la cercanía con la comunidad de acústica y vibraciones, reforzando buenas prácticas de adquisición, análisis y monitoreo como base para decisiones preventivas.

Como complemento, agradecemos a los **aliados nacionales**, cuya actuación amplió la capilaridad de la campaña en el país y fortaleció conexiones con profesionales e instituciones estratégicas. Registramos, con estima, el apoyo de la **Academia Brasileña de Audiología (ABA)**, del **Consejo Federal de Fonoaudiología (CFFa)**, de la **Sociedad Brasileña de Fonoaudiología (SBFa)**, de **Dangerous Decibels Brasil**, del **Ministerio de Salud** y de la **FIOCRUZ (Fundación Oswaldo Cruz)**, del **GPAV (Grupo de Investigación en Acústica y Vibraciones, UFSM)** y, de modo especial, de la **Sociedad Brasileña de Acústica (Sobrac)**.

Por último, extendemos este agradecimiento a la comunidad técnico-científica de acústica, vibraciones, fonoaudiología, ingeniería de seguridad y salud ocupacional, así como a los estudiantes y profesionales que se sumaron a la campaña en sus rutinas e instituciones. Que los esfuerzos reunidos en 2024 se traduzcan en continuidad: un año de acciones, de educación y de prevención, sustentado por evidencias, buenas prácticas y responsabilidad colectiva.

Referencias

1. United States Environmental Protection Agency. *U.S. EPA — Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency)*. 2024. Acceso: 28 nov. 2024. Disponible en: <https://www.epa.gov>.
2. Institut national de recherche et de sécurité (INRS). *INRS — Salud y seguridad en el trabajo (Santé et sécurité au travail)*. 2024. Acceso: 28 nov. 2024. Disponible en: <https://www.inrs.fr>.
3. Occupational Safety and Health Administration. *OSHA — Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (Occupational Safety and Health Administration)*. 2024. Acceso: 28 nov. 2024. Disponible en: <https://www.osha.gov>.
4. European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). *EU-OSHA — Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (European Agency for Safety and Health at Work)*. 2024. Acceso: 28 nov. 2024. Disponible en: <https://osha.europa.eu/en>.
5. Brasil. Ministério do Trabalho. *Norma Regulamentadora NR 15 — Actividades y operaciones insalubres (original: Atividades e operações insalubres)*. 1978. Portaria MTb n. 3.214, de 08 de junio de 1978. Texto consolidado. Acceso: 28 nov. 2024. Disponible en: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-15.pdf>.
6. FUNDACENTRO – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabajo. *NHO 01 — Norma de Higiene Ocupacional: Procedimiento Técnico: Evaluación de la Exposición Ocupacional al Ruido (original: Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído)*. [S.I.], 2001. Acceso: 28 nov. 2024. Disponible en: <https://www.gov.br/fundacento/pt-br/centrais-de-conteudo/biblioteca/nhos>.
7. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR 10152:2017 — Acústica: niveles de presión sonora en ambientes internos de edificaciones (versión corregida: 2020)*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: [s.n.], 2017. 2. edición. Acceso: 28 nov. 2024.
8. INAD Brasil. *Materiales INAD 2024 — INAD Brasil: Día Internacional de Concientización sobre el Ruido*. 2024. Acceso: 28 nov. 2024. Disponible en: <https://www.inadbrasil.com/materiais-inad-2024/>.
9. INAD Brasil. *inad2024: Repositorio de materiales de la campaña INAD Brasil 2024*. 2024. Repositorio público en GitHub. Acceso: 28 nov. 2024. Disponible en: <https://github.com/inadbrasil/inad2024>.
10. INAD Brasil. *INAD Brasil (@inad.brasil) en Instagram*. 2024. Perfil oficial de la campaña en Instagram. Acceso: 28 nov. 2024. Disponible en: <https://www.instagram.com/inad.brasil/>.



Ruído no trabalho? Prevenção é a solução!

International Noise Awareness Day

@/inad.brasil

www.inadbrasil.com

Realização dia internacional
da conscientização
sobre o ruído



No dia 24 de abril de 2024 será celebrado o Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído. Serão 60 segundos de silêncio, entre 14h15 e 14h16, para destacar o impacto do ruído excessivo em nossas vidas.

24 de abril de 2024

Patrocínio e Apoio



Apoio Nacional



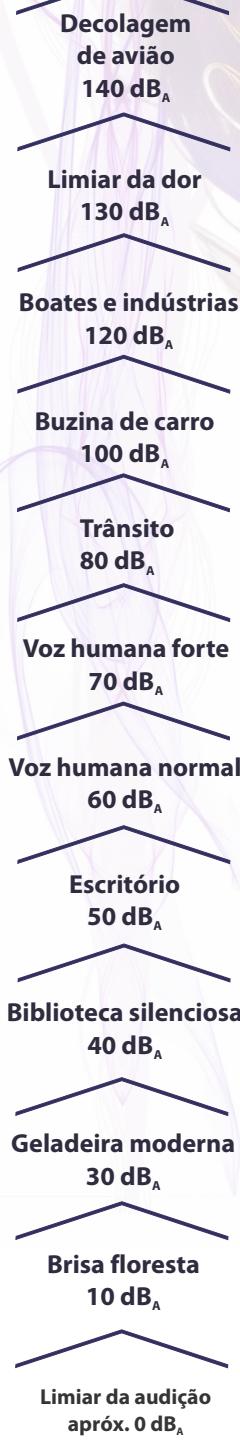
Colaboradores Nacionais



Apoio e Organização Regional

24 de abril de 2024

dia internacional da conscientização sobre o ruído



Ruído no trabalho?

Prevenção é a solução!

Se liga!

O som em excesso a que você se expõe não afeta somente sua audição, mas também seu corpo inteiro!

Alguns efeitos do ruído no ser humano:



Os efeitos podem não ser imediatos, mas são cumulativos!

Dependem:

- 🔊 do nível de pressão sonora,
- ⌚ do tempo de exposição e
- 👤 da predisposição pessoal.

Acompanhe em www.inadbrasil.com e [/inad.brasil/](https://www.instagram.com/inad.brasil/)

dia internacional
da conscientização
sobre o ruído

Patrocínio e Apoio



Apoio Nacional



Colaboradores Nacionais



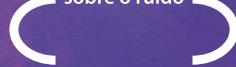
Apoio e Organização Regional





KEEP
CALM
AND
enjoy
life

dia internacional
da conscientização
sobre o ruído



inadbrasil.com

Elvis Gouveia 
Fernando Diaz  &
Sadi Datsch 

HBK – Hottinger
Brüel & Kjær

Rua Luís Correia de Melo,
92 – 25º Andar
São Paulo, SP, Brasil

{elvis.gouveia,
fernando.diaz,
sadi.datsch}
@hbkworld.com

William D'Andrea
Fonseca 

Universidade Federal de
Santa Maria

Av. Roraima nº 1000,
Cidade Universitária
Santa Maria, RS, Brasil

{will.fonseca}
@eac.ufsm.br

HBK 2255 com Building Acoustics Partner

O sonômetro HBK 2255 permite realizar toda a medição com controle remoto Wi-Fi

Resumo: O dia a dia de medições de desempenho acústico segundo a ABNT NBR 15575:2021 exige equipamentos leves, robustos e com soluções integradas que facilitem o serviço e reduzam as possibilidades de ocorrência de erros. Considerando tais necessidades, a HBK desenvolveu uma linha de produtos com foco no dia a dia dos canteiros de obras. O sonômetro HBK 2255 integrado ao *Building Acoustics Partner* auxilia na tomada de decisão durante as medições com passos pré-definidos para a medição e visualização dos dados em tempo real. O HBK 2255 pode ser controlado remotamente via Wi-Fi ou Bluetooth, eliminando a necessidade de cabos, e, utilizando o amplificador HBK 2755, toda a medição pode ser controlada remotamente via aplicativo. Os dados das medições de campo podem ser transferidos ao escritório via armazenamento na nuvem, o que, juntamente com o *Building Acoustics Partner*, permite a geração de relatórios rápidos, agilizando o trabalho e aumentando a produtividade do início ao fim.

HBK 2255 with Building Acoustics Partner

Abstract: The day-to-day acoustic performance measurements according to the standard ABNT NBR 15575:2021 require light and robust equipment with integrated solutions that facilitate service and reduce the possibility of errors. Considering such needs, HBK has developed a product line focused on the daily life of construction sites. The HBK 2255 sound level meter integrated into the Building Acoustics Partner assists decision-making during measurement with predefined steps for measuring and real-time data visualization. The HBK 2255 can be controlled remotely via Wi-Fi or Bluetooth, eliminating the need for cables. Using the HBK 2755 amplifier, the entire measurement can be controlled remotely via the App. Data from field measurements can be transferred to the office via cloud storage. Together with the Building Acoustics Partner, it enables quick reporting, accelerating work and increasing productivity from start to finish.

1. Introdução à acústica de salas e edificações

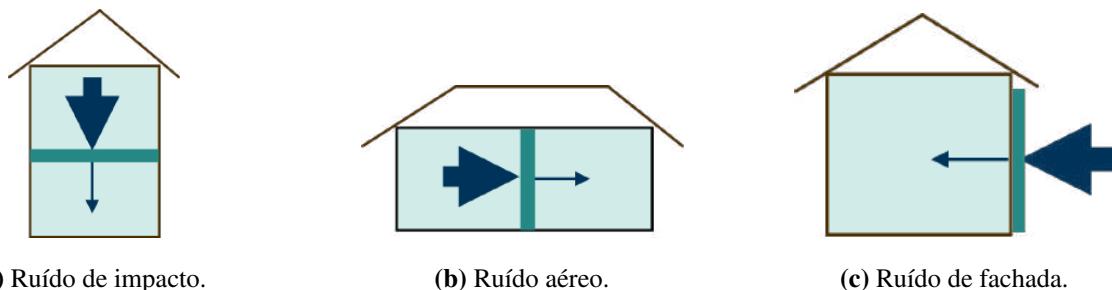
A acústica de edificações trata da transmissão do ruído entre diferentes salas, com maior foco no desempenho acústico de vedações e seu nível de isolamento sonoro, Figura 1. Pode-se dividir a transmissão dos ruídos presentes em uma habitação em dois principais caminhos: aéreo (*airborne sound*) e estrutural (*structure-borne sound*).



Figura 1: O sonômetro HBK 2255 oferece recursos para facilitar o dia a dia de medições acústicas na construção civil.

O ruído de impacto é aquele gerado pelo contato direto de um corpo com a superfície da edificação, ou seja, a excitação ocorre diretamente na estrutura ou vedação, veja a Figura 2 (a). O desempenho acústico ao ruído de impacto é avaliado por meio do “Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado” ($L'_{nT, w}$), medido apenas no cômodo receptor com excitação conhecida e padronizada.

O desempenho acústico ao ruído aéreo pode ser subdividido conforme a estrutura em avaliação. Para estruturas internas (veja a Figura 2 (b)), utiliza-se a “Diferença padronizada de nível ponderada” ($D_{nT, w}$). Para isso, é gerado ruído sem contato direto com a edificação, ou seja, uma fonte sonora libera energia para o ar no cômodo emissor que se transfere para o cômodo receptor através das vedações internas da edificação. O terceiro caso é a “Diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância da fachada” ($D_{2m, nT, w}$), utilizada para avaliar o desempenho acústico de vedações externas (vide Figura 2 (c)). Em ambos os casos, é necessário medir o nível de pressão sonora no cômodo emissor e no cômodo receptor para a obtenção da diferença de nível. No caso de avaliação de fachadas, o cômodo emissor é a parte externa da edificação.



(a) Ruído de impacto.

(b) Ruído aéreo.

(c) Ruído de fachada.

Figura 2: Tipos de ruídos encontrados em edificações.

Para a obtenção dos três parâmetros de avaliação de desempenho acústico das estruturas (da edificação) supramencionados, é necessário realizar a medição do tempo de reverberação (TR) no cômodo de recepção de modo a padronizar os resultados devido à presença (ou não) de elementos absorvedores no recinto (por exemplo, mobília, cortinas e acabamentos). O desempenho acústico de paredes internas, externas ou lajes é um dado em voga no atual cenário mundial de acústica em edificações, uma vez que a preservação da intimidade e o conforto acústico podem elevar o valor agregado de um imóvel. Esse assunto ganhou destaque no mercado nacional devido à publicação da norma ABNT NBR 15575:2021 [1], que define categorias de desempenho acústico para edificações habitacionais. Assim, o desempenho acústico da habitação pode ser classificado nos critérios “mínimo”, “intermediário” e “superior”, tanto para vedações externas quanto internas e para ruídos aéreos e de impacto.

2. Medindo o nível de pressão sonora

A pressão sonora é uma grandeza acústica escalar que ocorre em um meio físico a partir de uma excitação nesse meio. O nível de pressão sonora (NPS) é a relação logarítmica entre a pressão sonora no ambiente e uma pressão sonora de referência ($20 \mu\text{Pa}$), dado em escala dB. Sua medição é bastante sensível devido à vasta gama de fenômenos capazes de influenciá-lo. Interferências externas podem inviabilizar e descredibilizar uma medição quando há, por exemplo, a ocorrência de ventos fortes, chuva e ruído residual elevado. Inconformidades técnicas também influenciam os resultados de medições de NPS, tais quais a proximidade a superfícies, o uso de microfones incorretos ou até mesmo a proximidade entre operador e sensor.

Medições sob a influência de fortes ventos ou chuva podem descaracterizar completamente o sinal medido e fatores como temperatura e umidade influenciam diretamente na velocidade de propagação

da onda sonora no meio, bem como na absorção sonora. Superfícies próximas podem gerar fenômenos acústicos como reflexão, difração e até mesmo sombras acústicas, a depender da razão entre tamanho da superfície e do comprimento de onda em análise. Para evitar tais acontecimentos, recomenda-se posicionar o microfone a uma distância mínima de um metro (1,0 m) das superfícies mais próximas e a 1,5 m do solo. Nos casos em que se faz necessária a média espacial do NPS, recomenda-se, ainda, um espaçamento mínimo de 0,7 m entre os pontos de medição [2].

Em diversas situações em acústica de edificações é necessária a excitação da sala sob análise por meio de uma fonte sonora. Nesses casos, é obrigatório o uso de uma fonte omnidirecional a fim de excitar a sala de um modo aproximadamente uniforme e que não privilegie uma determinada região do espaço [2]. A fonte omnidirecional B&K Type 4292-L usa um *cluster* de 12 alto-falantes montados na fase pentagonal de um icositetraedro, sendo assim capaz de irradiar som uniformemente com uma distribuição esférica, como pode ser observado na Figura 3. Todos os doze alto-falantes são conectados em uma rede paralela para garantir a operação em fase e uma impedância adequada ao amplificador de potência. Todo o conjunto pesa não mais do que 8 kg e, juntamente com o amplificador HBK Type 2755, é capaz de gerar 122 dB de nível de potência sonora. Essa elevada potência sonora é muito útil para medições em salas grandes e de elevado ruído residual.

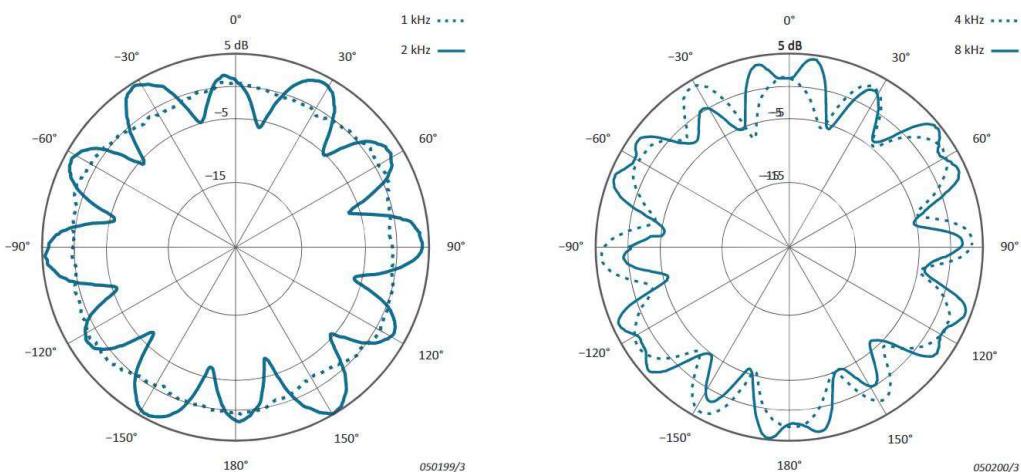


Figura 3: Distribuição polar da energia sonora irradiada pela fonte sonora B&K Type 4292-L

3. Medindo o tempo de reverberação de uma sala

O TR de uma recinto é dado em segundos e representa o tempo necessário para que a densidade de energia sonora no interior de uma sala decaia a um milionésimo (10^{-6}) do seu valor inicial após a interrupção de uma excitação sonora estacionária no ambiente. Esse valor é o equivalente ao decaimento de 60 dB (ref. 20 μ Pa), dando origem ao popular nome deste parâmetro objetivo, T_{60} . Além do T_{60} existem ainda os tempos T_{30} e T_{20} , por exemplo, que são estimativas para o T_{60} a partir da extrapolação do decaimento experimental na faixa dinâmica de 30 dB e 20 dB, respectivamente. Os valores com decaimentos inferiores a 60 dB são utilizados em casos nos quais são encontradas dificuldades para atender à faixa dinâmica desejada [3].

Observe as Figuras 4 (a) e 4 (b) e veja que, devido à diferença entre o nível máximo (aqui adotado como 0 dB) gerado pela fonte e o ruído de fundo (em linha pontilhada em roxo), não é possível medir um decaimento de 60 dB e, por isso, é utilizado um decaimento¹ de apenas 20 dB ou 30 dB. Um ajuste

¹Em suma, o TR denominando T_{20} calculado a partir do t_{20} representa o tempo equivalente necessário para o decaimento de 60 dB estimado a partir do decaimento de 20 dB. A mesma lógica se aplica ao T_{30} .

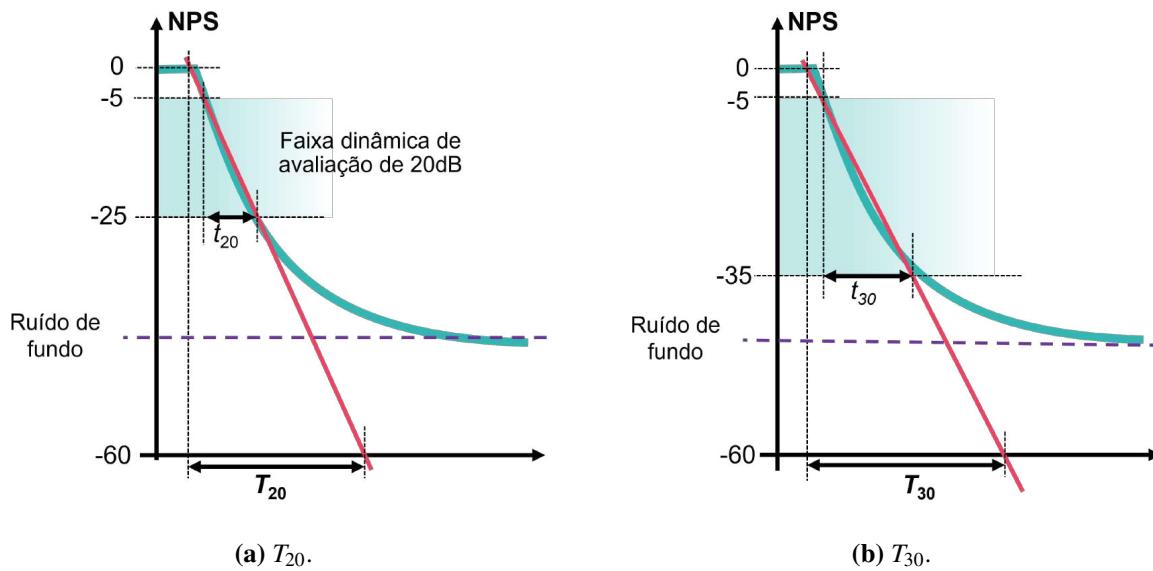


Figura 4: TR obtidos a partir de decaimentos inferiores a 60 dB.

de reta (em vermelho) é empregado para o intervalo entre -5 dB e -25 dB para o T_{20} ou -5 dB e -35 dB para o T_{30} e extrapolado além da curva de decaimento para se obter o TR equivalente para -60 dB.

A obtenção do TR pode ser realizada de diferentes formas, neste encarte abordaremos o método do ruído interrompido e o método do sinal impulsivo. No método do ruído interrompido é necessário excitar a sala por meio de um sinal estacionário (normalmente ruído branco ou rosa) a um nível que atenda à faixa dinâmica de interesse e, em seguida, interromper a fonte sonora abruptamente. Após a interrupção é, então, medido o tempo necessário para o decaimento ao nível desejado, seja ele 20 dB, 30 dB ou 60 dB. O segundo método, por sua vez, utiliza um sinal impulsivo, como um tiro de festim, por exemplo, para excitar a sala. Nesse método, basta gerar o impulso e avaliar se ele alcança a faixa dinâmica de interesse — nota: esse é o que contém a maior incerteza, devido à dificuldade de alcançar repetibilidade e de alcançar faixas dinâmicas adequadas em baixas e altas frequências. O novo sonômetro HBK 2255 possui gatilhos eletrônicos para detectar tanto sinais impulsivos quanto ruídos interrompidos, permitindo que a medição seja iniciada no momento certo e reduzindo a possibilidade de erros de gravação. O HBK 2255 possui também ferramentas de processamentos de dados para calcular o TR imediatamente após o término das medições.

4. Medindo o desempenho acústico de vedações

Em acústica de edificações, especificamente, as instruções para a correta realização das medições são determinadas pelas normas ABNT NBR ISO 16283-1:2021 [2], ABNT NBR ISO 16283-2:2021 [4] e ABNT NBR ISO 16283-3:2018 [5], para ruído aéreo, de impacto e de fachada, respectivamente. Em suma, pode-se dizer que as diretrizes básicas a serem respeitadas para a medição correta dizem respeito aos fatores climáticos (como ventos, chuva, temperatura e umidade) e ao espaçamento entre microfone e superfícies próximas.

