

AUT0286 – Conforto Ambiental 3: Termoacústica

Unidade: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo; Departamento: Tecnologia da Arquitetura

Créditos Aula: 4. Créditos Trabalho: 1. Carga Horária Total: 120h.

Professores Ministrantes 2023/2º semestre: Profa. Dra. Alessandra Prata Shimomura, Profa. Dra. Denise Helena Silva Duarte, Prof. Dr. Leonardo Marques Monteiro, Profa. Dra. Michele Marta Rossi e Profa. Dra. Ranny L. X. N. Michalski

Monitores: Gustavo Menossi (PEEG), Lucas Rafael Ferreira (Doutorado), Nara Gabriela de Mesquita Peixoto (Doutorado)

Ementa: Exigências humanas e índices de conforto térmico e acústico. Modelos adaptativos de conforto térmico e acústico. Clima e arquitetura. Acústica urbana e de edificações. Paisagem sonora. Propriedades do som e conceitos de propagação sonora, percepção sonora, pressão sonora, decibel. Comportamento sonoro. Absorção sonora. Acústica de recintos fechados. Transmissão sonora. Isolamento sonoro. Desempenho térmico e acústico de materiais e componentes construtivos. Procedimentos de cálculo de desempenho térmico e acústico de edifícios considerando as condicionantes do entorno imediato. Ganhos e perdas de calor pela envoltória e ganhos internos. Balanço térmico da edificação. Inércia térmica. Ventilação natural. Avaliação das condições de conforto térmico e acústico nos edifícios.

Objetivos: Habilitar o aluno para a avaliação de desempenho de edifícios, considerando as condicionantes do entorno imediato, com verificação qualitativa e quantitativa do conforto acústico e térmico.

Método: As atividades serão desenvolvidas por meio de aulas expositivas, exercícios práticos e atendimentos para o desenvolvimento do trabalho final.

Programa

1	AGO	07	PARTE I - FUNDAMENTOS Apresentação do curso - Objetivos, Método, Avaliação, Bibliografia Clima e arquitetura - Diagnóstico Climático Acústica arquitetônica e urbana - Urbano, Edifício, Salas	7	NOV	06	Absorção sonora - Acústica de recintos fechados - <i>Exercícios: acústica de recintos</i> - <i>Agendamento dos horários para calibração dos celulares (em grupo)</i>
2		14	Variáveis e trocas térmicas - Desempenho térmico de materiais e componentes construtivos Ganho/perda de calor pela envoltória - Soluções de projeto comparativas - <i>Exercícios: k, ganho/perda</i>	8			07 a 16/11 Horários para calibração dos celulares (em grupo) 12h às 14h (às 4af também das 9h às 12h)
3		21	Fundamentos de Acústica - Grandezas sonoras - Comportamento sonoro - Absorção sonora e Transmissão sonora - <i>Exercício em campo</i>	9		13	Transmissão sonora - Acústica de edificações - <i>Exercícios: acústica de edificações</i> PARTE III – APLICAÇÃO INTEGRADA Apresentação do trabalho final
4		28	PARTE II - ESPECIFICIDADES - Ganhos e perdas de calor pela envoltória - <i>Exercícios: balanço térmico</i>			20	RECESSO: Não haverá aula
	SET	04	RECESSO: Não haverá aula	10		27	Atendimento (em estúdio) - <i>Desenvolvimento do trabalho</i> - <i>1ª e 2ª etapa do exercício (profs. tiram dúvidas)</i>
5		11	Inércia térmica - <i>Exercícios: inércia térmica</i> Condições climáticas, internas e de conforto - <i>Exercícios: verificação das condições internas</i>	11	DEZ	04	Exercício em campo (em grupo, horários agendados) Atendimento (em estúdio) - <i>Desenvolvimento do trabalho</i> - <i>2ª etapa (atendimentos agendados)</i>
6		18	Ventilação natural - Ação dos ventos, efeito chaminé e combinado - <i>Exercícios: verificação da ventilação por chaminé</i> Compatibilização da insolação - Ganhos de calor pela envoltória, com entorno - <i>Exercício prático de térmica</i>	12		11	Entrega do exercício prático até 11/12 às 23h59 Entrega do trabalho final até 11/12 às 23h59 e disciplinas
				13		18	Retorno e vista dos trabalhos. Revisão de notas. Encerramento da disciplina

Avaliação: Método e critério: a avaliação será composta por uma série de atividades práticas (20% da avaliação final) e por um trabalho prático constituído de exercícios de avaliação de desempenho e proposição de intervenções e reavaliação de desempenho (80% da avaliação final). Detalhes sobre os procedimentos de avaliação serão discutidos em sala de aula, com os alunos. Norma de Recuperação: prova individual sobre conteúdo do semestre. A nota final será a média aritmética entre a avaliação final do semestre e a avaliação da prova de recuperação.