4.1 Isolamento a ruído aéreo

Para aferir o desempenho acústico de vedações internas para fontes de ruído aéreo é necessário medir a diferença padronizada de nível (D_{nT}), obtida a partir da diferença de NPS medidos nos cômodos separados pela vedação. Para isso, primeiramente uma fonte sonora é utilizada para excitar a sala

emissora, na qual mede-se um valor de NPS (L_1). Em seguida, a fonte é ligada novamente na sala emissora, porém o NPS (L_2) é, agora, avaliado na sala receptora. A diferença padronizada de nível que caracteriza o desempenho acústico da vedação pode ser obtida utilizando a relação

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right), \quad (1)$$

na qual T é o tempo de reverberação na sala receptora e T_0 é o tempo de reverberação de referência de 0,5 s [2].

Ao se medir ruído aéreo, alguns cuidados devem ser tomados, como o correto posicionamento dos microfones nos diversos pontos de medição, respeitando uma distância mínima de 1,0 m das superfícies próximas, 0,7 m entre as posições de microfones e 1,5 m do piso. O uso de uma fonte com resposta considerada plana ao longo da faixa de frequências de interesse e omnidirecional também é importante para esse tipo de medição. A fonte omnidirecional HBK Type 4292-L atende os requisitos mencionados pelas normas ABNT NBR ISO 16283-1:2018 [2] e ABNT NBR ISO 3382-1:2017 [3], sendo projetada para ser leve e robusta. Mais detalhes podem ser vistos na sua [folha de dados](#). O sistema se completa com o novo amplificador HBK Type 2755. Finalmente, o kit de excitação com fonte, amplificador e tripé pesa menos de 15 kg — veja a demonstração na Figura 5.



Figura 5: Exemplo de medição, o sonômetro HBK 2255 e amplificador HBK 2755 podem ser operados (sem fio) via *smartphone*.

4.2 Isolamento de fachada a ruído aéreo

Para avaliar o desempenho acústico de vedações externas é analisado o isolamento de fachada a ruído aéreo que, assim como para vedações internas, é baseado em uma diferença de nível de pressão sonora. O nível de pressão sonora externo ($L_{1,2m}$) é medido a uma distância de 2 m da fachada e a fonte deve

ser posicionada conforme elaborado na norma ABNT NBR ISO 16283-3:2021 [5]. O NPS L_2 é medido no interior da edificação a uma distância mínima de 1 m das vedações. Pode-se então utilizar a relação

$$D_{2m, nT} = (L_{1, 2m} - L_2) + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right), \quad (2)$$

para se obter o isolamento de fachada a ruído aéreo [5].

O isolamento de fachada sujeito ao ruído aéreo deve ser medido com as aberturas (como portas e janelas) do cômodo em análise fechadas a fim de evitar a incidência de ruídos oriundos de outros cômodos. Tal requisito, em diversos casos, dificulta o processo de medição devido à necessidade de interconectar com o uso de cabos os diversos equipamentos utilizados, de modo a formar a cadeia de medição apropriada. Por esse motivo, os novos produtos da HBK, Type 2255 e Type 2755 — veja o kit na Figura 6 —, possuem conexão sem fio via Wi-Fi para interligar e controlar remotamente os equipamentos. O gerador de sinais com sinais pré-carregados presentes no amplificador permite que sejam utilizados apenas dois cabos em toda a cadeia: o de energia para o amplificador e o de conexão entre amplificador e fonte sonora. Integrada ao *Building Acoustics Partner*, toda a medição pode ser controlada via *smartphone*, e a análise primária dos resultados pode ser realizada imediatamente após as medições, seja pelo indicador de qualidade de medição presente no HBK 2255, ou pelos resultados iniciais apresentados no aplicativo móvel.



Figura 6: Fonte omnidirecional B&K Type 4292-L, sonômetro HBK 2255 e amplificador HBK 2755 — estes dois últimos podem ser controlados via Wi-Fi (sem cabos).

4.3 Isolamento a ruído de impacto

Em casos em que se faz necessária a avaliação do isolamento ao ruído de impacto, é utilizada uma fonte de impactos padronizados (*tapping machine*), que deve atender a um padrão de força, frequência e distribuição espacial, como a B&K Type 3207 atende. A fonte é posicionada na sala emissora e o ruído de impacto é medido apenas na sala receptora, devido ao fato da transmissão do ruído de impacto

ser majoritariamente estrutural, o que torna a propagação acústica através do ar na sala de emissão negligenciável. Uma vez que a fonte gera impactos padronizados, pode-se avaliar apenas o NPS na sala receptora e tomá-lo como dado de comparação, pois a única alteração na cadeia de medição seria a laje sob teste e análise.

De acordo com a ABNT NBR 15575-1:2021 [1], as lajes em geral devem atender a um $L'_{nT,w}$ de 80 dB para o desempenho mínimo requisitado no Brasil para sistemas de piso separando unidades habitacionais. Isso significa que com a máquina de impactos ligada, o $L'_{nT,w}$ máximo medido no pavimento receptor deve ser inferior a 80 dB. Cabe ressaltar que esse dado não trata apenas do NPS medido no pavimento inferior, mas que sofre influência direta do tempo de reverberação do cômodo inferior, como apresentado na equação

$$L_{nT,w} = L_2 + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right). \quad (3)$$

Esse tipo de ensaio é amplamente utilizado para a análise do desempenho acústico de lajes dos mais diversos tipos. Por se tratar de um tipo de medição realizada entre diferentes andares de um edifício, o acionamento da fonte e do gravador pode se tornar trabalhoso, o que também ocorre com o processamento dos dados coletados. Visando facilitar o dia a dia de medições, a HBK desenvolveu o *Building Acoustics Partner*, um *software* que permite o controle remoto do sonômetro tanto via Bluetooth quanto via Wi-Fi. Além de permitir o controle remoto do sonômetro, o *software* realiza o pós-processamento dos dados colhidos, permitindo analisar os resultados e gerar relatórios de desempenho de diferentes vedações e de TR de acordo com as normas vigentes.

5. Conhecendo o sonômetro HBK 2255 com Building Acoustics Partner

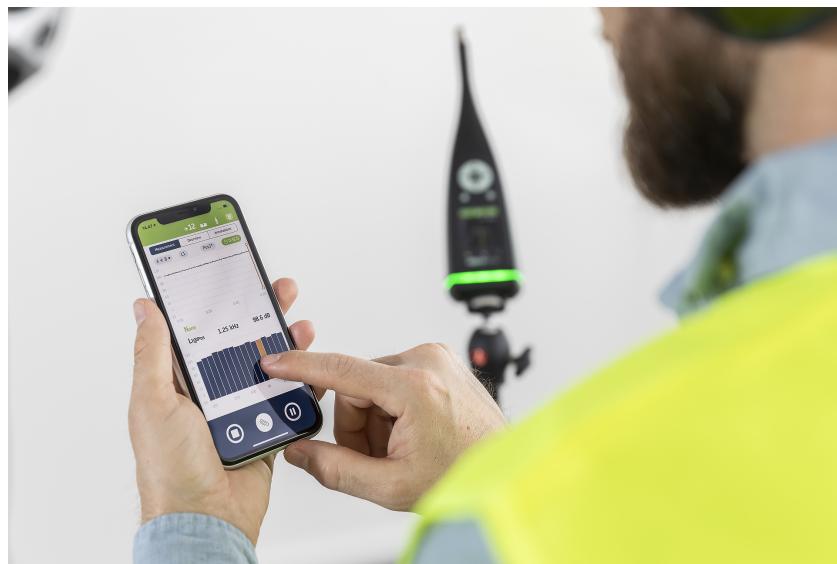
O sonômetro HBK 2255 foi desenvolvido com foco em medições de acústica de edificações. Com tecnologia avançada, de canal único, o HBK 2255 e seus acessórios foram projetados para serem leves, robustos e adequados para resistir a água, poeira e detritos presentes no cotidiano de um canteiro de obras, alcançando a certificação IP 54 (IEC 60529:1989/AMD2:2013/COR1:2019 [6]). Esse sonômetro possui uma faixa dinâmica de medição de 15,8 dB(A) a 140,9 dB(A) que permite medir os mais diversos sinais, sem a necessidade do conhecimento prévio de suas características. Além disso, atende as especificações da família de normas internacionais vigentes para sonômetros de Classe 1 (IEC 61672:2013 [7]) e para filtros de oitava e terço de oitava (IEC 61620:2014 [8]).

Para maior comodidade, o sonômetro HBK 2255 conta com conexões sem fio via Wi-Fi e Bluetooth que permitem o controle remoto das medições e facilitam a transferência de dados, observe a Figura 7. O sonômetro possui 16 GB de armazenamento interno, que permitem medições de longa duração (e gravação de arquivos de áudio), com uma bateria que dura até 13 h com o Wi-Fi ligado. Informações adicionais podem ser encontradas na [folha de dados](#) do produto.

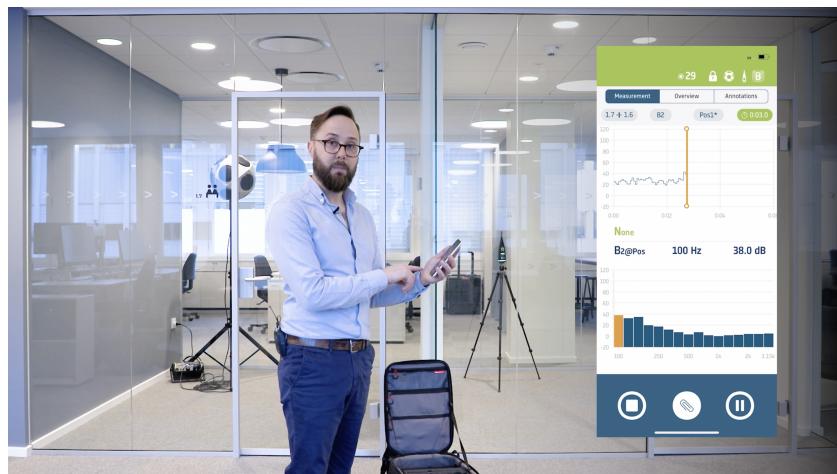
Além disso, ao utilizar o sonômetro HBK 2255 juntamente com o amplificador HBK 2755, toda a medição pode ser controlada remotamente da palma da mão com o uso de um *smartphone*. Isso é possível graças ao ajuste de ganho via conexão Wi-Fi e pelo gerador de sinais otimizado para fontes HBK, ambos presentes nos amplificadores HBK 2755. O amplificador HBK 2755 é leve (2,2 kg), conta com uma porta USB que pode ser conectada diretamente ao computador e uma porta BNC que permite a conexão direta com microfones. Para mais informações acesse a [folha de dados](#) do HBK 2755.

Com a licença *Building Acoustics Partner* ativada, o HBK 2255 está equipado para realizar uma gama completa de medições, abrangendo desde o isolamento acústico em bandas de $1/1$ ou $1/3$ de oitava até a análise do tempo de reverberação utilizando sinais de ruído interrompidos ou impulsivos. O processo

de medição pode ser controlado remotamente ao ser conectado ao aplicativo móvel *Building Acoustics Partner*, e oferece suporte total ao fluxo de trabalho. Ao informar os passos a serem seguidos para cada tipo de medição e realizando avaliações imediatamente após o término da medição realizada, o aplicativo reduz as chances de precisar retornar à obra para refazer ensaios.



(a) Acesso remoto.



(b) Informações de análise.

Figura 7: Ilustrações de uso do HBK 2255 via smartphone.

O aplicativo para computador auxilia na análise das medições realizadas, gerando um relatório rápido para fácil averiguação dos dados colhidos. No aplicativo, o usuário pode definir parâmetros objetivos que melhor se adaptam a sua necessidade, como TR ou dados de desempenho acústico ($D_{nT, w}$, por exemplo), para serem apresentados no relatório, que é gerado automaticamente. Para entender o processo de medição completo, desde a configuração até o relatório, acesse os vídeos de demonstração na [página do produto](#).

Extra: O HBK 2255 também é uma solução completa para medições de ruído ambiental. Ao utilizá-lo junto ao software *Enviro Noise Partner* da HBK, os dados são facilmente organizados, avaliados e processados, fornecendo assistência do início ao fim do processo de medição. O HBK 2255 disponibiliza análises em bandas de frequência de oitava (1/1 e 1/3) e estreita, registros temporais e gravação do áudio

da medição [9]. Assim, as ferramentas HBK fornecem a solução completa para a análise acústica de empreendimentos imobiliários, desde a classe de ruído local até o desempenho das vedações.

6. Considerações finais

Em conclusão, este documento apresentou metodologias detalhadas e especificações técnicas para a medição de vários parâmetros acústicos em ambientes construídos. A importância de aderir a padrões internacionais e usar equipamentos de precisão como o sonômetro HBK 2255 e seus acessórios foi enfatizada. A integração dessas ferramentas com soluções de *software* avançadas, como o Building Acoustics Partner, demonstra a evolução da medição acústica, facilitando processos eficientes, precisos e amigáveis ao usuário.

Com a evolução do campo da acústica de edificações, a necessidade de medições exatas e confiáveis torna-se cada vez mais crítica. As tecnologias e metodologias discutidas aqui fornecem a base para tais avaliações, fornecendo informações para que o desempenho acústico dos edifícios possa atender aos padrões necessários e contribua positivamente para o conforto e bem-estar humano.

Espera-se que as informações fornecidas neste encarte sirvam como um recurso valioso para profissionais da área, auxiliando na busca por ambientes acústicos melhores. À medida que avançamos, são esperados progressos contínuos em tecnologia e metodologia, prometendo ainda maior precisão, exatidão e facilidade no importante trabalho de medição e análise acústica.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à professora da USP Ranny Michalski e ao engenheiro acústico Felipe Ramos de Mello pelas contribuições para com este texto.

Referências

1. ABNT. ABNT NBR 15575-1:2021 – Edificações habitacionais – Desempenho. [S.I.], 2021. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?Q=Q0tGNjIxTmUxcUw2alprZFNhUVZwbU1BRTUwOC9BSEU2NVZLNmY1ekkyND0#>.
2. NBR ISO 16283-1:2018 Acústica - Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações - Parte 1: Isolamento a ruído aéreo. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=T0FhR2ZYYzBaVlpQNprT3BVWkZWZVc1N1ViNTFVUXJZRWc1eGF5YmMwQT0#>#hide1.
3. NBR ISO 3382-1:2017 Acústica - Medição de parâmetros de acústica de salas. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=MZhpcU9STGh0ajdxZHJIZkFJNGVd1V4Z0FMYitrWnlIR25jTitmTGRnTT0#>#hide1.
4. NBR ISO 16283-2:2021 Acústica - Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=b3RTaGdOZ1gvelFiViMxNU55c0o4Y0Fock1QSsnRXbVhPZ3RjUIE1OXd0WT0#>#hide1.
5. NBR ISO 16283-3:2021 Acústica - Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações. São Paulo, 2021. Disponível em: [abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=RERrNEZiWHBwYW1iNjf2NGjiZnlUQW1ZVkiEVXJRV0lxS3JRS3dDdUw4RT0#](https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=RERrNEZiWHBwYW1iNjf2NGjiZnlUQW1ZVkiEVXJRV0lxS3JRS3dDdUw4RT0#)#hide1.
6. IEC Central Secretary. IEC 60529:1989/AMD2:2013/COR1:2019 – Corrigendum 1 - Amendment 2 – Degrees of protection provided by enclosures (IP Code). Genebra, Suíça, 2019. Edition 2.0. Disponível em: <https://webstore.iec.ch/publication/64427>.
7. IEC Central Secretary. IEC 61672-1:2013 - Electroacoustics – Sound level meters –Part 1: Specifications. Genebra, Suíça, 2013. Edition 2.0. Disponível em: <https://webstore.iec.ch/publication/5708>.
8. IEC Central Secretary. IEC 61260-1:2014 - Electroacoustics - Octave-band and fractional-octave-band filters - Part 1: Specifications. Genebra, Suíça, 2014. Edition 1.0. Disponível em: <https://webstore.iec.ch/publication/5063>.
9. DIAZ, Fernando; OLIVEIRA, Denison. Novo sonômetro Brüel & Kjær Modelo 2245: O novo sonômetro da Brüel & Kjær tem inovações para todos os tipos de usuários, de consultores a pesquisadores. [S.I.], 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.55753%2Faev.v35e52.41>.

(Esta página foi deixada intencionalmente em branco.)

Elvis Gouveia 
Fernando Diaz  &
Sadi Datsch 

HBK – Hottinger
Brüel & Kjær

Rua Luís Correia de Melo,
92 – 25º Andar
São Paulo, SP, Brazil

{elvis.gouveia,
fernando.diaz,
sadi.datsch}
@hbkworld.com

William D'Andrea
Fonseca 

Federal University of
Santa Maria

Av. Roraima nº 1000,
Cidade Universitária,
Santa Maria, RS, Brazil

{will.fonseca}
@eac.ufsm.br

HBK 2255 with Building Acoustics Partner

The HBK 2255 sound level meter allows you to take all measurements with a Wi-Fi remote control

Abstract: The day-to-day acoustic performance measurements according to the standard ABNT NBR 15575:2021 require light and robust equipment with integrated solutions that facilitate service and reduce the possibility of errors. Considering such needs, HBK has developed a product line focused on the daily life of construction sites. The HBK 2255 sound level meter integrated into the *Building Acoustics Partner* assists decision-making during measurement with predefined steps for measuring and real-time data visualization. The HBK 2255 can be controlled remotely via Wi-Fi or Bluetooth, eliminating the need for cables. Using the HBK 2755 amplifier, the entire measurement can be controlled remotely via the App. Data from field measurements can be transferred to the office via cloud storage. Together with the *Building Acoustics Partner*, it enables quick reporting, accelerating work and increasing productivity from start to finish.

HBK 2255 com Building Acoustics Partner

Resumo: O dia a dia de medições de desempenho acústico segundo a ABNT NBR 15575:2021 exige equipamentos leves, robustos e com soluções integradas que facilitem o serviço e reduzam as possibilidades de ocorrência de erros. Considerando tais necessidades, a HBK desenvolveu uma linha de produtos com foco no dia a dia dos canteiros de obras. O sonômetro HBK 2255 integrado ao Building Acoustics Partner auxilia na tomada de decisão durante as medições com passos pré-definidos para a medição e visualização dos dados em tempo real. O HBK 2255 pode ser controlado remotamente via Wi-Fi ou Bluetooth, eliminando a necessidade de cabos, e, utilizando o amplificador HBK 2755, toda a medição pode ser controlada remotamente via aplicativo. Os dados das medições de campo podem ser transferidos ao escritório via armazenamento na nuvem, o que, juntamente com o Building Acoustics Partner, permite a geração de relatórios rápidos, agilizando o trabalho e aumentando a produtividade do início ao fim.

1. Introduction to room and building acoustics

Building acoustics concerns the transmission of noise between different rooms, focusing primarily on the acoustic performance of partitions and their sound insulation levels, Figure 1. The transmission of noise present in a dwelling can be divided into two main paths: airborne and structure-borne sound.



Figure 1: The HBK 2255 sound level meter offers features to facilitate the daily routine of acoustic measurements in civil construction.

HBK
HOTTINGER BRÜEL & KJÆR



B
Brüel & Kjær

Impact noise is generated by the direct contact of an object upon a building's surface, which means that excitation occurs directly on the structure or partition, see Figure 2 (a). A building's acoustic performance to impact noise is assessed through its “weighted standardized impact sound pressure level” ($L'_{nT, w}$), measured only in the receiving room with known and standardized excitation.

Acoustic performance to airborne noise can be subdivided according to the structure under assessment. For internal structures (refer to Figure 2 (b)), the “weighted standardized level difference” ($D_{nT, w}$) is used. For this, noise is generated without any direct contact with the building, meaning that a sound source releases energy into the air in the emitting room. That energy then transfers to the receiving room through the building's internal partitions. The third case is the “weighted standardized level difference at 2 meters (from the façade)” ($D_{2m, nT, w}$), used to assess the acoustic performance of external partitions (see Figure 2 (c)). In both impact and airborne cases, it is necessary to measure the sound pressure level in the emitting room and the receiving room to obtain the level differences. For façade assessments, the emitting room is the exterior part of the building.

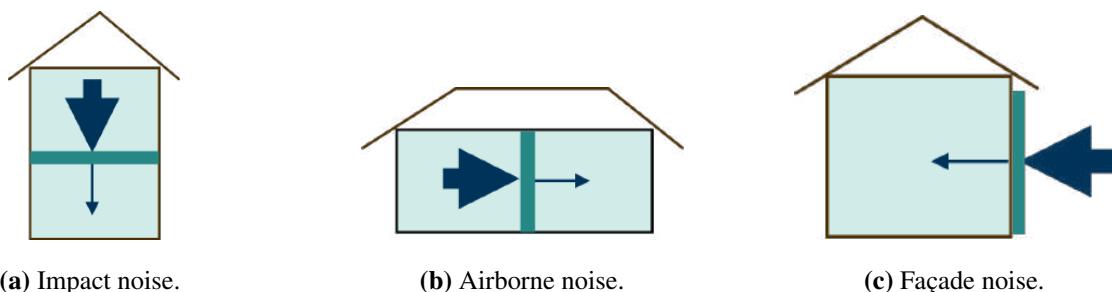


Figure 2: Types of noises found in buildings.

To obtain the three aforementioned parameters in order to assess the acoustic performance of building structures, it is necessary to measure the Reverberation Time (RT) in the reception room in order to standardize the results due to the presence (or absence) of absorbing elements in the space (for example, furniture, curtains, and finishes). The acoustic performance of internal walls, external walls, or slabs is a topic of current interest in the global scenario of building acoustics, as the preservation of privacy and acoustic comfort can increase the added value of a property. This subject has gained prominence in the Brazilian national market due to the publication of the standard ABNT NBR 15575:2021 [1], which defines categories of acoustic performance for residential buildings. Thus, the acoustic performance of a dwelling can be classified according to the criteria of “minimum”, “intermediate”, and “superior”, for both external and internal partitions and for airborne and impact noises.

2. Measuring Sound Pressure Level

Sound pressure is a scalar acoustic quantity that occurs in a physical medium from an excitation in that medium. The *Sound Pressure Level* (SPL) is the logarithmic relationship between the sound pressure in the environment and a reference sound pressure (20 µPa), given on a dB scale. Its measurement is quite sensitive because of the wide range of phenomena that can influence it. External interferences can invalidate and discredit a measurement when there is the occurrence of strong winds, rain, and/or high residual noise, for example. Technical non-conformities also influence the results of SPL measurements, such as proximity to surfaces, the use of incorrect microphones, or even proximity between the operator and the sensor.

Measurements under the influence of strong winds or rain can completely mischaracterize the measured signal, and factors such as temperature and humidity directly influence the speed of sound wave

propagation in the medium, as well as sound absorption. Nearby surfaces can generate acoustic phenomena such as reflection, diffraction, and even acoustic shadows, depending on the ratio between the size of the surface and the wavelength being analyzed. To avoid such occurrences, it is recommended to position the microphone at a minimum distance of one meter (1.0 m) from the nearest surfaces and 1.5 m from the ground. In cases where it is necessary to spatially average the SPL, a minimum spacing of 0.7 m between measurement points is also recommended [2].

In various situations in building acoustics, it is necessary to excite the room under analysis using a sound source. In these cases, the use of an omnidirectional source is mandatory to excite the room in an approximately uniform manner and not favor any particular region of space [2]. The omnidirectional B&K Type 4292-L source uses a cluster of 12 loudspeakers mounted on the pentagonal face of an icosidodecahedron, thus capable of evenly radiating sound with a spherical distribution, as can be seen in Figure 3. All twelve loudspeakers are connected in a parallel network to ensure in-phase operation and an impedance suitable for the power amplifier. The entire set weighs no more than 8 kg and, together with the HBK Type 2755 amplifier, is capable of generating 122 dB of sound power level. This high sound power is very useful for measurements in large rooms and with high residual noise.

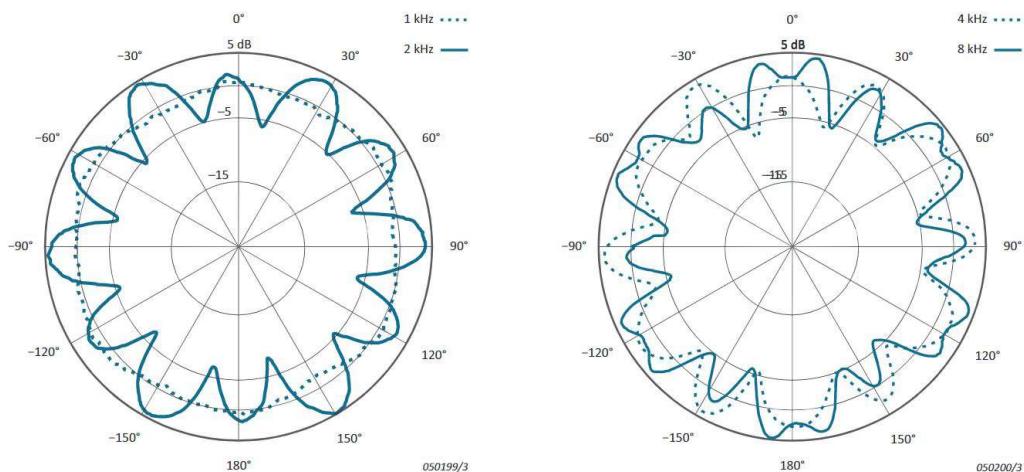


Figure 3: Polar distribution of sound energy radiated by the B&K Type 4292-L sound source

3. Measuring the Reverberation Time of a room

The Reverberation Time (RT) of a room is given in seconds and represents the time required for the sound energy density inside a room to decay to one millionth (10^{-6}) of its initial value after the cessation of a stationary sound excitation in the environment. This value is equivalent to a 60 dB decay (20 μ Pa), giving rise to the popular name of this objective parameter, (T_{60}). In addition to (T_{60}), there are also times (T_{30}) and (T_{20}), for example, which are estimates for (T_{60}) from the extrapolation of experimental decay in the dynamic range of 30 dB and 20 dB, respectively. Values with decays less than 60 dB are used in cases where there are difficulties in meeting the desired dynamic range [3].

Observe Figures 4 (a) and 4 (b) and note that, due to the difference between the maximum level (here adopted as 0 dB) generated by the source and the background noise (in dashed purple line), it is not possible to measure a 60 dB decay, and therefore, only a decay¹ of 20 dB or 30 dB is used. A linear fit (in red) is employed for the interval between -5 dB and -25 dB for T_{20} or -5 dB and -35 dB for T_{30} and extrapolated beyond the decay curve to obtain the equivalent RT for -60 dB.

¹In summary, the RT denoted T_{20} calculated from t_{20} represents the equivalent time required for a 60 dB decay estimated from a 20 dB decay. The same logic applies to T_{30} .

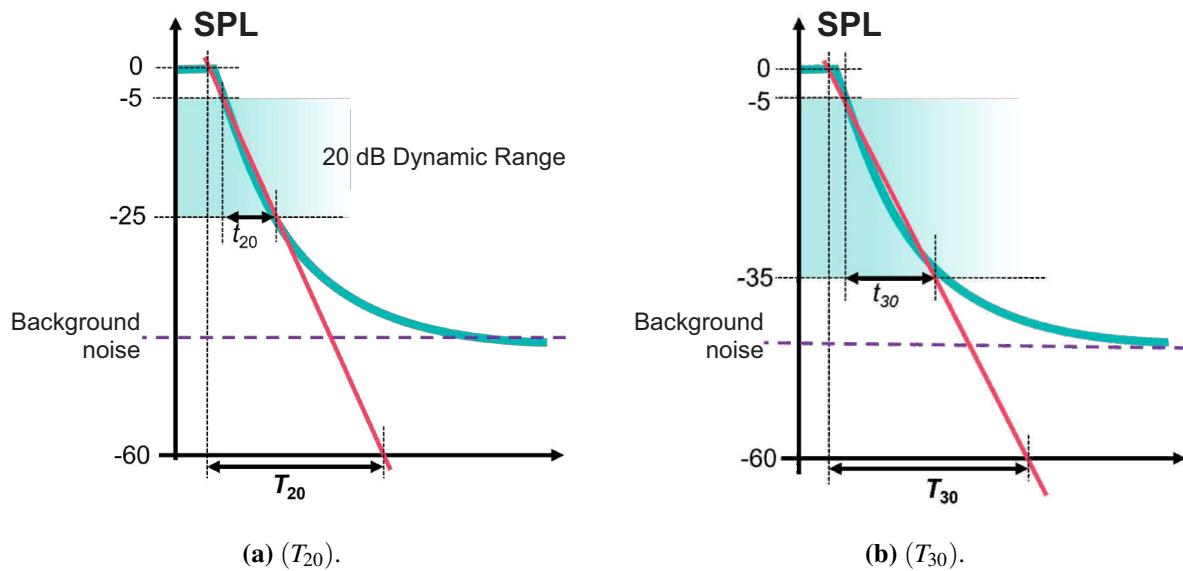


Figure 4: RT obtained from decays less than 60 dB.

Obtaining RT can be carried out in different ways; in this insert, we will address the interrupted noise method and the impulsive signal method. In the interrupted noise method, it is necessary to excite the room with a stationary signal (usually white or pink noise) at a level that meets the dynamic range of interest and then abruptly interrupt the sound source. After the interruption, the time required for the decay to the desired level is measured, whether it be 20 dB, 30 dB, or 60 dB. The second method, uses an impulsive signal, such as a starter's pistol shot, for example, to excite the room. In this method, it is sufficient to generate the impulse and assess whether it reaches the dynamic range of interest — note: this is the one with the greatest uncertainty, due to the difficulty of achieving repeatability and adequate dynamic ranges at low and high frequencies. The new HBK 2255 sound level meter has electronic triggers to detect both impulsive signals and interrupted noise, allowing the measurement to start at the right time and reducing the possibility of recording errors. The HBK 2255 also has data processing tools to calculate RT immediately after the measurements are completed.

4. Measuring the acoustic performance of partitions

In building acoustics, specifically, the instructions for the correct performance of measurements are determined by the standards ABNT NBR ISO 16283-1:2021 [2], ABNT NBR ISO 16283-2:2021 [4], and ABNT NBR ISO 16283-3:2018 [5], for airborne, impact, and façade noise, respectively. In summary, it can be said that the basic guidelines to be respected for correct measurement are related to climatic factors (such as wind, rain, temperature, and humidity) and the spacing between the microphone and nearby surfaces.

4.1 Airborne noise isolation

To evaluate the acoustic performance of internal partitions against airborne noise sources, it is necessary to measure the standardized level difference D_{nT} , obtained from the difference in SPLs measured in the rooms separated by the partition. For this, a sound source is first used to excite the emitting room, where an SPL (L_1) is measured. Then, the source is turned on again in the emitting room, but the SPL (L_2) is now assessed in the receiving room. The standardized level difference that characterizes the

acoustic performance of the partition can be obtained using the relationship

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right), \quad (1)$$

where T is the reverberation time in the receiving room and T_0 is the reference reverberation time of 0.5 s [2].

When measuring airborne noise, certain precautions must be taken, such as the correct positioning of the microphones at the various measurement points, respecting a minimum distance of 1.0 m from nearby surfaces, 0.7 m between microphone positions, and 1.5 m from the floor. The use of a source with a response considered flat across the frequency range of interest and omnidirectional is also important for this type of measurement. The omnidirectional HBK Type 4292-L source meets the requirements mentioned by the standards ABNT NBR ISO 16283-1:2018 [2] and ABNT NBR ISO 3382-1:2017 [3] and was designed to be lightweight and robust. More details can be seen in its [data sheet](#). The system is complete with the new HBK Type 2755 amplifier. Finally, the excitation kit with source, amplifier, and tripod weighs less than 15 kg — see the demonstration in Figure 5.



Figure 5: Example of measurement, the HBK 2255 sound level meter and HBK 2755 amplifier can be operated (wirelessly) via *smartphone*.

4.2 Airborne Noise Isolation for Façades

To assess the acoustic performance of external partitions, the airborne noise isolation of the façade is analyzed, which, as with internal partitions, is based on a difference in sound pressure level. The external sound pressure level ($L_{1,2m}$) is measured at a distance of 2 m from the façade, and the source should be placed as elaborated in the standard ABNT NBR ISO 16283-3:2021 [5]. The SPL (L_2) is measured inside the building at a minimum distance of 1 m from the partitions. One can then use the

relationship

$$D_{2m, nT} = (L_{1, 2m} - L_2) + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right), \quad (2)$$

to obtain the airborne noise isolation of the façade [5].

The façade isolation subject to airborne noise should be measured with the openings (such as doors and windows) of the room under analysis closed to prevent the incidence of noises from other rooms. This requirement, in many cases, complicates the measurement process due to the need to interconnect the various equipment used with cables to form the appropriate measurement chain. For this reason, the new HBK products, Type 2255 and Type 2755 — see the kit in Figure 6 —, have a wireless connection via Wi-Fi to interconnect and remotely control the equipment. The signal generator with preloaded signals in the amplifier allows only two cables to be used throughout the chain: the power cable for the amplifier and the connection cable between the amplifier and the sound source. Integrated with the Building Acoustics Partner, the entire measurement can be controlled via smartphone, and the primary analysis of the results can be performed immediately after the measurements, either by the measurement quality indicator present in the HBK 2255 or by the initial results presented in the mobile app.



Figure 6: Omnidirectional B&K Type 4292-L source, HBK 2255 sound level meter, and HBK 2755 amplifier — the latter two can be controlled via Wi-Fi (wirelessly).

4.3 Impact noise isolation

In cases where it is necessary to evaluate the isolation from impact noise, a standardized impact source (*tapping machine*) is used, which must meet a standard of force, frequency, and spatial distribution, as the B&K Type 3207 does. The source is placed in the emitting room, and the impact noise is measured only in the receiving room, due to the fact that the transmission of impact noise is mostly structural, which makes the acoustic propagation through the air in the emitting room negligible. Since the source

generates standardized impacts, only the SPL in the receiving room can be evaluated and taken as comparative data, since the only change in the measurement chain would be the slab under test and analysis.

According to ABNT NBR 15575-1:2021 [1], slabs in general must meet an $L'_{nT,w}$ of 80 dB for the minimum performance required in Brazil for floor systems separating housing units. This means that with the impact machine on, the maximum $L'_{nT,w}$ measured on the receiving floor must be less than 80 dB. It should be noted that this data does not only deal with the SPL measured on the lower floor, but it is directly influenced by the reverberation time of the lower room, as presented in the equation

$$L_{nT,w} = L_2 + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right). \quad (3)$$

This type of test is widely used to analyze the acoustic performance of slabs of various types. As it is a type of measurement carried out between different floors of a building, activating the source and the recorder can become laborious, as can processing the collected data. To facilitate the daily routine of measurements, HBK developed the Building Acoustics Partner, a software that allows remote control of the sound level meter both via Bluetooth and Wi-Fi. In addition to allowing remote control of the sound level meter, the software performs post-processing of the collected data, allowing for the analysis of results and the generation of performance reports for different partitions and RT. according to current standards.

5. Getting to know the HBK 2255 Sound Level Meter with Building Acoustics Partner

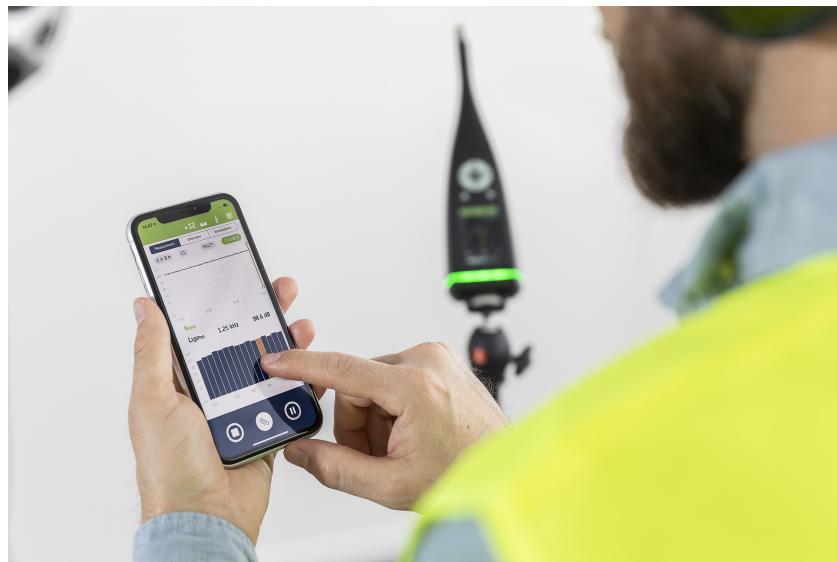
The HBK 2255 sound level meter was developed with a focus on building acoustics measurements. With advanced single-channel technology, the HBK 2255 and its accessories were designed to be lightweight, robust, and suitable to withstand water, dust, and debris commonly found at a construction site, achieving IP 54 certification (IEC 60529:1989/AMD2:2013/COR1:2019 [6]). This sound level meter has a dynamic measurement range of 15.8 dB(A) to 140.9 dB(A), allowing it to measure a wide variety of signals without prior knowledge of their characteristics. Moreover, it meets the specifications of the current international family of standards for Class 1 sound level meters (IEC 61672:2013 [7]) and for octave and third-octave filters (IEC 61620:2014 [8]).

For greater convenience, the HBK 2255 sound level meter features wireless connections via Wi-Fi and Bluetooth, which allow for remote control of measurements and facilitate data transfer, observe Figure 7. The sound level meter has 16 GB of internal storage, which allows for long-duration measurements (and audio file recording), with a battery that lasts up to 13 hours with Wi-Fi turned on. Additional information can be found on the product's [data sheet](#).

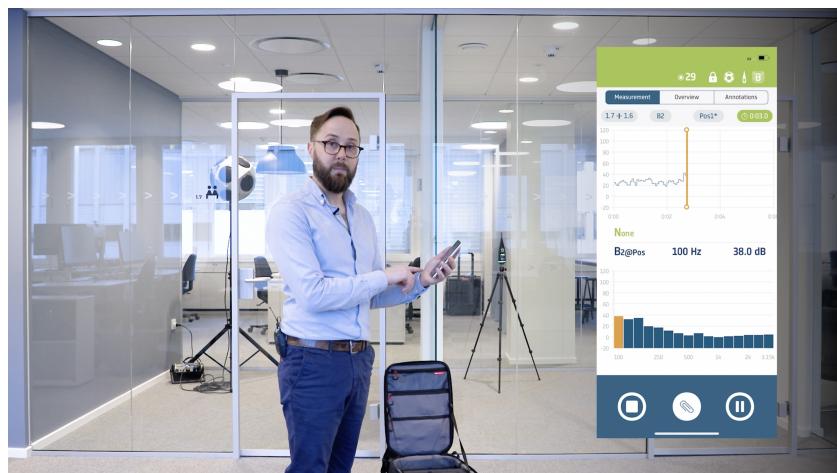
Furthermore, when using the HBK 2255 sound level meter together with the HBK 2755 amplifier, the entire measurement can be remotely controlled from the palm of your hand using a smartphone. This is possible thanks to the gain adjustment via Wi-Fi connection and the optimized signal generator for HBK sources, both present in the HBK 2755 amplifiers. The HBK 2755 amplifier is lightweight (2.2 kg), has a USB port that can be directly connected to a computer, and a BNC port that allows direct connection to microphones. For more information, visit the [data sheet](#) of HBK 2755.

With the Building Acoustics Partner license activated, the HBK 2255 is equipped to perform a full range of measurements, ranging from acoustic isolation in $\frac{1}{1}$ or $\frac{1}{3}$ octave bands to the analysis of reverberation time using interrupted noise or impulsive signals. The measurement process can be remotely controlled when connected to the Building Acoustics Partner mobile app, providing full workflow support. By informing the steps to be followed for each type of measurement and performing

assessments immediately after the measurement is completed, the app reduces the chances of having to return to the construction site to redo the tests.



(a) Remote access.



(b) Data analysis.

Figure 7: Illustrations of using the HBK 2255 via *smartphone*.

The computer application helps in analyzing the measurements taken, generating a quick report for easy verification of the collected data. In the application, the user can define objective parameters that best suit their needs, such as RT or acoustic performance data ($D_{nT,w}$, for example), to be presented in the report, which is automatically generated. To understand the complete measurement process, from setup to report, access the demonstration videos on the [product page](#).

Extra: The HBK 2255 is also a complete solution for environmental noise measurements. When used in conjunction with HBK's Enviro Noise Partner software, data are easily organized, evaluated, and processed, providing assistance from the beginning to the end of the measurement process. The HBK 2255 provides analyses in octave (1/1 and 1/3) and narrow frequency bands, temporal logs, and recording of the measurement's audio [9]. Thus, HBK tools provide a complete solution for the acoustic analysis of real estate developments, from the local noise class to the performance of partitions.

6. Final remarks

In conclusion, this document has presented detailed methodologies and technical specifications for the measurement of various acoustic parameters in building environments. The importance of adhering to international standards and using precision equipment like the HBK 2255 sound level meter and its accessories has been emphasized. The integration of these tools with advanced software solutions, such as the Building Acoustics Partner, demonstrates the evolution of acoustic measurement, facilitating efficient, accurate, and user-friendly processes.

As the field of building acoustics continues to evolve, the need for accurate and reliable measurements becomes ever more critical. The technologies and methodologies discussed here provide the basis for such assessments, providing information so that the acoustic performance of buildings can meet the necessary standards and contribute positively to human comfort and well-being.

It is hoped that the information provided will serve as a valuable resource for professionals in the field, aiding in the pursuit of better acoustic environments. As we move forward, continuous advancements in technology and methodology are anticipated, which promise even greater precision, accuracy, and ease in the important work of acoustic measurement and analysis.

Acknowledgments

The authors would like to thank Professor Ranny Michalski from USP University and Acoustical Engineer Felipe Ramos de Mello for their contributions to this text.

References

1. ABNT. ABNT NBR 15575-1:2021 – *Edificações habitacionais – Desempenho*. [N.p.], 2021. Available on <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?Q=Q0tGNjIxTmUxcUw2alprZFNhUVZwbU1BRTUwOC9BSEU2NVZLNmY1ekkyND0=>.
2. NBR ISO 16283-1:2018 Acústica - Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações - Parte 1: Isolamento a ruído aéreo. São Paulo, 2018. Available on <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=T0FhR2ZYYzBaVlpQNnprT3BVWkZWZVc1N1VINTFUXJZRWc1eGF5YmMwQT0=#hide1>.
3. NBR ISO 3382-1:2017 Acústica - Medição de parâmetros de acústica de salas. São Paulo, 2017. Available on <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=MXhpcU9STGh0ajdxZHjZkFJNGVVd1V4Z0FMYitrWnlIR25jTitmTGRnTT0=#hide1>.
4. NBR ISO 16283-2:2021 Acústica - Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações. São Paulo, 2021. Available on <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=b3RTaGdOZ1gvelFiViMxNU55c04Y0Fock1QSsnRXbVhPZ3RjUIE1OXd0WT0=#hide1>.
5. NBR ISO 16283-3:2021 Acústica - Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações. São Paulo, 2021. Available on <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=RERrNEZiWHBwYWlIiNjF2NGJiZnIuQW1ZVkjEVXJRv0lxS3JRS3dDdUw4RT0=#hide1>.
6. IEC Central Secretary. IEC 60529:1989/AMD2:2013/COR1:2019 – *Corrigendum 1 - Amendment 2 – Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*. Genebra, Suíça, 2019. Edition 2.0. Available on <https://webstore.iec.ch/publication/64427>.
7. IEC Central Secretary. IEC 61672-1:2013 - *Electroacoustics – Sound level meters –Part 1: Specifications*. Genebra, Suíça, 2013. Edition 2.0. Available on <https://webstore.iec.ch/publication/5708>.
8. IEC Central Secretary. IEC 61260-1:2014 - *Electroacoustics - Octave-band and fractional-octave-band filters - Part 1: Specifications*. Genebra, Suíça, 2014. Edition 1.0. Available on <https://webstore.iec.ch/publication/5063>.
9. DIAZ, Fernando; OLIVEIRA, Denison. *New Brüel & Kjær Model 2245 Sound Level Meter: The new Brüel & Kjær sound level meter offers innovations for all types of users, from consultants to researchers. (original: Novo sonômetro Brüel & Kjær Modelo 2245: O novo sonômetro da Brüel & Kjær tem inovações para todos os tipos de usuários, de consultores a pesquisadores)*. [N.p.], 2020. Available on <https://doi.org/10.55753%2Faev.v35e52.41>.

(Esta página foi deixada intencionalmente em branco.)

Elvis Gouveia 
Fernando Diaz  &
Sadi Datsch 

HBK – Hottinger
Brüel & Kjær

Rua Luís Correia de Melo,
92 – 25º Andar
São Paulo, SP, Brasil

{elvis.gouveia,
fernando.diaz,
sadi.datsch}
@hbkworld.com

William D'Andrea
Fonseca 

Universidad Federal de
Santa Maria

Av. Roraima nº 1000,
Cidade Universitária
Santa Maria, RS, Brasil

{will.fonseca}
@eac.ufsm.br

HBK 2255 con Building Acoustics Partner

El sonómetro HBK 2255 permite realizar todas las mediciones con control remoto Wi-Fi

Resumen: La rutina diaria de mediciones de desempeño acústico según la ABNT NBR 15575:2021 exige equipos ligeros, robustos y con soluciones integradas que faciliten el trabajo y reduzcan las posibilidades de errores. Considerando estas necesidades, HBK desarrolló una línea de productos enfocada en la rutina de las obras. El sonómetro HBK 2255, integrado con *Building Acoustics Partner*, ayuda en la toma de decisiones durante las mediciones, ofreciendo pasos predefinidos para la medición y la visualización de datos en tiempo real. El HBK 2255 puede ser controlado remotamente mediante Wi-Fi o Bluetooth, eliminando la necesidad de cables; y, utilizando el amplificador HBK 2755, toda la medición puede gestionarse de forma remota a través de la aplicación. Los datos de las mediciones de campo pueden transferirse a la oficina mediante almacenamiento en la nube; esto, junto con *Building Acoustics Partner*, permite generar informes con rapidez, agilizando el trabajo y aumentando la productividad de principio a fin.

HBK 2255 with Building Acoustics Partner

Abstract: The day-to-day acoustic performance measurements according to the standard ABNT NBR 15575:2021 require light equipment, robust and with integrated solutions that facilitate the service offered and reduce the possibility for error. Considering such needs, HBK has developed a product line focused on the daily life of construction sites. The HBK 2255 sound level meter integrated into the Building Acoustics Partner assists decision-making during measurements with predefined steps for measuring and real-time data visualization. The HBK 2255 can be controlled remotely via Wi-Fi or Bluetooth, eliminating the need for cables. Using the HBK 2755 amplifier, the entire measurement can be controlled remotely via the App. Data from field measurements can be transferred to the office via cloud storage. Together with the Building Acoustics Partner, it enables quick reporting, speeding up work and increasing productivity from start to finish.

1. Introducción a la acústica de recintos y edificaciones

La acústica de edificaciones se ocupa de la transmisión del ruido entre distintos recintos, con mayor énfasis en el desempeño acústico de las particiones y su nivel de aislamiento sonoro, véase la Figura 1. La transmisión de los ruidos presentes en una vivienda puede dividirse en dos vías principales: aérea (*airborne sound*) y estructural (*structure-borne sound*).



Figura 1: El sonómetro HBK 2255 ofrece recursos que facilitan la rutina de mediciones acústicas en la construcción civil.

HBK
HOTTINGER BRÜEL & KJÆR



B
Brüel & Kjær

El *ruido de impacto* es aquel generado por el contacto directo de un cuerpo con la superficie de la edificación; es decir, la excitación se produce directamente en la estructura o partición, véase la Figura 2 (a). El desempeño acústico frente al ruido de impacto se evalúa mediante el “Nivel de presión sonora de impacto estandarizado ponderado” ($L'_{nT, w}$), medido únicamente en el recinto receptor con una excitación conocida y estandarizada.

El desempeño acústico frente al ruido aéreo puede subdividirse según la estructura evaluada. Para estructuras internas (véase la Figura 2 (b)), se utiliza la “Diferencia estandarizada de nivel ponderada” ($D_{nT, w}$). Con este fin, se genera ruido sin contacto directo con la edificación, es decir, una fuente sonora libera energía al aire en el recinto emisor, que se transfiere al recinto receptor a través de las particiones internas de la construcción. El tercer caso es la “Diferencia estandarizada de nivel ponderada a 2 metros de distancia de la fachada” ($D_{2m, nT, w}$), utilizada para evaluar el desempeño acústico de las particiones externas (véase la Figura 2 (c)). En ambos casos, es necesario medir el nivel de presión sonora en el recinto emisor y en el receptor para obtener la diferencia de nivel. En el caso de evaluación de fachadas, el recinto emisor es la parte externa de la edificación.

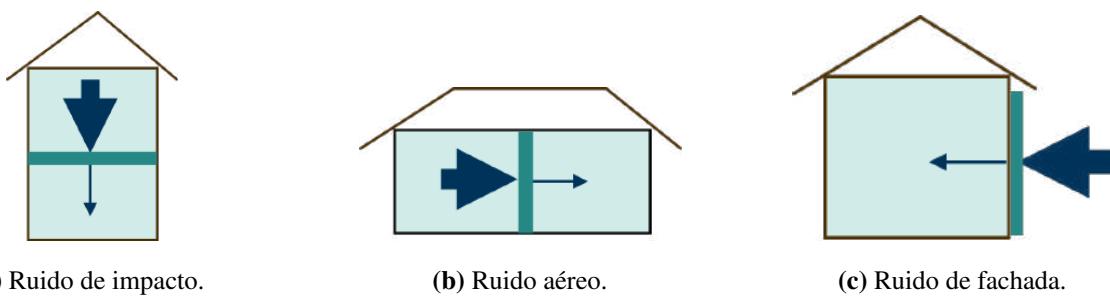


Figura 2: Tipos de ruidos que se encuentran en las edificaciones.

Para la obtención de los tres parámetros de evaluación del desempeño acústico de las estructuras (de la edificación) antes mencionados, es necesario medir el tiempo de reverberación (TR) en el recinto de recepción a fin de estandarizar los resultados debido a la presencia (o no) de elementos absorbentes en el espacio (por ejemplo, mobiliario, cortinas y acabados). El desempeño acústico de paredes internas, externas o forjados es un dato de gran relevancia en la actualidad en el ámbito de la acústica de edificaciones, ya que la preservación de la intimidad y el confort acústico pueden incrementar el valor agregado de un inmueble. Este tema cobró relevancia en el mercado brasileño tras la publicación de la norma ABNT NBR 15575:2021 [1], que define categorías de desempeño acústico para edificaciones habitacionales. De esta manera, el desempeño acústico de la vivienda puede clasificarse en los criterios “mínimo”, “intermedio” y “superior”, tanto para particiones externas como internas y para ruidos aéreos y de impacto.

2. Midiendo el nivel de presión sonora

La presión sonora es una magnitud acústica escalar que se produce en un medio físico a partir de una excitación en dicho medio. El *nivel de presión sonora* (NPS) es la relación logarítmica entre la presión sonora en el ambiente y una presión sonora de referencia (20 µPa), expresada en escala dB. Su medición es muy sensible debido a la gran cantidad de fenómenos que pueden influir en ella. Las interferencias externas pueden volver inviable o inexacta una medición si, por ejemplo, se presentan vientos fuertes, lluvia o ruido residual elevado. Irregularidades técnicas también pueden afectar los resultados de las mediciones de NPS, tales como la proximidad a superficies, el uso de micrófonos inadecuados o incluso la cercanía entre el operador y el sensor.

Las mediciones bajo la influencia de vientos fuertes o lluvia pueden desvirtuar completamente la señal medida, y factores como la temperatura y la humedad influyen directamente en la velocidad de propagación de la onda sonora en el medio, así como en la absorción del sonido. Las superficies cercanas pueden generar fenómenos acústicos como reflexión, difracción e incluso sombras acústicas, dependiendo de la relación entre el tamaño de la superficie y la longitud de onda analizada. Para evitar tales fenómenos, se recomienda colocar el micrófono a una distancia mínima de un metro (1,0 m) de las superficies más próximas y a 1,5 m del suelo. En los casos en los que se necesita la media espacial del NPS, se recomienda además un espaciamiento mínimo de 0,7 m entre los puntos de medición [2].

En diversas situaciones de acústica de edificaciones se requiere la excitación del recinto bajo análisis mediante una fuente sonora. En estos casos, es obligatorio el uso de una fuente omnidireccional para excitar la sala de un modo aproximadamente uniforme y que no favorezca una región específica del espacio [2]. La fuente omnidireccional B&K Type 4292-L utiliza un *cluster* de 12 altavoces montados en la fase pentagonal de un icositododecaedro, siendo así capaz de irradiar el sonido de manera uniforme con una distribución esférica, como puede apreciarse en la Figura 3. Todos los doce altavoces se conectan en una red en paralelo para garantizar la operación en fase y una impedancia adecuada para el amplificador de potencia. Todo el conjunto pesa no más de 8 kg y, junto con el amplificador HBK Type 2755, puede generar 122 dB de nivel de potencia sonora. Esta potencia sonora tan alta resulta muy útil para mediciones en salas grandes y con alto ruido residual.

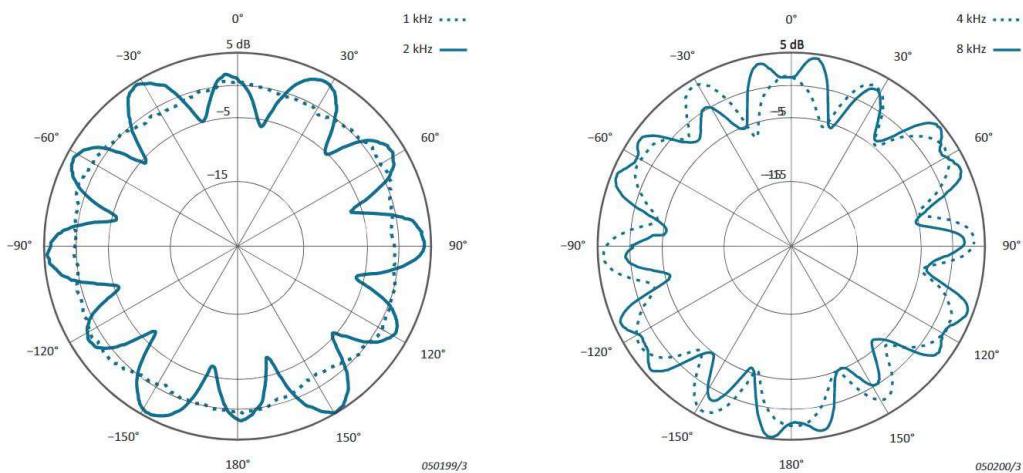


Figura 3: Distribución polar de la energía sonora irradiada por la fuente sonora B&K Type 4292-L.

3. Midiendo el tiempo de reverberación de una sala

El TR de un recinto se expresa en segundos y representa el tiempo necesario para que la densidad de energía sonora en el interior de una sala decaiga hasta un millonésimo (10^{-6}) de su valor inicial tras la interrupción de una excitación sonora estacionaria en el ambiente. Este valor corresponde a la atenuación de 60 dB (ref. 20 μ Pa), dando origen al nombre popular de este parámetro objetivo, T_{60} . Además del T_{60} , existen también los tiempos T_{30} y T_{20} , por ejemplo, que constituyen estimaciones del T_{60} a partir de la extrapolación de la atenuación experimental en el intervalo dinámico de 30 dB y 20 dB, respectivamente. Los valores con atenuaciones inferiores a 60 dB se emplean en los casos en que se encuentran dificultades para cumplir la banda dinámica deseada [3].

Obsérvese en las Figuras 4 (a) y 4 (b) que, debido a la diferencia entre el nivel máximo (adoptado aquí como 0 dB) generado por la fuente y el ruido de fondo (representado con línea discontinua en morado),

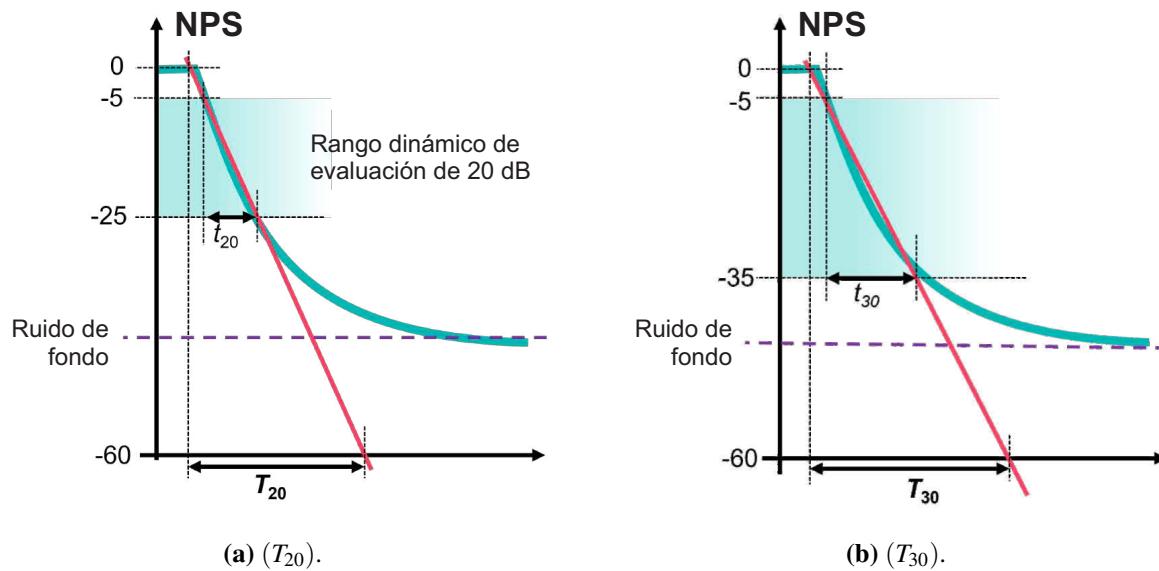


Figura 4: TR obtenidos a partir de atenuaciones inferiores a 60 dB.

no es posible medir una atenuación de 60 dB y, por tanto, se utiliza una atenuación¹ de solo 20 dB o 30 dB. Se emplea un ajuste lineal (en rojo) para el intervalo entre -5 dB y -25 dB para T_{20} o -5 dB y -35 dB para T_{30} , que se extrae más allá de la curva de atenuación para obtener el TR equivalente a -60 dB.

La obtención del TR puede realizarse de diferentes formas; en este documento abordaremos el método de ruido interrumpido y el método de señal impulsiva. En el método de ruido interrumpido, es necesario excitar la sala con una señal estacionaria (normalmente ruido blanco o rosa) a un nivel que satisfaga la banda dinámica de interés y, posteriormente, interrumpir abruptamente la fuente sonora. Tras la interrupción, se mide el tiempo requerido para que la atenuación alcance el nivel deseado, ya sea de 20 dB, 30 dB o 60 dB. El segundo método, por su parte, utiliza una señal impulsiva, como un disparo de foguero, para excitar la sala. En este caso, basta con generar el impulso y verificar si se alcanza la banda dinámica de interés — obsérvese que esta técnica contiene la mayor incertidumbre, debido a la dificultad de lograr repetitibilidad y de alcanzar bandas dinámicas adecuadas en bajas y altas frecuencias. El nuevo sonómetro HBK 2255 cuenta con disparadores electrónicos para detectar tanto señales impulsivas como ruido interrumpido, lo que permite iniciar la medición en el momento adecuado y reduce la posibilidad de errores de grabación. El HBK 2255 también dispone de herramientas de procesamiento de datos para calcular el TR inmediatamente después de finalizar las mediciones.

4. Midiendo el desempeño acústico de las particiones

En la acústica de edificaciones, específicamente, las instrucciones para la correcta realización de mediciones están determinadas por las normas ABNT NBR ISO 16283-1:2021 [2], ABNT NBR ISO 16283-2:2021 [4] y ABNT NBR ISO 16283-3:2018 [5], para ruido aéreo, de impacto y de fachada, respectivamente. En términos generales, puede decirse que las directrices básicas que deben cumplirse para la medición correcta se refieren a los factores climáticos (como vientos, lluvia, temperatura y humedad) y al espacio entre el micrófono y las superficies más cercanas.

¹En suma, el TR denominado T_{20} calculado a partir de t_{20} representa el tiempo equivalente necesario para la atenuación de 60 dB estimada a partir de una atenuación de 20 dB. La misma lógica se aplica a T_{30} .

4.1 Aislamiento frente al ruido aéreo

Para medir el desempeño acústico de las particiones internas ante fuentes de ruido aéreo, es necesario medir la diferencia estandarizada de nivel (D_{nT}) obtenida a partir de la diferencia del NPS medido en los recintos separados por la partición. Con tal propósito, primero se utiliza una fuente sonora para excitar la sala emisora, donde se mide un valor de NPS (L_1). A continuación, se activa de nuevo la fuente en la sala emisora, pero el NPS (L_2) se evalúa ahora en la sala receptora. La diferencia estandarizada de nivel que caracteriza el desempeño acústico de la partición puede obtenerse con la relación

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right), \quad (1)$$

donde T es el tiempo de reverberación en la sala receptora y T_0 es el tiempo de reverberación de referencia de 0,5 s [2].

Al medir el ruido aéreo se deben tomar algunas precauciones, como la correcta ubicación de los micrófonos en los diversos puntos de medición, respetando una distancia mínima de 1,0 m de las superficies más cercanas, 0,7 m entre las posiciones de los micrófonos y 1,5 m sobre el piso. El uso de una fuente con respuesta considerada plana a lo largo de la banda de frecuencias de interés y de carácter omnidireccional también es esencial para este tipo de medición. La fuente omnidireccional HBK Type 4292-L cumple con los requisitos mencionados en las normas ABNT NBR ISO 16283-1:2018 [2] y ABNT NBR ISO 3382-1:2017 [3], ya que está diseñada para ser ligera y robusta. Se pueden ver más detalles en su [ficha técnica](#). El sistema se completa con el nuevo amplificador HBK Type 2755. Por último, el kit de excitación con fuente, amplificador y trípode pesa menos de 15 kg — véase la demostración en la Figura 5.



Figura 5: Ejemplo de medición: el sonómetro HBK 2255 y el amplificador HBK 2755 pueden operarse (sin cables) mediante *smartphone*.

4.2 Aislamiento de fachada frente al ruido aéreo

Para evaluar el desempeño acústico de las particiones externas se analiza el aislamiento de fachada al ruido aéreo que, al igual que para las particiones internas, se basa en una diferencia de nivel de presión sonora. El nivel de presión sonora externo ($L_{1, 2m}$) se mide a una distancia de 2 m de la fachada, y la fuente debe posicionarse según lo establecido en la norma ABNT NBR ISO 16283-3:2021 [5]. El NPS L_2 se mide dentro de la edificación a una distancia mínima de 1 m de las particiones. Puede entonces utilizarse la relación

$$D_{2m, nT} = (L_{1, 2m} - L_2) + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right), \quad (2)$$

para obtener el aislamiento de fachada al ruido aéreo [5].

El aislamiento de fachada sujeto al ruido aéreo debe medirse con las aberturas (como puertas y ventanas) del recinto en análisis cerradas, a fin de evitar la incidencia de ruidos procedentes de otros espacios. Tal requisito, en muchos casos, dificulta el proceso de medición debido a la necesidad de interconectar con cables los distintos equipos utilizados, a fin de conformar la cadena de medición adecuada. Por esta razón, los nuevos productos de HBK, Type 2255 y Type 2755 — véase el kit en la Figura 6 —, cuentan con conexión inalámbrica vía Wi-Fi para enlazar y controlar remotamente los equipos. El generador de señales con señales precargadas, integrado en el amplificador, permite utilizar solo dos cables en toda la cadena: el de alimentación del amplificador y el de conexión entre el amplificador y la fuente sonora. Integrada en el *Building Acoustics Partner*, toda la medición puede controlarse por *smartphone*, y el análisis primario de los resultados puede realizarse inmediatamente después de las mediciones, tanto con el indicador de calidad de medición presente en el HBK 2255 como con los resultados iniciales mostrados en la aplicación móvil.



Figura 6: Fuente omnidireccional B&K Type 4292-L, sonómetro HBK 2255 y amplificador HBK 2755 — estos dos últimos pueden controlarse vía Wi-Fi (sin cables).

4.3 Aislamiento frente al ruido de impacto

En los casos en que sea necesaria la evaluación del aislamiento al ruido de impacto se emplea una fuente de impactos estandarizados (*tapping machine*), que debe cumplir con un patrón de fuerza, frecuencia y distribución espacial, tal y como hace la B&K Type 3207. Se ubica la fuente en la sala emisora y el ruido de impacto se mide únicamente en la sala receptora, dado que la transmisión del ruido de impacto es mayoritariamente estructural, lo cual hace que la propagación acústica a través del aire en la sala emisora sea despreciable. Puesto que la fuente genera impactos estandarizados basta con evaluar el NPS en la sala receptora y tomarlo como dato de comparación, siendo la única variable en la cadena de medición la losa que se está ensayando y analizando.

De acuerdo con la ABNT NBR 15575-1:2021 [1], en general las losas deben cumplir con un $L'_{nT,w}$ de 80 dB para el desempeño mínimo requerido en Brasil en sistemas de piso que separan unidades habitacionales. Esto significa que, con la máquina de impactos en funcionamiento, el valor máximo de $L'_{nT,w}$ medido en el piso receptor debe ser inferior a 80 dB. Cabe señalar que este dato no depende únicamente del NPS medido en el piso inferior, sino que se ve influido directamente por el tiempo de reverberación del recinto inferior, tal como se expresa en la ecuación

$$L_{nT,w} = L_2 + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right). \quad (3)$$

Este tipo de ensayo se emplea ampliamente para analizar el desempeño acústico de losas de diversos tipos. Dado que se trata de una medición que se realiza entre distintos pisos de un edificio, la activación tanto de la fuente como del sistema de registro puede resultar laboriosa, y lo mismo ocurre con el procesamiento de los datos recopilados. Para facilitar la labor diaria de mediciones, HBK ha desarrollado *Building Acoustics Partner*, un *software* que permite el control remoto del sonómetro vía Bluetooth o Wi-Fi. Además de posibilitar el control remoto del sonómetro, el *software* lleva a cabo el posprocesamiento de los datos recopilados, permitiendo analizar resultados y generar informes de desempeño de diferentes particiones y de TR conforme a las normas vigentes.

5. Conociendo el sonómetro HBK 2255 con Building Acoustics Partner

El sonómetro HBK 2255 se desarrolló con un enfoque en mediciones de acústica de edificaciones. Con tecnología avanzada de un solo canal, el HBK 2255 y sus accesorios han sido diseñados para ser ligeros, robustos y aptos para resistir agua, polvo y otros elementos propios del día a día en una obra, contando con certificación IP 54 (IEC 60529:1989/AMD2:2013/COR1:2019 [6]). Este sonómetro tiene una banda dinámica de medición que va de 15,8 dB(A) a 140,9 dB(A), lo que permite medir los más variados tipos de señales, sin requerir un conocimiento previo de sus características. Además, cumple con las especificaciones de la familia de normas internacionales vigentes para sonómetros de Clase 1 (IEC 61672:2013 [7]) y para filtros de octava y tercio de octava (IEC 61620:2014 [8]).

Para mayor comodidad, el sonómetro HBK 2255 cuenta con conexiones inalámbricas mediante Wi-Fi y Bluetooth que permiten el control remoto de las mediciones y simplifican la transferencia de datos, obsérvese la Figura 7. El sonómetro dispone de 16 GB de almacenamiento interno, suficientes para mediciones de larga duración (y para grabar archivos de audio), con una batería que puede durar hasta 13 h con el Wi-Fi encendido. Se pueden encontrar más detalles en la [ficha técnica](#) del producto.

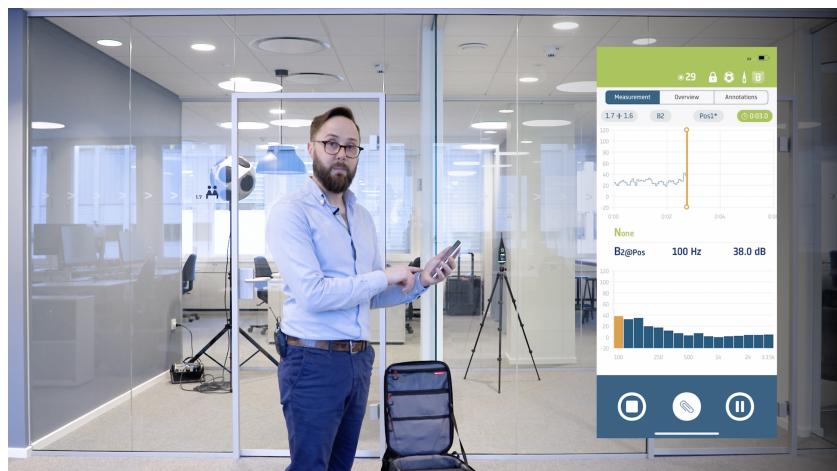
Además, al usar el sonómetro HBK 2255 junto con el amplificador HBK 2755, toda la medición puede controlarse remotamente desde la palma de la mano mediante un *smartphone*. Ello se logra gracias al ajuste de ganancia a través de conexión Wi-Fi y al generador de señales optimizado para fuentes HBK, ambos incorporados en los amplificadores HBK 2755. El amplificador HBK 2755 es ligero (2,2 kg),

cuenta con un puerto USB que puede conectarse directamente al ordenador y una salida BNC para conectar micrófonos de forma directa. Para más información, acceda a la [ficha técnica](#) del HBK 2755.

Con la licencia *Building Acoustics Partner* activada, el HBK 2255 está listo para llevar a cabo un amplio espectro de mediciones, que abarcan desde el aislamiento acústico en bandas de $\frac{1}{1}$ o $\frac{1}{3}$ de octava hasta el análisis del tiempo de reverberación mediante señales de ruido interrumpido o impulsivo. El proceso de medición puede controlarse de forma remota al conectarse con la aplicación móvil *Building Acoustics Partner*, que brinda un soporte total al flujo de trabajo. Al indicar los pasos a seguir para cada tipo de medición y realizar evaluaciones inmediatas al finalizar cada una, la aplicación reduce la probabilidad de tener que regresar a la obra para repetir ensayos.



(a) Acceso remoto.



(b) Información de análisis.

Figura 7: Ilustraciones del uso del HBK 2255 mediante smartphone.

La aplicación para computadora ayuda en el análisis de las mediciones realizadas, generando un informe rápido para facilitar la verificación de los datos obtenidos. En la aplicación, el usuario puede definir los parámetros objetivos que mejor se adapten a sus necesidades, como TR o datos de desempeño acústico (por ejemplo, $D_{nT, w}$), para que se incluyan en el informe, que se genera automáticamente. Para entender el proceso de medición completo, desde la configuración hasta el informe consulte los videos de demostración en la [página del producto](#).

Extra: El HBK 2255 también ofrece una solución completa para mediciones de ruido ambiental. Al emplearse junto con el *software Enviro Noise Partner* de HBK, los datos se organizan, evalúan y procesan fácilmente, brindando soporte desde el inicio hasta el final del proceso de medición. El HBK 2255 ofrece análisis en bandas de frecuencia de octava ($1/1$ y $1/3$) y estrecha, registros temporales y grabación de audio de la medición [9]. Así, las herramientas de HBK proporcionan una solución completa para el análisis acústico de proyectos inmobiliarios, desde la clasificación del ruido ambiental local hasta el desempeño de las particiones.

6. Consideraciones finales

En conclusión, este documento ha presentado metodologías detalladas y especificaciones técnicas para la medición de varios parámetros acústicos en ambientes construidos. Se ha enfatizado la importancia de apegarse a normas internacionales y de utilizar equipos de precisión como el sonómetro HBK 2255 y sus accesorios. La integración de estas herramientas con soluciones de *software* avanzadas, como el Building Acoustics Partner, demuestra la evolución de la medición acústica, permitiendo procesos eficientes, precisos y con una gran facilidad de uso.

Con la evolución del campo de la acústica de edificaciones, la necesidad de mediciones exactas y confiables cobra cada vez más relevancia. Las tecnologías y metodologías aquí descritas proporcionan la base para tales evaluaciones, ofreciendo información para que el desempeño acústico de los edificios cumpla con los estándares requeridos y contribuya positivamente al confort y bienestar humano.

Se espera que la información presentada en este documento sirva como un recurso valioso para profesionales de la disciplina, ayudando en la búsqueda de mejores entornos acústicos. A medida que avancemos, se prevén progresos continuos en tecnología y metodología, prometiendo aún mayor precisión y facilidad en el importante trabajo de medición y análisis acústico.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la profesora de la USP Ranny Michalski y al ingeniero acústico Felipe Ramos de Mello por sus valiosas contribuciones a este texto.

Referencias

1. ABNT. ABNT NBR 15575-1:2021 – Edificações habitacionais – Desempenho. [S.I.], 2021. Disponible en: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?Q=Q0tGNjIxTmUxUw2alprZFNhUVZwbU1BRTUwOC9BSEU2NVZLNmY1ekkyND0=>.
2. NBR ISO 16283-1:2018 Acústica - Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações - Parte 1: Isolamento a ruído aéreo. São Paulo, 2018. Disponible en: <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=T0FhR2ZYyBaVlpQNnprT3BVWkZWZVc1N1VINTFVUXJRWc1eGF5YmMwQT0=#hide1>.
3. NBR ISO 3382-1:2017 Acústica - Medição de parâmetros de acústica de salas. São Paulo, 2017. Disponible en: <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=MXhpcU9STGh0ajdxZHJIZkFJNGVVd1V4Z0FMYitrWnlIR25jTitmTGRnTT0=#hide1>.
4. NBR ISO 16283-2:2021 Acústica - Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações. São Paulo, 2021. Disponible en: <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=b3RTaGdOZ1gvelFvIMxNU55c0o4Y0Fock1QSnRXbVhPZ3RjUIE1OXd0WT0=#hide1>.
5. NBR ISO 16283-3:2021 Acústica - Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações. São Paulo, 2021. Disponible en: [abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=RERrNEZiWHBwYW1iNjF2NGJzNlUQW1ZVklEVXJRV0lxS3JRS3dDdUw4RT0=#hide1](https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=RERrNEZiWHBwYW1iNjF2NGJzNlUQW1ZVklEVXJRV0lxS3JRS3dDdUw4RT0=#hide1).
6. IEC Central Secretary. IEC 60529:1989/AMD2:2013/COR1:2019 – Corrigendum 1 - Amendment 2 – Degrees of protection provided by enclosures (IP Code). Genebra, Suíça, 2019. Edition 2.0. Disponible en: <https://webstore.iec.ch/publication/64427>.
7. IEC Central Secretary. IEC 61672-1:2013 - Electroacoustics – Sound level meters –Part 1: Specifications. Genebra, Suíça, 2013. Edition 2.0. Disponible en: <https://webstore.iec.ch/publication/5708>.
8. IEC Central Secretary. IEC 61260-1:2014 - Electroacoustics - Octave-band and fractional-octave-band filters - Part 1: Specifications. Genebra, Suíça, 2014. Edition 1.0. Disponible en: <https://webstore.iec.ch/publication/5063>.
9. DIAZ, Fernando; OLIVEIRA, Denison. Novo sonômetro Brüel & Kjær Modelo 2245: O novo sonômetro da Brüel & Kjær tem inovações para todos os tipos de usuários, de consultores a pesquisadores. [S.I.], 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.55753%2Faev.v35e52.41>.

(Esta página foi deixada intencionalmente em branco.)

Juliana Magna S.
Costa Moraes 

Departamento de
Arquitetura e Urbanismo,
Curso de Arquitetura e
Urbanismo,
Universidade Federal da
Paraíba (UFPB)
[{juliana.costa}](mailto:{juliana.costa}@academico.ufpb.br)
@academico.ufpb.br

Maria Fernanda
Oliveira 

Departamento de
Arquitetura e Construção,
Faculdade de Engenharia
Civil, Arquitetura e
Urbanismo,
Universidade Estadual de
Campinas (Unicamp)
[{mariafo}](mailto:{mariafo}@unicamp.br)
@unicamp.br

Marina Medeiros
Cortês 

Departamento de
Arquitetura, Curso de
Arquitetura e Urbanismo,
Universidade Federal do Rio
Grande do Norte (UFRN)
[{marina.cortes}](mailto:{marina.cortes}@ufrn.br)
@ufrn.br

III Concurso Estudantil de Acústica Conrado Silva – CACS

Realizado durante o XXX Encontro da Sobrac em Natal-RN

Resumo: Realizado durante o XXX Encontro da Sobrac em Natal-RN (2023), o III Concurso Estudantil de Acústica Conrado Silva (CACS) promoveu a conscientização sobre a importância da acústica na arquitetura escolar, abordando soluções para espaços de aprendizagem. Sete equipes multidisciplinares se inscreveram no concurso e desenvolveram propostas em nível de planos de massas/volumetria de uma escola para os anos finais do ensino fundamental, pensando na acústica desde as primeiras decisões projetuais. Além disso, as equipes propuseram um anteprojeto apenas do setor de aprendizagem, no qual foram escolhidos três ambientes para projetos de condicionamento sonoro (sala de aula, auditório e outro ambiente de livre escolha). O evento, apoiado por três empresas patrocinadoras, premiou as três melhores propostas, cuja relevância garantiu a publicação na Revista Acústica e Vibrações, destacando a importância da inclusão da acústica no processo de projeto.

III Conrado Silva Student Acoustic Contest (CACS)

Abstract: Conducted during the XXX Sobrac Meeting in Natal-RN (2023), the III Conrado Silva Student Acoustic Contest (CACS) sought to raise awareness regarding the significance of acoustics in school architecture by exploring innovative solutions for learning environments. Seven multidisciplinary teams participated in the competition, developing proposals at the massing/volumetric level for a school intended for the upper years of elementary education, with a focus on incorporating acoustic considerations from the earliest stages of the design process. Additionally, the teams presented a preliminary design solely for the learning sector, in which three specific environments were chosen for sound conditioning projects: a classroom, an auditorium, and one additional space of their choice. Supported by three sponsoring companies, the event recognized the three most outstanding proposals, whose merit was further highlighted by their publication in the Acoustics and Vibrations Journal, underscoring the crucial role of acoustics in the design process.

1. Introdução

Inspirados pelo legado de Conrado Silva, o III Concurso Estudantil de Acústica Conrado Silva — veja o logo do CACS na Figura 1 —,



Figura 1: Logo oficial do III CACS.

ocorreu durante o XXX Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica - Sobrac, em Natal-RN no ano de 2023. Com este concurso, a Sobrac objetiva contribuir para o despertar da atenção à acústica entre os estudantes de cursos de graduação, além de incentivar a qualidade técnica, a criatividade e a inovação nas soluções acústico-arquitetônicas para o problema proposto. Adicionalmente, deseja-se colaborar na consolidação da importância das múltiplas interfaces da acústica na comunidade acadêmica.

Para a terceira edição do CACS, escolheu-se a temática “**Qualidade acústica do espaço escolar: ênfase nos ambientes de aprendizagem**”. A acústica no contexto escolar requer atenção imediata, pois o excesso de ruído no ambiente educacional compromete gravemente a saúde de professores e alunos, tanto do ponto de vista físico quanto mental. As consequências incluem baixa compreensão da fala, perda de atenção, de concentração e da voz, fadiga, instabilidade psicológica e comportamento agressivo, entre outros efeitos. Desse modo, o III CACS propiciou uma reflexão aprofundada sobre a qualidade acústica desses espaços.

A ideia da comissão para o III CACS foi desenvolver, em nível de **plano de massas/volumetria**, uma proposta de uma escola para os anos finais do ensino fundamental, do 6º ao 9º ano (Fundamental II), para alunos entre 11 e 14 anos. Posteriormente ao plano de massas, seriam feito um **anteprojeto do setor de aprendizagem**, no qual deveriam ser escolhidos **três (3) ambientes** para os projetos básicos de **condicionamento sonoro** (sendo obrigatoriamente uma sala de aula, um auditório e outro ambiente de livre escolha). Assim, a acústica estaria devidamente contemplada nas três escalas de projeto, desenvolvendo o raciocínio do macro para o micro, que é vital para um projeto de excelência acústica.

Vale a pena ressaltar que nesta edição do CACS contou-se com o apoio de três empresas patrocinadoras: Ecophon Saint-Gobain, Técnica Soluções Acústicas e Trisoft. Seus produtos acústicos foram explorados pelos alunos nas propostas de condicionamento sonoro dos três ambientes de aprendizagem, sendo o material de cada empresa por ambiente.

O concurso destinou-se aos estudantes de graduação regularmente matriculados em instituições de ensino superior, em cursos que tenham a acústica como conteúdo de um componente curricular. Nesta edição, encorajou-se a participação de equipes multidisciplinares compostas por estudantes de diferentes cursos e de, no máximo, duas (2) universidades/instituições distintas.

2. Breve relato

Em fevereiro de 2023, foi publicado o regulamento do III CACS no site do XXX Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica, contendo os prazos de cadastramento das equipes, entrega do material, julgamento e divulgação dos resultados, que ocorreu no dia 22 de novembro de 2023.

A comissão organizadora do concurso foi composta por um trio de professoras de Acústica de diferentes IES: prof.^a Dra. Juliana Costa Moraes (UFPB), prof.^a Dra. Maria Fernanda Oliveira (UNICAMP) e prof.^a Dra. Marina Cortês (UFRN) — coordenadora. Além disso, os membros da comissão avaliadora do III CACS, os quais foram revelados apenas no final do processo, foram a consultora e prof.^a Dra. Maria Lygia Niemeyer (UFRJ), o consultor Me. Marcos Cesar de Barros Holtz (Harmonia) e a prof.^a Dra. Stelamaris Rolla Bertoli (Unicamp). Durante o evento da Sobrac havia um espaço destinado para a exposição dos trabalhos impressos do III CACS, onde os avaliadores puderam conhecer melhor as propostas. Os trabalhos estavam expostos sem identificação dos participantes, garantindo a avaliação às cegas. Após reunião e consenso entre os avaliadores, foram eleitas as três melhores propostas.

Nesta edição, sete equipes se inscreveram. Ao fim do evento, foram entregues os troféus (veja a Figura 2) e, posteriormente, as premiações em dinheiro. As equipes vencedoras foram (veja na Figura 3 foto das equipes vencedoras no momento da premiação):

1º lugar: equipe formada por Débora Nogueira Pinto Florêncio (orientadora) e Nailma Cavalcanti da Cunha, do Centro Universitário do Rio Grande do Norte – UNI-RN;

2º lugar: equipe formada por Ranny Loureiro Xavier Nascimento Michalski (orientadora), Edna Sofia de Oliveira Santos (coorientadora), Marco Aurélio Stoppe Nogueira e Ruan Matos da Silva, da Universidade de São Paulo – FAU-USP; e

3º lugar: equipe formada por Bianca Carla Dantas de Araújo (orientadora), Vitoria Jade Alves de Carvalho e Gabriela Tabita da Silva, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN.



Figura 2: Trofeus III CACS.



Figura 3: Foto das equipes premiadas com a comissão do III CACS.

Para esse concurso, foi elaborada uma logomarca, fazendo referência ao tema do concurso (lápis coloridos) e à logo do XXX Encontro da Sobrac (duna e sol), apresentada na Figura 1 e presente nos troféus na Figura 2.

Vale salientar que, durante o processo de construção das propostas, a Comissão Organizadora do III CACS promoveu uma oficina on-line, realizada no dia 6 de outubro de 2023, com o título “Oficina CACS: materiais para condicionamento sonoro”. Essa oficina teve como objetivo oferecer um espaço para destacar as soluções inovadoras das empresas patrocinadoras do concurso, possibilitando que a comunidade participante do XXX Encontro da Sobrac compreendesse melhor como suas tecnologias e serviços contribuem para a melhoria da qualidade das salas de aula e de outros ambientes de aprendizagem, tema central do concurso.

Diante da seriedade e qualidade de todas as propostas apresentadas no III CACS, surgiu o convite da Revista Acústica e Vibrações para que pudessem publicar os trabalhos em formato de artigos, o que reforça a importância deste concurso. Por fim, a comissão organizadora agradece a oportunidade e espera a próxima edição do concurso, de forma a incentivar cada vez mais a inclusão da “acústica” no processo de projeto.

(Esta página foi deixada intencionalmente em branco.)

Juliana Magna S.
Costa Moraes 

Department of Architecture
and Urbanism, Architecture
and Urbanism Program,
**Federal University of
Paraíba (UFPB)**
{juliana.costa}
@academico.ufpb.br

Maria Fernanda
Oliveira 

Department of Architecture
and Construction, School of
Civil Engineering,
Architecture, and Urbanism,
**University of Campinas
(Unicamp)**
{mariafo}
@unicamp.br

Marina Medeiros
Cortês 

Department of Architecture,
Architecture and Urbanism
Program,
**Federal University of Rio
Grande do Norte (UFRN)**
{marina.cortes}
@ufrn.br

III Conrado Silva Student Acoustic Contest (CACS)

Held during the XXX Meeting of Sobrac

Abstract: Conducted during the XXX Sobrac Meeting in Natal-RN (2023), the III Conrado Silva Student Acoustic Contest (CACS) sought to raise awareness regarding the significance of acoustics in school architecture by exploring innovative solutions for learning environments. Seven multidisciplinary teams participated in the competition, developing proposals at the massing/volumetric level for a school intended for the upper years of elementary education, with a focus on incorporating acoustic considerations from the earliest stages of the design process. Additionally, the teams presented a preliminary design solely for the learning sector, in which three specific environments were chosen for sound conditioning projects: a classroom, an auditorium, and one additional space of their choice. Supported by three sponsoring companies, the event recognized the three most outstanding proposals, whose merit was further highlighted by their publication in the Acoustics and Vibrations Journal, underscoring the crucial role of acoustics in the design process.

III Concurso Estudantil de Acústica Conrado Silva – CACS

Resumo: Realizado durante o XXX Encontro da Sobrac em Natal-RN (2023), o III Concurso Estudantil de Acústica Conrado Silva (CACS) promoveu a conscientização sobre a importância da acústica na arquitetura escolar, abordando soluções para espaços de aprendizagem. Sete equipes multidisciplinares se inscreveram no concurso e desenvolveram propostas em nível de planos de massas/volumetria de uma escola para os anos finais do ensino fundamental, pensando na acústica desde as primeiras decisões projetuais. Além disso, as equipes propuseram um anteprojeto apenas do setor de aprendizagem, no qual foram escolhidos três ambientes para projetos de condicionamento sonoro (sala de aula, auditório e outro ambiente de livre escolha). O evento, apoiado por três empresas patrocinadoras, premiou as três melhores propostas, cuja relevância garantiu a publicação na Revista Acústica e Vibrações, destacando a importância da inclusão da acústica no processo de projeto.

1. Introduction

Inspired by the legacy of Conrado Silva, the III Conrado Silva Student Acoustic Contest — see the CACS logo in Figure 1 —, took place during



Figure 1: Official logo of the III CACS.

the XXX Meeting of the Brazilian Society of Acoustics (Sobrac), in Natal-RN, in 2023. Through this contest, Sobrac aims to enhance students' awareness of acoustics within undergraduate programs, as well as to encourage technical quality, creativity, and innovation in acoustical-architectural solutions for the proposed problem. Additionally, the contest seeks to strengthen the importance of the many interfaces of acoustics within the academic community.

For the third edition of CACS, the chosen theme was "**Acoustic quality in the school environment: emphasis on learning spaces.**" Acoustics in schools urgently requires attention, as excessive noise in educational settings seriously compromises both the physical and mental health of teachers and students. The consequences include reduced speech intelligibility, loss of attention, concentration, and voice, fatigue, psychological instability, and aggressive behavior, among other effects. Thus, the III CACS fostered an in-depth reflection on the acoustic quality of these spaces.

The committee's concept for the III CACS was to develop, at the level of **massing/volumetry**, a proposal for a school catering to the final years of elementary education (6th to 9th grade, Fundamental II), designed for students aged between 11 and 14. Following the massing plan, a **preliminary design of the learning sector** was to be produced, in which **three (3) environments** were to be selected for the basic projects of **sound conditioning** (mandatorily including a classroom, an auditorium, and one additional space of the participants' choice). This approach ensured that acoustics were appropriately addressed across the three design scales, thereby fostering a development from the macro to the micro—an essential process for achieving acoustic excellence in design.

It is worth noting that this edition of CACS received support from three sponsoring companies: Ecophon Saint-Gobain, Técnica Soluções Acústicas, and Trisoft. Their acoustic products were utilized by students in designing the acoustic conditioning of the three learning environments, with each company's material designated for one of the spaces.

The contest was intended for undergraduate students regularly enrolled in higher education institutions offering at least one course component covering acoustics. In this edition, multidisciplinary teams composed of students from different programs and from at most two (2) different universities/institutions were encouraged to participate.

2. Brief Report

In February 2023, the regulations for the III CACS were published on the website of the XXX Meeting of the Brazilian Society of Acoustics, containing the deadlines for registering teams, submitting material, judging and announcing the results, which took place on November 22, 2023.

The contest's organizing committee consisted of three Acoustics professors from different higher education institutions: Prof.^a Dr. Juliana Costa Morais (UFPB), Prof.^a Dr. Maria Fernanda Oliveira (UNICAMP), and Prof.^a Dr. Marina Cortês (UFRN) — coordinator. In addition, the members of the III CACS evaluation committee, who were only revealed at the end of the process, were consultant and Prof.^a Dr. Maria Lygia Niemeyer (UFRJ), consultant MSc. Marcos Cesar de Barros Holtz (Harmonia), and Prof.^a Dr. Stelamaris Rolla Bertoli (Unicamp). During the Sobrac event, there was an area set aside for the exhibition of the III CACS printed works, where the evaluators could get to know the proposals better. The papers were displayed without identifying the participants, ensuring a blind evaluation. After a meeting and consensus among the evaluators, the three best proposals were chosen.

In this edition, seven teams signed up. At the end of the event, the trophies were handed out (see Figure 2), followed by the cash prizes. The winning teams were (see Figure 3 for a photo of the winning teams at the awards ceremony):

1st place: the team comprising Débora Nogueira Pinto Florêncio (advisor) and Nailma Cavalcanti da Cunha, from Centro Universitário do Rio Grande do Norte – UNI-RN;

2nd place: the team comprising Ranny Loureiro Xavier Nascimento Michalski (advisor), Edna Sofia de Oliveira Santos (co-advisor), Marco Aurélio Stoppe Nogueira, and Ruan Matos da Silva, from Universidade de São Paulo – FAU-USP; and

3rd place: the team comprising Bianca Carla Dantas de Araújo (advisor), Vitoria Jade Alves de Carvalho, and Gabriela Tabita da Silva, from Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN.



Figure 2: III CACS trophies.



Figure 3: Photo of the winning teams with the III CACS committee.

For this contest, a logo was designed, making reference to the theme of the competition (colored pencils) and the logo of the XXX Sobrac Meeting (dune and sun), as shown in Figure 1 and present on the trophies in Figure 2.

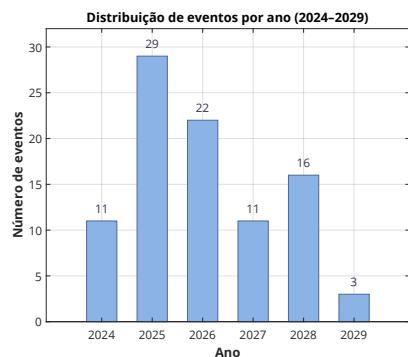
It is worth noting that, during the process of building the proposals, the III CACS Organizing Committee promoted an online workshop, held on October 6, 2023, entitled “CACS Workshop: sound conditioning materials”. The aim of this workshop was to provide a space to highlight the innovative solutions of the companies sponsoring the competition, enabling the community attending the XXX Sobrac Meeting to better understand how their technologies and services contribute to improving the quality of classrooms and other learning environments, the central theme of the competition.

Given the seriousness and quality of all proposals presented at the III CACS, the journal *Acoustics and Vibration* extended an invitation to publish the works as articles, further underscoring the importance of this contest. Lastly, the organizing committee expresses its gratitude for this opportunity and looks forward to the next edition of the contest, thereby continuing to promote the inclusion of “acoustics” in the design process.

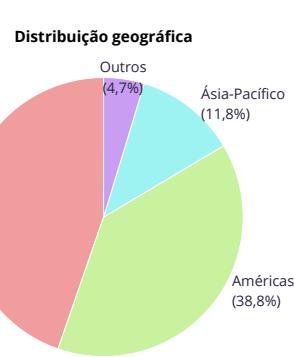
(Esta página foi deixada intencionalmente em branco.)

Eventos de acústica pelo Brasil e pelo mundo (2024–2029)

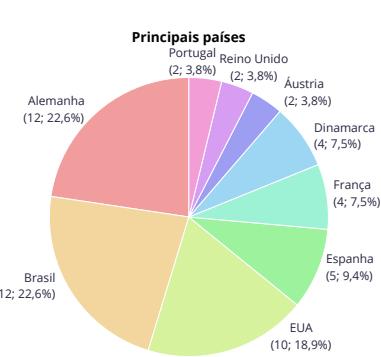
Nesta seção, apresentam-se alguns dos principais eventos, congressos e encontros relacionados à acústica, ruído, vibrações, áudio, processamento de sinais e áreas correlatas, previstos entre 2024 e 2029, incluindo datas, locais e endereços eletrônicos oficiais. Os eventos foram selecionados a partir de associações internacionais (ICA, I-INCE, ASA, AES, IIAV, EAA, ISMIR, FIA etc.) e de entidades nacionais e regionais, buscando um panorama abrangente de conferências de grande porte, bem como de encontros regionais. Note ainda que os eventos no Brasil estão assinalados com uma estrela amarela. Além disso, apresenta-se na Figura 1 algumas estatísticas sobre essa lista.



(a) Evolução temporal.



(b) Distribuição regional.



(c) Principais países.

Figura 1: Panorama estatístico dos eventos de acústica (2024–2029): (a) número de eventos por ano, (b) distribuição por regiões geográficas e (c) países com maior número de conferências sediadas.

2024

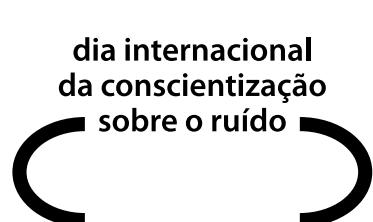
- **DAGA 2024 – 50th Annual Conference on Acoustics**

- Data: 18–21 de março de 2024
- Local: Hannover, Alemanha
- <https://2024.daga-tagung.de/en/>



★ **INAD 2024 – Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído**

- Data: 24 de abril de 2024 (última quarta-feira de abril)
- Local: Global (várias cidades no Brasil e no mundo)
- <https://www.inadbrasil.com/inad-2024/>



★ **39º Encontro Internacional de Audiologia (EIA 2024)**

- Data: 9–11 de maio de 2024
- Local: São Paulo, SP, Brasil
- <https://audiologiabrasil.org.br/39eia/>



- **186th Meeting of the Acoustical Society of America
(Acoustics Week in Canada)**

- Data: 13–17 de maio de 2024
- Local: Ottawa, Ontario, Canadá
- <https://acousticalsociety.org/asa-meetings/>



- **BNAM 2024 – Baltic-Nordic Acoustic Meeting**

- Data: 22–24 de maio de 2024
- Local: Espoo (Hansalaari), Finlândia
- <https://www.bnams2024.net/>



- **BeBeC 2024 – 10th Berlin Beamforming Conference**

- Data: 10–11 de junho de 2024
- Local: Berlim, Alemanha
- <https://www.bebec.eu/>



- **NOISE-CON 2024**

- Data: 10–12 de junho de 2024
- Local: New Orleans, Louisiana, EUA
- <https://www.inceusa.org/noisecon24/>



- **AES Europe 2024**

- Data: 15–17 de junho de 2024
- Local: Madri, Espanha
- <https://www.aes.org/events/>



- **ICSV30 – 30th International Congress on Sound and Vibration**

- Data: 8–11 de julho de 2024
- Local: Amsterdã, Países Baixos
- <https://www.iiav.org/>



- **INTER-NOISE 2024 – 53rd International Congress on Noise Control Engineering**

- Data: 25–29 de agosto de 2024
- Local: Nantes, França
- <https://internoise2024.org/>



• **Quiet Drones 2024 – 3rd International Symposium
on UAV Noise**

- Data: 8–11 de setembro de 2024
- Local: Manchester, Reino Unido
(University of Salford, Peel Park Campus)
- <https://www.quietdrones.org/>



• **Acústica 2024 / Tecniacústica 2024
(XIII Congreso Ibérico / 55º Congreso Español)**

- Data: 11–13 de setembro de 2024
- Local: Faro, Portugal
- <https://www.spacustica.pt/acustica2024/>



• **Acoustics 2024 – Acoustics in the Sun**

- Data: 6–8 de novembro de 2024
- Local: Queensland, Austrália
- <https://www.acoustics.org.au/>



• **187th Meeting of the Acoustical Society of America (virtual)**

- Data: 18–22 de novembro de 2024
- Local: On-line (global)
- <https://acousticalsociety.org/asa-meetings/>



★ **SOBRAC 40 anos + 15º Seminário Internacional NUTAU**

- Data: 21–22 de novembro de 2024
- Local: São Paulo, SP, Brasil
- <https://acustica.org.br/>



• **FIA 2024 – XIII Congresso Iberoamericano de Acústica**

- Data: 2–4 de dezembro de 2024
- Local: Santiago, Chile
- <https://www.fia2024.org/>



2025**• DAS/DAGA 2025 – 51st Annual Meeting on Acoustics**

- Data: 17–20 de março de 2025
- Local: Copenhague, Dinamarca
- <https://www.das-daga2025.eu/>

**• AES International Conference on Diversity, Equity, and Inclusion**

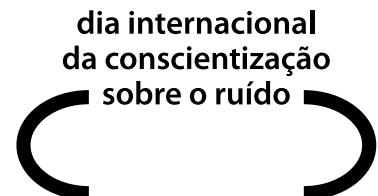
- Data: 3–5 de abril de 2025
- Local: San Diego, Califórnia, EUA
- <https://www.aes.org/events/>

**★ 40º Encontro Internacional de Audiologia (EIA 2025)**

- Data: 9–12 de abril de 2025 (pré-congresso em 9/04)
- Local: Recife, PE, Brasil
- <https://audiologiabrasil.org.br/40eia/>

**★ INAD 2025 – Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído**

- Data: 30 de abril de 2025 (última quarta-feira de abril)
- Local: Global (várias cidades no Brasil e no mundo)
- <https://www.inadbrasil.com/inad-2025/>

**• NOVEM 2025 – Noise and Vibration Emerging Methods**

- Data: 6–8 de maio de 2025
- Local: Garmisch-Partenkirchen, Alemanha
- <https://novem2025.sciencesconf.org/>

**• ICA 2025 – 25th International Congress on Acoustics (joint with ASA 188th Meeting)**

- Data: 18–23 de maio de 2025
- Local: New Orleans, Louisiana, EUA
- <https://ica2025neworleans.org/>



- **AES Europe 2025 Convention**

- Data: 22–24 de maio de 2025
- Local: Varsóvia, Polônia
- <https://aeseurope.com/>



- **AIA 2025 – 51º Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Acustica**

- Data: 4–6 de junho de 2025
- Local: Treviso, Itália
- <https://acustica-aia.it/>



- **NOISE-CON 2025**

- Data: 9–11 de junho de 2025
- Local: Portland, Oregon, EUA
- <https://www.inceusa.org/>



- **Forum Acusticum / Euronoise 2025**

- Data: 23–26 de junho de 2025
- Local: Málaga, Espanha
- <https://www.fa-euronoise2025.org/>



- **ICSV31 – 31st International Congress on Sound and Vibration**

- Data: 6–11 de julho de 2025
- Local: Incheon, Coreia do Sul
- <https://www.csv31.org/>



- **AES Latin American Convention 2025**

- Data: 15–17 de agosto de 2025
- Local: Cidade do México, México
- <https://www.aes.org/events/>



- **INTER-NOISE 2025 – 54th International Congress on Noise Control Engineering**

- Data: 24–27 de agosto de 2025
- Local: São Paulo, SP, Brasil
- <https://internoise2025.org/>



- **AES 2025 International Conference on Headphone Technology**

- Data: 27–29 de agosto de 2025
- Local: Espoo, Finlândia
- <https://www.aes.org/events/>



★ **ENCAC 2025 – Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído**

- Data: 1–4 de setembro de 2025
- Local: São Carlos, SP, Brasil
- <https://www.encac.com.br/>



- **AES International Conference on AI and Machine Learning Audio**

- Data: 8–10 de setembro de 2025
- Local: Londres, Reino Unido
- <https://www.aes.org/events/>



- **Auditorium Acoustics 2025 – 12th International Conference**

- Data: 8–10 de setembro de 2025
- Local: Bristol, Reino Unido (Bristol Beacon)
- <https://auditorium2025.org/>



- **OSA 2025 – 71st Open Seminar on Acoustics**

- Data: 8–12 de setembro de 2025
- Local: Szczyrk, Polônia
- <http://osa.ogpta.pl/>



- **AAAA 2025 – 11th Congress of the Alps Adria Acoustics Association**

- Data: 18–19 de setembro de 2025
- Local: Varaždin, Croácia
- <https://www.alpsadriaacoustics.eu/>



• **ISMIR 2025 – International Society for Music Information Retrieval**

- Data: 21–25 de setembro de 2025
- Local: Daejeon, Coreia do Sul
- <https://ismir.net/>



• **ACOUSTICS 2025 High Tatras – 37th International Conference**

- Data: 1–3 de outubro de 2025
- Local: Štrbské Pleso, Eslováquia
- <https://2025.acoustics.sk/>



★ **I Fórum de Acústica Sobrac Região Sul**

- Data: 10 de outubro de 2025
- Local: Florianópolis, SC, Brasil
- <https://www.instagram.com/sobracrs/>
- <https://www.instagram.com/sobrac.sc/>
- <https://www.instagram.com/sobrac.parana/>



• **Canadian Acoustics Conference 2025**

- Data: 15–16 de outubro de 2025
- Local: Calgary, Alberta, Canadá
- <https://aanvis.ca/2025-canadian-acoustics-conference/>



• **IISA 2025 – India International Symposium on Acoustics**

- Data: 30 de outubro – 1º de novembro de 2025
- Local: Gurugram, Índia
- <https://acousticsindia.org/>



★ **SOBRAC RJ 2025 – Encontro Regional da Sobrac**

- Data: 9–10 de novembro de 2025
- Local: Búzios, RJ, Brasil
- <https://acustica.org.br/>



★ COBEM 2025 – Congresso Internacional de Engenharia Mecânica

- Data: 9–14 de novembro de 2025
- Local: Curitiba, PR, Brasil
- <https://eventos.abcm.org.br/>



• Acoustics 2025 – Sounds of the Sunset Coast

- Data: 12–14 de novembro de 2025
- Local: Joondalup (Western Australia), Austrália
- <https://www.acoustics.org.au/>



• Reproduced Sound 2025 – 41st Annual Conference

- Data: 18–20 de novembro de 2025
- Local: Bristol, Reino Unido (Bristol Beacon)
- <https://reproducessound.co.uk/>



• XIX Congreso Argentino de Acústica

- Data: 19–20 de novembro de 2025
- Local: Lanús, Buenos Aires, Argentina
- <https://www.unla.edu.ar/xixcongresodeacustica>



★ VIII SeGAV – Seminário Gaúcho de Acústica e Vibrações

- Data: 28–29 de novembro de 2025
- Local: Evento on-line (organização Sobrac-RS)
- <https://www.segav.org/>



• 189th Meeting of the Acoustical Society of America (joint with ASJ)

- Data: 1–5 de dezembro de 2025
- Local: Honolulu, Havaí, EUA
- <https://acousticalsociety.org/asa-meetings/>



2026

- **AAS 2026 – American Auditory Society Scientific & Technology Meeting**

- Data: 26–28 de fevereiro de 2026
- Local: Scottsdale, Arizona, EUA
- <https://www.amauditorysoc.org/>



- **DAGA 2026 – 52. Jahrestagung für Akustik**

- Data: 23–26 de março de 2026
- Local: Dresden, Alemanha (Congress Center Dresden)
- <https://www.daga2026.de/>



- ★ **SOBRAC NE 2026 – Encontro Regional da Sobrac Nordeste**

- Data: 27 de março de 2026
- Local: Teresina, PI, Brasil
- <https://acustica.org.br/>



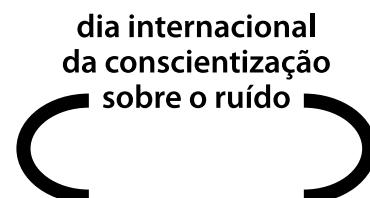
- ★ **41º Encontro Internacional de Audiologia (EIA 2026)**

- Data: 16–18 de abril de 2026
- Local: São Paulo, SP, Brasil
- <https://www.eia.audiologiabrasil.org.br/>



- ★ **INAD 2026 – Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído**

- Data: 29 de abril de 2026 (última quarta-feira de abril)
- Local: Global (várias cidades no Brasil e no mundo)
- <https://www.inadbrasil.com/>



- **BNAM 2026 – Baltic-Nordic Acoustic Meeting**

- Data: 4–6 de maio de 2026
- Local: Gotemburgo, Suécia
- <https://bnam2026.org/>



- **ICASSP 2026 – IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing**

- Data: 4–8 de maio de 2026
- Local: Barcelona, Espanha
- <https://2026.ieeeicassp.org/>



- **ASA 190th Meeting – Acoustical Society of America**

- Data: 11–15 de maio de 2026
- Local: Filadélfia, Pensilvânia, EUA
- <https://acousticalsociety.org/philadelphia/>



- **AES Europe 2026 Convention**

- Data: 28–30 de maio de 2026
- Local: Copenhague, Dinamarca
- <https://aeseurope.com/>



- **BeBeC 2026 – Berlin Beamforming Conference**

- Data: 1–2 de junho de 2026
- Local: Berlim, Alemanha
- <https://www.bebec.eu/2026/>



- **AES 2026**

- Data: 3–6 de junho de 2026
- Local: Catania, Itália
- <https://aesconference.org/>



- **AIA 2026 – 52º Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Acustica**

- Data: 10–12 de junho de 2026
- Local: Perugia, Itália
- <https://acustica-aia.it/>



- **ICBEN 2026 – Congress on Noise as a Public Health Problem**

- Data: 14–18 de junho de 2026
- Local: Copenhague, Dinamarca
- <https://www.icben.org/>



• **ICUA 2026 – International Conference on Underwater Acoustics**

- Data: 15–18 de junho de 2026
- Local: Glasgow, Escócia
- <https://www.ioa.org.uk/>



• **Quiet Drones 2026 – 4th International Symposium on UAV Noise**

- Data: 29 de junho–1 de julho de 2026
- Local: Delft, Países Baixos (TU Delft, Faculty of Aerospace Engineering)
- <https://www.quietdrones.org/>



• **AVARIG 2026 – International Conference on Audio for VR/AR and Immersive Games**

- Data: 30 de junho–3 de julho de 2026
- Local: Paris, França
- <https://www.aes.org/events/>



• **ICSV32 – 32nd International Congress on Sound and Vibration**

- Data: 5–10 de julho de 2026
- Local: Istambul, Turquia
- <https://www.csv32.org/>



• **NOISE-CON 2026**

- Data: 9–11 de julho de 2026
- Local: Long Beach, Califórnia, EUA
- <https://www.xcdsystem.com/inceusa/program/RKIPxmk/index.cfm>



• **INTER-NOISE 2026 – 55th International Congress on Noise Control Engineering**

- Data: 9–12 de agosto de 2026
- Local: Adelaide, South Australia, Austrália
- <https://internoise2026.org/>



• **FIA 2026 – Congresso Iberoamericano de Acústica**

- Data: 12–14 de agosto de 2026
- Local: Lima, Peru
- <https://fia-acustica.org/congresos/>



• **Forum Acusticum / Euronoise 2026**

- Data: 6–12 de setembro de 2026
- Local: Graz, Áustria
- <https://forum-acusticum.org/fa2026/>



• **ISMIR 2026 – International Society for Music Information Retrieval**

- Data: 8–12 de novembro de 2026
- Local: Abu Dhabi, Emirados Árabes Unidos
- <https://ismir.net/>



• **TECNIACÚSTICA 2026 – 56th Spanish Congress of Acoustics & Iberian Congress on Acoustics**

- Data: 11–13 de novembro de 2026
- Local: Granada, Espanha
- <https://www.sea-acustica.es/>



★ **XXI Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica (Sobrac 2026)**

- Data: 16–19 de novembro de 2026
- Local: Ouro Preto, MG, Brasil
- <https://acustica.org.br/>



• **SAPEM 2026 – Symposium on the Acoustics of Poro-Elastic Materials**

- Data: 16–20 de novembro de 2026
- Local: Marne-la-Vallée (Grande Paris), França
- <https://sapem2026.matelys.com/>



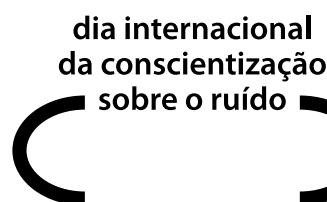
2027

• **DAGA 2027 – 53. Jahrestagung für Akustik**

- Data: 8–11 de março de 2027
- Local: Darmstadt, Alemanha
- <https://www.daga-tagung.de/>



★ **INAD 2027 – Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído**



- Data: 28 de abril de 2027 (última quarta-feira de abril, estimada)
- Local: Global (várias cidades no Brasil e no mundo)
- <https://www.inadbrasil.com/>

• **ICASSP 2027 – IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing**

- Data: 16–21 de maio de 2027
- Local: Toronto, Canadá
- <https://2027.ieeeicassp.org/>



• **Forum Acusticum 2027 (joint conference with ASA)**

- Data: 30 de maio – 4 de junho de 2027
- Local: Bruxelas, Bélgica
- <https://acousticalsociety.org/acoustics27brussels/>



• **ICTCA 2027 – 17th International Conference on Theoretical and Computational Acoustics**

- Data: 30 de agosto–2 de setembro de 2027
- Local: Santiago de Compostela, Espanha
- <https://ictca2027.udc.es/>



• **ICSV33 – International Congress on Sound and Vibration**

- Data: 2027 (datas a definir)
- Local: a definir
- <https://www.iiav.org/>



• **INTER-NOISE 2027 – International Congress on Noise Control Engineering**

- Data: 2027 (datas a definir)
- Local: a definir
- <https://i-ince.org/>



• **ISMIR 2027 – International Society for Music Information Retrieval**

- Data: 2027 (datas a definir)
- Local: Penang, Malásia
- <https://ismir.net/>

ISMIR

2028

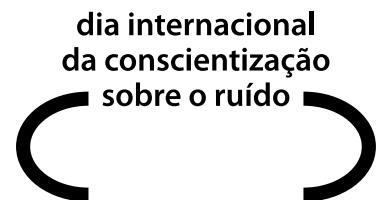
• **DAGA 2028 – 54. Jahrestagung für Akustik**

- Data: 20–23 de março de 2028
- Local: Stuttgart, Alemanha
- <https://www.daga-tagung.de/>



★ **INAD 2028 – Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído**

- Data: 26 de abril de 2028 (última quarta-feira de abril, estimada)
- Local: Global (várias cidades no Brasil e no mundo)
- <https://www.inadbrasil.com/>



• **ICASSP 2028 – IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing**

- Data: 28 de maio – 3 de junho de 2028
- Local: Tóquio, Japão
- <https://ieeiecassp.org/event/icassp-2028-tokyo/>



• **ICA 2028 + Forum Acusticum 2028 (joint conference)**

- Data: 11–14 de setembro de 2028
- Local: Funchal (Madeira), Portugal
- icacommission.org/event/26th-international-congress-on-acoustics-ica-2028



• **BeBeC 2028 – Berlin Beamforming Conference**

- Data: 2028 (datas a definir)
- Local: Berlim, Alemanha
- <https://www.bebec.eu/2026/>



• **ICSV34 – International Congress on Sound and Vibration**

- Data: 2028 (datas a definir)
- Local: a definir
- <https://www.iiav.org/>



• **INTER-NOISE 2028 – International Congress on Noise Control Engineering**

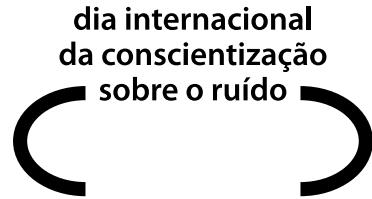
- Data: 2028 (datas a definir)
- Local: a definir
- <https://i-ince.org/>



2029

★ **INAD 2029 – Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído**

- Data: 25 de abril de 2029 (última quarta-feira de abril, estimada)
- Local: Global (várias cidades no Brasil e no mundo)
- <https://www.inadbrasil.com/>



• **ICASSP 2029 – IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing**

- Data: 22–27 de abril de 2029
- Local: Copenhague, Dinamarca
- <https://2029.ieeeicassp.org/>



• **DAGA 2029 / Forum Acusticum 2029 (Joint Conference)**

- Data: 4–8 de junho de 2029
- Local: Colônia, Alemanha
- <https://www.daga-tagung.de/>



Referências on-line complementares

- Lista continuamente atualizada de congressos de acústica (Prof. António Pedro O. Carvalho, FEUP):
 - <https://web.fe.up.pt/~carvalho/congressos.htm>
- International Commission for Acoustics (ICA) – próximos congressos:
 - <https://www.icacommission.org/ica-congress/upcoming-ica-congresses/>
- International Institute of Noise Control Engineering (I-INCE):
 - <https://i-ince.org/>
- Audio Engineering Society (AES) – calendário global:
 - <https://aes2.org/event-calendar/>
- IEEE Signal Processing Society – ICASSP:
 - <https://signalprocessingociety.org/event-names/icassp>
- EAA - European Acoustics Association:
 - <https://euracoustics.org/events/>
- ASA Meetings:
 - <https://acousticalsociety.org/meeting-information/>
- Sociedade Brasileira de Acústica (Sobrac):
 - <https://acustica.org.br/>

Mensagem final

Por fim, deseja-se que esta agenda sirva como um convite à troca e ao aprendizado: que cada leitor consiga participar do maior número possível de eventos, na medida em que sua disponibilidade permitir, aproveitando as oportunidades de atualização técnica, diálogo com a comunidade e construção de novas parcerias.

Prof. William D'Andrea Fonseca, Dr. Eng.

Acoustics events in Brazil and around the world (2024–2029)

This section presents a selection of major events, congresses, and meetings in acoustics, noise, vibration, audio, signal processing, and related fields scheduled between 2024 and 2029, including dates, locations, and official websites. The events were selected based on international associations (ICA, I-INCE, ASA, AES, IIAV, EAA, ISMIR, FIA etc.) as well as national and regional entities, aiming at a broad panorama that includes both large-scale conferences and regional meetings. Events held in Brazil are marked with a yellow star. In addition, Figure 1 presents a few statistics derived from this list.

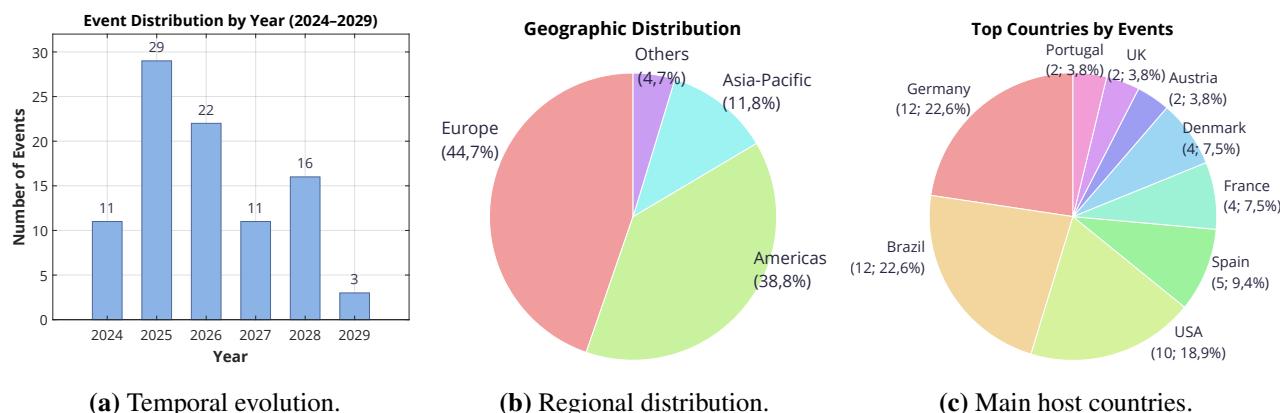


Figure 1: Statistical overview of acoustics events (2024–2029): (a) number of events per year, (b) distribution across geographic regions, and (c) countries hosting the largest number of conferences.

2024

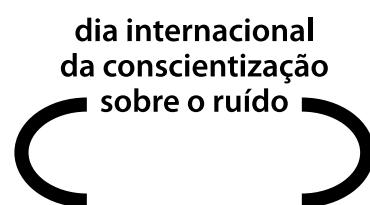
• DAGA 2024 – 50th Annual Conference on Acoustics

- Date: 18–21 March 2024
- Location: Hannover, Germany
- <https://2024.daga-tagung.de/en/>



★ INAD 2024 – International Noise Awareness Day

- Date: 24 April 2024 (last Wednesday of April)
- Location: Global (multiple cities in Brazil and worldwide)
- <https://www.inadbrasil.com/inad-2024/>



★ 39th International Audiology Meeting (EIA 2024)

- Date: 9–11 May 2024
- Location: São Paulo, SP, Brazil
- <https://audiologiabrasil.org.br/39eia/>



- **186th Meeting of the Acoustical Society of America
(Acoustics Week in Canada)**

- Date: 13–17 May 2024
- Location: Ottawa, Ontario, Canada
- <https://acousticalsociety.org/asa-meetings/>



- **BNAM 2024 – Baltic-Nordic Acoustic Meeting**

- Date: 22–24 May 2024
- Location: Espoo (Hansasaari), Finland
- <https://www.bnamp2024.net/>



- **BeBeC 2024 – 10th Berlin Beamforming Conference**

- Date: 10–11 June 2024
- Location: Berlin, Germany
- <https://www.bebec.eu/>



- **NOISE-CON 2024**

- Date: 10–12 June 2024
- Location: New Orleans, Louisiana, USA
- <https://www.inceusa.org/noisecon24/>



- **AES Europe 2024**

- Date: 15–17 June 2024
- Location: Madrid, Spain
- <https://www.aes.org/events/>



- **ICSV30 – 30th International Congress on Sound and Vibration**

- Date: 8–11 July 2024
- Location: Amsterdam, The Netherlands
- <https://www.iiav.org/>



- **INTER-NOISE 2024 – 53rd International Congress on Noise Control Engineering**

- Date: 25–29 August 2024
- Location: Nantes, France
- <https://internoise2024.org/>



• **Quiet Drones 2024 – 3rd International Symposium
on UAV Noise**

- Date: 8–11 September 2024
- Location: Manchester, United Kingdom
(University of Salford, Peel Park Campus)
- <https://www.quietdrones.org/>



• **Acústica 2024 / Tecniacústica 2024
(XIII Iberian Congress / 55th Spanish Congress)**

- Date: 11–13 September 2024
- Location: Faro, Portugal
- <https://www.spacustica.pt/acustica2024/>



• **Acoustics 2024 – Acoustics in the Sun**

- Date: 6–8 November 2024
- Location: Queensland, Australia
- <https://www.acoustics.org.au/>



• **187th Meeting of the Acoustical Society of America (virtual)**

- Date: 18–22 November 2024
- Location: Online (global)
- <https://acousticalsociety.org/asa-meetings/>



★ **Sobrac 40 years + 15th International NUTAU Seminar**

- Date: 21–22 November 2024
- Location: São Paulo, SP, Brazil
- <https://acustica.org.br/>



• **FIA 2024 – XIII Ibero-American Congress on Acoustics**

- Date: 2–4 December 2024
- Location: Santiago, Chile
- <https://www.fia2024.org/>



2025**• DAS/DAGA 2025 – 51st Annual Meeting on Acoustics**

- Date: 17–20 March 2025
- Location: Copenhagen, Denmark
- <https://www.das-daga2025.eu/>

**• AES International Conference on Diversity, Equity, and Inclusion**

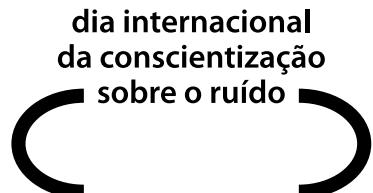
- Date: 3–5 April 2025
- Location: San Diego, California, USA
- <https://www.aes.org/events/>

**★ 40th International Audiology Meeting (EIA 2025)**

- Date: 9–12 April 2025 (pre-congress on 9 April)
- Location: Recife, PE, Brazil
- <https://audiologiabrasil.org.br/40eia/>

**★ INAD 2025 – International Noise Awareness Day**

- Date: 30 April 2025 (last Wednesday of April)
- Location: Global (multiple cities in Brazil and worldwide)
- <https://www.inadbrasil.com/inad-2025/>

**• NOVEM 2025 – Noise and Vibration Emerging Methods**

- Date: 6–8 May 2025
- Location: Garmisch-Partenkirchen, Germany
- <https://novem2025.sciencesconf.org/>

**• ICA 2025 – 25th International Congress on Acoustics (joint with ASA 188th Meeting)**

- Date: 18–23 May 2025
- Location: New Orleans, Louisiana, USA
- <https://ica2025neworleans.org/>



• **AES Europe 2025 Convention**

- Date: 22–24 May 2025
- Location: Warsaw, Poland
- <https://aeseurope.com/>



• **AIA 2025 – 51st National Conference of the Italian Acoustics Association**

- Date: 4–6 June 2025
- Location: Treviso, Italy
- <https://acustica-aia.it/>



• **NOISE-CON 2025**

- Date: 9–11 June 2025
- Location: Portland, Oregon, USA
- <https://www.inceusa.org/>



• **Forum Acusticum / Euronoise 2025**

- Date: 23–26 June 2025
- Location: Málaga, Spain
- <https://www.fa-euronoise2025.org/>



• **ICSV31 – 31st International Congress on Sound and Vibration**

- Date: 6–11 July 2025
- Location: Incheon, South Korea
- <https://www.csv31.org/>



• **AES Latin American Convention 2025**

- Date: 15–17 August 2025
- Location: Mexico City, Mexico
- <https://www.aes.org/events/>



• **INTER-NOISE 2025 – 54th International Congress on Noise Control Engineering**

- Date: 24–27 August 2025
- Location: São Paulo, SP, Brazil
- <https://internoise2025.org/>



- **AES 2025 International Conference on Headphone Technology**

- Date: 27–29 August 2025
- Location: Espoo, Finland
- <https://www.aes.org/events/>



★ **ENCAC 2025 – National Meeting on Comfort in the Built Environment**

- Date: 1–4 September 2025
- Location: São Carlos, SP, Brazil
- <https://www.encac.com.br/>



- **AES International Conference on AI and Machine Learning Audio**

- Date: 8–10 September 2025
- Location: London, United Kingdom
- <https://www.aes.org/events/>



- **Auditorium Acoustics 2025 – 12th International Conference**

- Date: 8–10 September 2025
- Location: Bristol, United Kingdom (Bristol Beacon)
- <https://auditorium2025.org/>



- **OSA 2025 – 71st Open Seminar on Acoustics**

- Date: 8–12 September 2025
- Location: Szczyrk, Poland
- <http://osa.ogpta.pl/>



- **AAAA 2025 – 11th Congress of the Alps Adria Acoustics Association**

- Date: 18–19 September 2025
- Location: Varaždin, Croatia
- <https://www.alpsadriaacoustics.eu/>



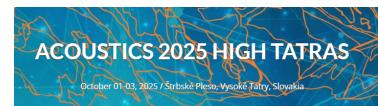
• **ISMIR 2025 – International Society for Music Information Retrieval**

- Date: 21–25 September 2025
- Location: Daejeon, South Korea
- <https://ismir.net/>



• **ACOUSTICS 2025 High Tatras – 37th International Conference**

- Date: 1–3 October 2025
- Location: Štrbské Pleso, Slovakia
- <https://2025.acoustics.sk/>



★ **1st Acoustics Forum – Sobrac Southern Region**

- Date: 10 October 2025
- Location: Florianópolis, SC, Brazil
- <https://www.instagram.com/sobracrs/>
- <https://www.instagram.com/sobrac.sc/>
- <https://www.instagram.com/sobrac.parana/>



• **Canadian Acoustics Conference 2025**

- Date: 15–16 October 2025
- Location: Calgary, Alberta, Canada
- <https://aanvis.ca/2025-canadian-acoustics-conference/>



• **IISA 2025 – India International Symposium on Acoustics**

- Date: 30 October – 1 November 2025
- Location: Gurugram, India
- <https://acousticsindia.org/>



★ **Sobrac RJ 2025 – Sobrac Regional Meeting**

- Date: 9–10 November 2025
- Location: Búzios, RJ, Brazil
- <https://acustica.org.br/>



★ COBEM 2025 – International Congress of Mechanical Engineering

- Date: 9–14 November 2025
- Location: Curitiba, PR, Brazil
- <https://eventos.abcm.org.br/>



• **Acoustics 2025 – Sounds of the Sunset Coast**

- Date: 12–14 November 2025
- Location: Joondalup (Western Australia), Australia
- <https://www.acoustics.org.au/>



• **Reproduced Sound 2025 – 41st Annual Conference**

- Date: 18–20 November 2025
- Location: Bristol, United Kingdom (Bristol Beacon)
- <https://reproducessound.co.uk/>



• **XIX Congreso Argentino de Acústica**

- Date: 19–20 November 2025
- Location: Lanús, Buenos Aires, Argentina
- <https://www.unla.edu.ar/xixcongresodeacustica>



★ VIII SeGAV – Gaúcho Seminar on Acoustics and Vibration

- Date: 28–29 November 2025
- Location: Online event (Sobrac-RS organisation)
- <https://www.segav.org/>



• **189th Meeting of the Acoustical Society of America (joint with ASJ)**

- Date: 1–5 December 2025
- Location: Honolulu, Hawaii, USA
- <https://acousticalsociety.org/asa-meetings/>



2026

- **AAS 2026 – American Auditory Society Scientific & Technology Meeting**

- Date: 26–28 February 2026
- Location: Scottsdale, Arizona, USA
- <https://www.amauditorysoc.org/>



- **DAGA 2026 – 52nd Annual Meeting on Acoustics**

- Date: 23–26 March 2026
- Location: Dresden, Germany (Congress Center Dresden)
- <https://www.daga2026.de/>



★ Sobrac NE 2026 – Sobrac Northeast Regional Meeting

- Date: 27 March 2026
- Location: Teresina, PI, Brazil
- <https://acustica.org.br/>



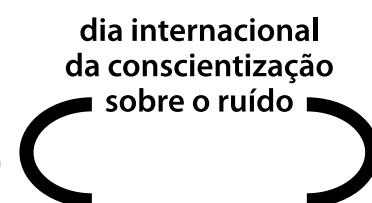
★ 41st International Audiology Meeting (EIA 2026)

- Date: 16–18 April 2026
- Location: São Paulo, SP, Brazil
- <https://www.eia.audiologiabrasil.org.br/>



★ INAD 2026 – International Noise Awareness Day

- Date: 29 April 2026 (last Wednesday of April)
- Location: Global (multiple cities in Brazil and worldwide)
- <https://www.inadbrasil.com/>



- **BNAM 2026 – Baltic-Nordic Acoustic Meeting**

- Date: 4–6 May 2026
- Location: Gothenburg, Sweden
- <https://bnam2026.org/>



- **ICASSP 2026 – IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing**

- Date: 4–8 May 2026
- Location: Barcelona, Spain
- <https://2026.ieeeicassp.org/>



- **ASA 190th Meeting – Acoustical Society of America**

- Date: 11–15 May 2026
- Location: Philadelphia, Pennsylvania, USA
- <https://acousticalsociety.org/philadelphia/>



- **AES Europe 2026 Convention**

- Date: 28–30 May 2026
- Location: Copenhagen, Denmark
- <https://aeseurope.com/>



- **BeBeC 2026 – Berlin Beamforming Conference**

- Date: 1–2 June 2026
- Location: Berlin, Germany
- <https://www.bebec.eu/2026/>



- **AES 2026**

- Date: 3–6 June 2026
- Location: Catania, Italy
- <https://aesconference.org/>



- **AIA 2026 – 52nd National Conference of the Italian Acoustics Association**

- Date: 10–12 June 2026
- Location: Perugia, Italy
- <https://acustica-aia.it/>



- **ICBEN 2026 – Congress on Noise as a Public Health Problem**

- Date: 14–18 June 2026
- Location: Copenhagen, Denmark
- <https://www.icben.org/>



• **ICUA 2026 – International Conference on Underwater Acoustics**

- Date: 15–18 June 2026
- Location: Glasgow, Scotland
- <https://www.ioa.org.uk/>



• **Quiet Drones 2026 – 4th International Symposium on UAV Noise**

- Date: 29 June–1 July 2026
- Location: Delft, The Netherlands (TU Delft, Faculty of Aerospace Engineering)
- <https://www.quietdrones.org/>



• **AVARIG 2026 – International Conference on Audio for VR/AR and Immersive Games**

- Date: 30 June–3 July 2026
- Location: Paris, France
- <https://www.aes.org/events/>



• **ICSV32 – 32nd International Congress on Sound and Vibration**

- Date: 5–10 July 2026
- Location: Istanbul, Turkey
- <https://www.csv32.org/>



• **NOISE-CON 2026**

- Date: 9–11 July 2026
- Location: Long Beach, California, USA
- <https://www.xcdsystem.com/inceusa/program/RKIPxmk/index.cfm>



• **INTER-NOISE 2026 – 55th International Congress on Noise Control Engineering**

- Date: 9–12 August 2026
- Location: Adelaide, South Australia, Australia
- <https://internoise2026.org/>



• **FIA 2026 – Ibero-American Congress on Acoustics**

- Date: 12–14 August 2026
- Location: Lima, Peru
- <https://fia-acustica.org/congresos/>



• **Forum Acusticum / Euronoise 2026**

- Date: 6–12 September 2026
- Location: Graz, Austria
- <https://forum-acusticum.org/fa2026/>



• **ISMIR 2026 – International Society for Music Information Retrieval**

- Date: 8–12 November 2026
- Location: Abu Dhabi, United Arab Emirates
- <https://ismir.net/>



• **TECNIACÚSTICA 2026 – 56th Spanish Congress of Acoustics & Iberian Congress on Acoustics**

- Date: 11–13 November 2026
- Location: Granada, Spain
- <https://www.sea-acustica.es/>



★ **XXXI Meeting of the Brazilian Acoustics Society (Sobrac 2026)**

- Date: 16–19 November 2026
- Location: Ouro Preto, MG, Brazil
- <https://acustica.org.br/>



• **SAPEM 2026 – Symposium on the Acoustics of Poro-Elastic Materials**

- Date: 16–20 November 2026
- Location: Marne-la-Vallée (Greater Paris), France
- <https://sapem2026.matelys.com/>



2027

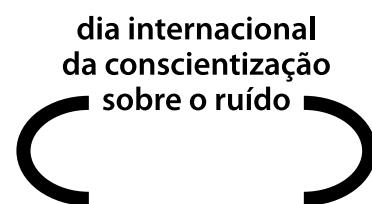
• DAGA 2027 – 53rd Annual Meeting on Acoustics

- Date: 8–11 March 2027
- Location: Darmstadt, Germany
- <https://www.daga-tagung.de/>



★ INAD 2027 – International Noise Awareness Day

- Date: 28 April 2027 (last Wednesday of April, estimated)
- Location: Global (multiple cities in Brazil and worldwide)
- <https://www.inadbrasil.com/>



• ICASSP 2027 – IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing

- Date: 16–21 May 2027
- Location: Toronto, Canada
- <https://2027.ieeeicassp.org/>



• Forum Acusticum 2027 (joint conference with ASA)

- Date: 30 May – 4 June 2027
- Location: Brussels, Belgium
- <https://acousticalsociety.org/acoustics27brussels/>



• ICTCA 2027 – 17th International Conference on Theoretical and Computational Acoustics

- Date: 30 August–2 September 2027
- Location: Santiago de Compostela, Spain
- <https://ictca2027.udc.es/>



• ICSV33 – International Congress on Sound and Vibration

- Date: 2027 (to be confirmed)
- Location: to be confirmed
- <https://www.iav.org/>



• **INTER-NOISE 2027 – International Congress on Noise Control Engineering**

- Date: 2027 (to be confirmed)
- Location: to be confirmed
- <https://i-ince.org/>



• **ISMIR 2027 – International Society for Music Information Retrieval**

- Date: 2027 (to be confirmed)
- Location: Penang, Malaysia
- <https://ismir.net/>

ISMIR

2028

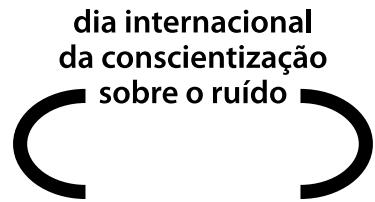
• **DAGA 2028 – 54th Annual Meeting on Acoustics**

- Date: 20–23 March 2028
- Location: Stuttgart, Germany
- <https://www.daga-tagung.de/>



★ **INAD 2028 – International Noise Awareness Day**

- Date: 26 April 2028 (last Wednesday of April, estimated)
- Location: Global (multiple cities in Brazil and worldwide)
- <https://www.inadbrasil.com/>



• **ICASSP 2028 – IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing**

- Date: 28 May – 3 June 2028
- Location: Tokyo, Japan
- <https://ieeiecassp.org/event/icassp-2028-tokyo/>



• **ICA 2028 + Forum Acusticum 2028 (joint conference)**

- Date: 11–14 September 2028
- Location: Funchal (Madeira), Portugal
- icacommission.org/event/26th-international-congress-on-acoustics-ica-2028



• **BeBeC 2028 – Berlin Beamforming Conference**

- Date: 2028 (to be confirmed)
- Location: Berlin, Germany
- <https://www.bebec.eu/2026/>



• **ICSV34 – International Congress on Sound and Vibration**

- Date: 2028 (to be confirmed)
- Location: to be confirmed
- <https://www.iiav.org/>



• **INTER-NOISE 2028 – International Congress on Noise Control Engineering**

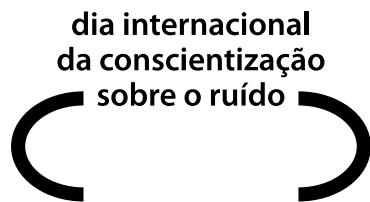
- Date: 2028 (to be confirmed)
- Location: to be confirmed
- <https://i-ince.org/>



2029

★ **INAD 2029 – International Noise Awareness Day**

- Date: 25 April 2029 (last Wednesday of April, estimated)
- Location: Global (multiple cities in Brazil and worldwide)
- <https://www.inadbrasil.com/>



• **ICASSP 2029 – IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing**

- Date: 22–27 April 2029
- Location: Copenhagen, Denmark
- <https://2029.ieeeicassp.org/>



• **DAGA 2029 / Forum Acusticum 2029 (Joint Conference)**

- Date: 4–8 June 2029
- Location: Cologne, Germany
- <https://www.daga-tagung.de/>



Complementary online references

- Continuously updated list of acoustics conferences (Prof. António Pedro O. Carvalho, FEUP):
 - <https://web.fe.up.pt/~carvalho/congressos.htm>
- International Commission for Acoustics (ICA) – upcoming congresses:
 - <https://www.icacommission.org/ica-congress/upcoming-ica-congresses/>
- International Institute of Noise Control Engineering (I-INCE):
 - <https://i-ince.org/>
- Audio Engineering Society (AES) – global calendar:
 - <https://aes2.org/event-calendar/>
- IEEE Signal Processing Society – ICASSP:
 - <https://signalprocessingsociety.org/event-names/icassp>
- EAA – European Acoustics Association:
 - <https://euracoustics.org/events/>
- ASA meetings:
 - <https://acousticalsociety.org/meeting-information/>
- Brazilian Acoustics Society (Sobrac):
 - <https://acustica.org.br/>

Final note

Finally, it is hoped that this agenda will serve as an invitation to exchange and learning, enabling each reader to attend as many events as their availability allows, and to make the most of opportunities for technical updating, dialogue within the community, and the establishment of new collaborations.

Prof. William D'Andrea Fonseca, Dr. Eng.



24 - 27 DE AGOSTO, 2025

SÃO PAULO, BRASIL

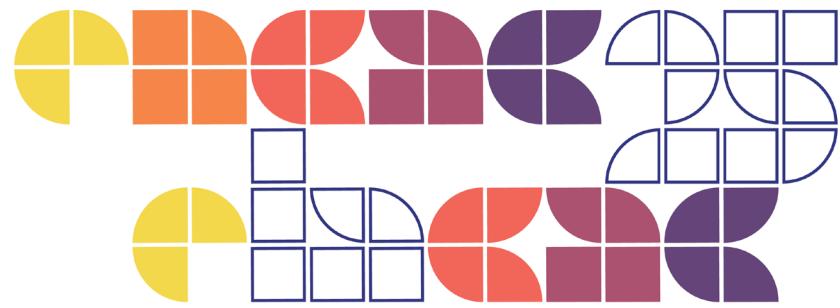
O maior evento de acústica do mundo

internoise2025.org

Conexões para um mundo com melhor sonoridade



(Esta página foi deixada intencionalmente em branco.)



XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Ambiente Construído e Usuário: Perspectivas Latino-Americanas

data: 1 a 4 set. 2025
local: USP - São Carlos

www.encac.com.br
@encac2025.sanca

Realização:



Organização:



FAUUSP

Apoio financeiro:



Apoio institucional:



Conselho de Arquitetura
e Urbanismo de São Paulo

De 1 a 4 de setembro, ocorrerá na Universidade de São Paulo, campus de São Carlos, o XVIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC) e o XIV Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído (ELACAC).

Para o XVIII ENCAC e XIV ELACAC, serão aceitos artigos completos (de até 12 páginas) ou resumos expandidos (de até 06 páginas) em português, espanhol ou inglês.
A submissão de trabalhos deve ser feita pela Plataforma OJS até dia 20 de fevereiro de 2025.

Empresas interessadas em apoiar o mais importante evento nacional e latino-americano da área de Conforto Ambiental e Eficiência Energética no Ambiente Construído podem entrar em contato com a Comissão Organizadora pelo e-mail encac2025@usp.br

O evento discutirá a temática “Ambiente Construído e Usuário: Perspectivas Latino-Americanas”. Pela primeira vez com duração de quatro dias, o evento contará com mais de 25 pesquisadores renomados da área específica na condução de palestras, painéis temáticos, oficinas e minicursos, além de outras atividades para profissionais, acadêmicos e estudantes como: sessões técnicas; Prêmio Maurício Roriz; Bienal de Arquitetura Bioclimática (Miguel Aroztegui); cafés confortáveis, coquetel de abertura, noite de confraternização e Pint of Comfort.

As áreas temáticas são:

- Acústica Arquitetônica e Urbana;
- Clima e Planejamento Urbano;
- Conforto Térmico;
- Desempenho Térmico do Ambiente Construído;
- Eficiência Energética;
- Iluminação Natural e Artificial;
- Conforto Ergonômico e Qualidade Ambiental e;
- Práticas Didáticas em Conforto Ambiental e Ergonômico e Qualidade Ambiental.



Nesta edição, com apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e apoio institucional do Conselho de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo (CAU/SP), o ENCAC/ELACAC será organizado pelo Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU-USP) e a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU-USP) da Universidade de São Paulo, e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

Programação

| HORA | DIA 1 (segunda-feira) | DIA 2 (terça-feira) | | DIA 3 (quarta-feira) | | DIA 4 (quinta-feira) | |
|---------------|---|---|---------------------|---|---------------------|--|---------------------|
| | 01 de setembro | 02 de setembro | | 03 de setembro | | 04 de setembro | |
| 8h-8h45 | CREDENCIAMENTO | Sessões Técnicas | Oficinas Minicursos | Sessões Técnicas | Oficinas Minicursos | Sessões Técnicas | Oficinas Minicursos |
| 8h45 - 9h30 | ABERTURA | | | | | | |
| 9h30 - 10h30 | PALESTRA 1 Palestrante: Silvia de Schiller | PALESTRA 2 Palestrante: Doris Kowaltowski | | PALESTRA 3 Palestrante: Marcos Acayaba | | Sessões Técnicas | Oficinas Minicursos |
| 10h30 - 11h | Café Confortável | Café Confortável | | Café Confortável | | Café Confortável | |
| 11h - 12h30 | PAINEL 1 Ambiente Construído e usuário: perspectivas latino-americanas Palestrantes: Silvia de Schiller John Martin Evans Leticia Peña Barrera | PAINEL 2 O ensino de conforto ambiental e o processo de projeto Palestrantes: Doris Kowaltowski Joana Gonçalves Stelamaris Bertoli | | PAINEL 3 Conforto ambiental e sustentabilidade no projeto Palestrantes: Jorge Perén Michael Smith Masis Susel Biondi | | PAINEL 5 Efeitos não-visuais da iluminação (Natural) Palestrantes: Fernando Ruttakay Cláudia Amorim | |
| 12h30 - 13h30 | Almoço | Almoço | | Almoço | | Almoço | |
| 13h30 - 14h | Short Talk | Short Talk | | Short Talk | Reunião GT Conforto | *Prêmio Maurício Roriz* | |
| 14h - 15h30 | Sessões Técnicas | Sessões Técnicas | | PAINEL 4 Zoneamento Bioclimático Brasileiro: histórico e nova versão Palestrantes: Victor Roriz Roberto Lamberts | | PALESTRA 4 Palestrante: Hashem Akbari | |
| 15h30 - 16h15 | Café Confortável | Café Confortável | | Café Confortável | | Café Confortável | |
| 16h15 - 18h | Sessões Técnicas | Sessões Técnicas | | Sessões Técnicas | Oficinas Minicursos | PAINEL 6 Desafios do Ambiente Construído frente à crise climática emergente Palestrantes: Hashem Akbari Silvia Tavares Umberto Berardi Kelen Dornelles | |
| 18h | Abertura da Exposição XIV Bienal Aroztegui * Professores Homenageados * Coquetel | | | Premiação Bienal Aroztegui | | Sessão de Encerramento Divulgação do ENCAC/ELACAC 2027 | |
| 19h | | Noite de Confraternização | | Pint of Comfort ENCAC/ELACAC 2025 | | Happy hour de Encerramento ENCAC/ELACAC 2025 | |

Sobre o evento ENCAC I ELACAC 2025

O ENCAC é um encontro bienal destinado a docentes, pesquisadores, alunos de graduação e pós-graduação, construtores, projetistas, consultores, técnicos de órgãos públicos e profissionais atuantes nas áreas de construção civil, arquitetura, habitação e outros temas correlatos ao Conforto Ambiental no Ambiente Construído.

O evento é um fórum de discussão para promover a consciência e a responsabilidade ecológica e ambiental no desenho urbano e na arquitetura. Objetiva contribuir na disseminação, no desenvolvimento, na documentação e na difusão dos princípios da arquitetura bioclimática e da aplicação de estratégias passivas e inovadoras de aquecimento, resfriamento, tratamento acústico e iluminação no ambiente construído.

O primeiro ENCAC ocorreu em 1990, na cidade de Gramado, RS. No ano de 2025, com o 18º ENCAC sendo realizado na cidade de São Carlos, SP, celebraremos 35 anos de trajetória. A partir de 1995, o evento ampliou sua abrangência para a América Latina, com a incorporação do Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído - ELACAC, que ocorre concomitantemente ao ENCAC. Em 1999, foi lançado também um evento paralelo, a Bienal de Arquitetura Bioclimática “José Miguel Aroztegui”, Concurso Latino-Americano de Projetos Estudantis de Arquitetura Bioclimática. Nesta nova edição, simultaneamente ao XVIII ENCAC e ao XIV ELACAC, ocorrerá a XIV Bienal de Arquitetura Bioclimática “José Miguel Aroztegui”.

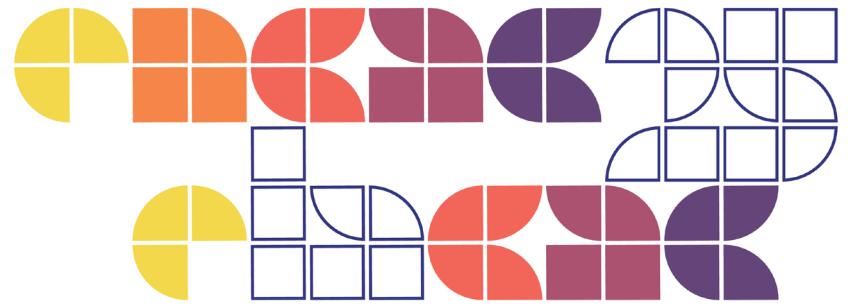
A Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC - é a entidade responsável pela realização do evento, promovido pelo GT em Conforto Ambiental e Eficiência Energética.

Realização: Organização:



Apoio financeiro: Apoio institucional:





XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Ambiente construido y usuario: perspectivas latinoamericanas

fecha: 1 a 4 sept. 2025
ubicación: USP - São Carlos

www.encac.com.br
@encac2025.sanca

Realización: Organización:



Apoyo financiero: Apoyo institucional:



Del 1 al 4 de septiembre se llevarán a cabo en la Universidad de São Paulo, campus São Carlos, el XVIII Encuentro Nacional sobre Confort en el Ambiente Construido (ENCAC) y el XIV Encuentro Latinoamericano sobre Confort en el Ambiente Construido (ELACAC).

Para la XVIII ENCAC y XIV ELACAC se aceptarán artículos completos (hasta 12 páginas) o resúmenes ampliados (hasta 6 páginas) en portugués, español o inglés. El envío de trabajos deberá realizarse a través de la Plataforma OJS antes del 20 de febrero de 2025.

Las empresas interesadas en apoyar el evento nacional y latinoamericano más importante en el área de Confort Ambiental y Eficiencia Energética en el Ambiente Construido pueden contactar al Comité Organizador por correo electrónico encac2025@usp.br

El evento discutirá el tema “Entorno construido y usuario: perspectivas latinoamericanas”. Por primera vez, con una duración de cuatro días, el evento contará con más de 25 reconocidos investigadores en el área específica realizando conferencias, paneles temáticos, talleres y minicursos, además de otras actividades para profesionales, académicos y estudiantes como: jornadas técnicas; Premio Mauricio Roriz; Bienal de Arquitectura Bioclimática (Miguel Aroztegui); Cafés reconfortantes, cóctel de apertura, velada social y Pint of Comfort.

Las áreas temáticas son:

- Acústica Arquitectónica y Urbana;
- Clima y Planificación Urbana;
- Confort Térmico;
- Rendimiento Térmico del Ambiente Construido;
- Eficiencia Energética;
- Iluminación Natural y Artificial;
- Confort Ergonómico y Calidad Ambiental y;
- Prácticas Didácticas en Confort Ambiental y Ergonómico y Calidad Ambiental.



En esta edición, con el apoyo financiero de la Coordinación de Perfeccionamiento del Personal de Educación Superior (CAPES) y el apoyo institucional del Consejo de Arquitectura y Urbanismo de São Paulo (CAU/SP), ENCAC/ELACAC será organizada por el Instituto de Arquitectura y Urbanismo (IAU-USP) y la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU-USP) de la Universidad de São Paulo, y por el Programa de Postgrado en Ingeniería Urbana de la Universidad Federal de São Paulo. São Carlos (UFSCar).

Cronograma preliminar

| HORA | DIA 1 (segunda-feira) | DIA 2 (terça-feira) | | DIA 3 (quarta-feira) | | DIA 4 (quinta-feira) | |
|---------------|---|---|---------------------|---|---------------------|--|---------------------|
| | 01 de setembro | 02 de setembro | | 03 de setembro | | 04 de setembro | |
| 8h-8h45 | CREDENCIAMENTO | Sessões Técnicas | Oficinas Minicursos | Sessões Técnicas | Oficinas Minicursos | Sessões Técnicas | Oficinas Minicursos |
| 8h45 - 9h30 | ABERTURA | | | | | | |
| 9h30 - 10h30 | PALESTRA 1 Palestrante: Silvia de Schiller | PALESTRA 2 Palestrante: Doris Kowaltowski | | PALESTRA 3 Palestrante: Marcos Acayaba | | Sessões Técnicas | Oficinas Minicursos |
| 10h30 - 11h | Café Confortável | Café Confortável | | Café Confortável | | Café Confortável | |
| 11h - 12h30 | PAINEL 1 Ambiente Construído e usuário: perspectivas latino-americanas Palestrantes: Silvia de Schiller John Martin Evans Leticia Peña Barrera | PAINEL 2 O ensino de conforto ambiental e o processo de projeto Palestrantes: Doris Kowaltowski Joana Gonçalves Stelamaris Bertoli | | PAINEL 3 Conforto ambiental e sustentabilidade no projeto Palestrantes: Jorge Perén Michael Smith Masis Susel Biondi | | PAINEL 5 Efeitos não-visuais da iluminação (Natural) Palestrantes: Fernando Ruttakay Cláudia Amorim | |
| 12h30 - 13h30 | Almoço | Almoço | | Almoço | | Almoço | |
| 13h30 - 14h | Short Talk | Short Talk | | Short Talk | Reunião GT Conforto | *Prêmio Maurício Roriz* | |
| 14h - 15h30 | Sessões Técnicas | Sessões Técnicas | | PAINEL 4 Zoneamento Bioclimático Brasileiro: histórico e nova versão Palestrantes: Victor Roriz Roberto Lamberts | | PALESTRA 4 Palestrante: Hashem Akbari | |
| 15h30 - 16h15 | Café Confortável | Café Confortável | | Café Confortável | | Café Confortável | |
| 16h15 - 18h | Sessões Técnicas | Sessões Técnicas | | Sessões Técnicas | Oficinas Minicursos | PAINEL 6 Desafios do Ambiente Construído frente à crise climática emergente Palestrantes: Hashem Akbari Silvia Tavares Umberto Berardi Kelen Dornelles | |
| 18h | Abertura da Exposição XIV Bienal Aroztegui * Professores Homenageados * Coquetel | | | Premiação Bienal Aroztegui | | Sessão de Encerramento Divulgação do ENCAC/ELACAC 2027 | |
| 19h | | Noite de Confraternização | | Pint of Comfort ENCAC/ELACAC 2025 | | Happy hour de Encerramento ENCAC/ELACAC 2025 | |

Sobre el evento ENCAC I ELACAC 2025

ENCAC es un encuentro bienal dirigido a docentes, investigadores, estudiantes de pregrado y posgrado, constructores, diseñadores, consultores, técnicos de organismos públicos y profesionales que trabajan en las áreas de construcción civil, arquitectura, vivienda y otros temas relacionados con el Confort Ambiental en el Ambiente Construido.

El evento es un foro de debate para promover la conciencia y la responsabilidad ecológica y ambiental en el diseño urbano y la arquitectura. Su objetivo es contribuir a la difusión, desarrollo, documentación y difusión de los principios de la arquitectura bioclimática y la aplicación de estrategias pasivas e innovadoras de calefacción, refrigeración, tratamiento acústico e iluminación en el entorno construido.

La primera ENCAC tuvo lugar en 1990, en la ciudad de Gramado, RS. En el año 2025, con la realización de la 18^a ENCAC en la ciudad de São Carlos, SP, celebramos 35 años de historia. A partir de 1995, el evento amplió su alcance a América Latina, con la incorporación del Encuentro Latinoamericano sobre Confort en el Ambiente Construido - ELACAC, que se realiza simultáneamente con ENCAC. En 1999 también se lanzó un evento paralelo, la Bienal de Arquitectura Bioclimática "José Miguel Aroztegui", Concurso Latinoamericano de Proyectos Estudiantiles de Arquitectura Bioclimática. En esta nueva edición, simultáneamente a la XVIII ENCAC y la XIV ELACAC, se llevará a cabo la XIV Bienal de Arquitectura Bioclimática "José Miguel Aroztegui".

La Asociación Nacional de Tecnología del Ambiente Construido - ANTAC - es la entidad responsable de la realización del evento, impulsado por el GT sobre Confort Ambiental y Eficiencia Energética.

Realización: Organización:



Apoyo financiero: Apoyo institucional:



Associe-se à



É fácil

- Acesse o site da Sobrac (acustica.org.br) e, na aba superior, selecione o item "Associe-se", escolhendo em seguida a categoria pretendida (**Pessoa Física ou Pessoa Jurídica**).
- Preencha o cadastro e submeta-o.
- Com os dados aprovados, o sistema lhe comunicará que está à espera do primeiro pagamento, para efetivar a associação à Sobrac.
- O sistema disponibiliza pagamentos através de sistema online, via cartão de crédito (podendo ser parcelado) ou pix.
- Para mais informações, entre em contato.

Os associados têm sempre acesso à Revista Acústica & Vibrações, aos anais de eventos e a descontos em eventos da sociedade e de parceiras!

The background of the image is a vibrant, abstract composition. It features a central, bright white area surrounded by concentric bands of color. These colors transition from deep purple at the outer edges to bright yellow and orange in the center. Numerous thin, radiating lines in shades of blue, green, and white fan outwards from the center, creating a sense of depth and motion. The overall effect is reminiscent of a celestial body like a planet or star seen through a lens flare or a stylized light painting.

ISSN 2764-3611 (e) | 1983-442X (i)