Bibliografia

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

ACÚSTICA

1. BISTAFÁ, Sylvio R., *Acústica Aplicada ao Controle do Ruído*, São Paulo: Edgard Blücher, SP, 2ª edição revisada, 2011.
2. EGAN, M. David, *Architectural Acoustics*. New York: J. Ross Publishing, 2007.
3. GERGES, Samir N. Y., *Ruído: Fundamentos e Controle*. 2ª Edição, Florianópolis: NR Editora, 2000.
4. SOUZA, Léa Cristina Lucas de *et al*, *Bê-á-bá da acústica arquitetônica ouvindo a arquitetura*. São Carlos: EdUFSCar, 2012.
5. *Manuais da ProAcústica (Associação Brasileira para a Qualidade Acústica)* - disponíveis em <http://www.proacustica.org.br/>

TÉRMICA

1. FROTA, Anésia B., SCHIFFER, Sueli T. *Manual de Conforto Térmico*. 8ed. reimpressão. São Paulo: Studio Nobel, 2012.
2. GIVONI, B. *Climate Considerations in Urban and Building Design*. New York: John Wiley & Sons, 1998.
3. GONÇALVES, Joana C. S., BODE, K. (ed). *Edifício Ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
4. LAMBERTS, Roberto *et al*. *Eficiência Energética na Arquitetura*. 3 ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014. (<https://labee.ufsc.br/publicacoes/livros>).
5. NICOL, Fergus; HUMPHREYS, Michael; ROAF, Susan. *Adaptive Thermal Comfort. Principles and Practice*. Oxon: Routledge, 2012.
6. SANTAMOURIS, M.; ASIMAKOPOULOS, D. (ed). *Passive Cooling of Buildings*. London: James & James, 1996.
7. SZOKOLAY, Steven V. *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*. Oxford: Architectural Press; Elsevier, 2004.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ACÚSTICA

1. ASSELINEAU, Marc. *Building Acoustics*, CRC Press, 2015.
2. BERANEK, Leo. *Concert Halls and Opera Houses: Music, Acoustics, and Architecture*, Springer, 2004.
3. BRANDÃO, Eric. *Acústica de salas: Projeto e Modelagem*. São Paulo: Edgard Blücher, 2016.
4. BRASILEIRO, Tamáris Costa; ALVES, Luciana Rocha; FLORÊNCIO, Débora; ARAÚJO, Virgínia *et al*. *Estado da Arte dos Mapas Sonoros no Brasil*. In: XXVIII ENCONTRO DA SOBRAC, 2018, Porto Alegre. *Anais eletrônicos...* Campinas, Galoá, 2020. Disponível em: <<https://proceedings.science/sobrac/papers/estado-da-arte-dos-mapas-sonoros-no-brasil>>. Acesso em: 16 JUN. 2020.
5. CARVALHO, Régio Paniago, *Acústica arquitetônica*. Brasília: Thesaurus, 2006.
6. COSTA, Ennio Cruz da. *Acústica técnica*. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.
7. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. Chapter 11 Environmental noise. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/publications/soer-2020/chapter-11_soer2020-environmental-noise/view>. Acesso em: 16 JUN. 2020.
8. GRUNOW, Evelise, *Acústica Questão Ambiental: Akkerman Projetos Acústicos*, São Paulo: Editora C4, 2008.
9. KINSLER, L. E. *et al*, *Fundamentals of Acoustic*, John Wiley & Sons, 1982.
10. KROPP, Wolfgang *et al*. *Urban Sound Planning – the SONORUS project*. Sweden, 2016. Disponível em: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/242257/local_242257.pdf> Acesso em: 05 AGO. 2019.
11. KUTTRUFF, H., *Room Acoustics*, Fourth Edition, Spon Press, 2000.
12. MARCO, Conrado Silva de. *Elementos de acústica arquitetônica*. São Paulo: Nobel, 1990.
13. MURGEL, Eduardo. *Fundamentos de Acústica Ambiental*, São Paulo: Editora Senac, 2007.
14. PATRÍCIO, J. V., *Acústica nos Edifícios*, Engebook, Sétima edição revista e aumentada, 2018.
15. ROSSING, Thomas D. *et al*, *The science of sound*. San Francisco: Addison-Wesley, 2002.
16. SANTOS, Jorge Luiz Pizzutti dos, *Estudo do potencial tecnológico de materiais alternativos em absorção sonora*. Santa Maria: Editora UFSM, 2005.
17. SANTOS, Jorge Luiz Pizzutti dos, *Isolamento sonoro de partições arquitetônicas*. Santa Maria: Editora UFSM, 2012.
18. SCHAFER, R. Murray, *O Ouvido Pensante*. São Paulo: Editora UNESP, 1991.
19. SCHAFER, R. Murray, *The soundscape: our sonic environment and the tuning of the world*. Rochester: Destiny Books, 1994.
20. SCHMID, Aloisio. *Espaços para aprender e ensinar música: construção e adequação*. Ministério da Cultura e Ministério da Educação, Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior - CAPES, Programa Pró-Cultura, Pacto Ambiental, 2013. ISBN 978-85-99403-02-0. Disponível em: <https://www.resea.rhgate.net/publication/283318306_Espacos_para_aprender_e_ensinar_musica_construcao_e_adequacao?channel=doi&linkId=5632cceb08ae242468da0193&showFulltext=true>. Acesso em: 16 JUN. 2020.
21. SILVA, Pérides, *Acústica arquitetônica & condicionamento de ar*. Belo Horizonte: Edtal, 2002.
22. TENENBAUM, R. A. *Acústica Aplicada – Versão Digital*. 2ª Edição, ISBN 978-65-00-05439-2, 2020.
23. VALLE, Sólón do. *Manual Prático de Acústica*. 3ª edição, Rio de Janeiro: Editora Música & Tecnologia, 2009.
24. VIGRAN, Tor Erik, *Building Acoustics*, Taylor & Francis Group, 2008.
25. WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for Community Noise*. 1999. Disponível em: <<http://whqlibdoc.who.int/hq/1999/a68672.pdf>>. Acesso em: 20 JUL. 2015.

TÉRMICA

1. BAKER, Nick. *The Handbook of Sustainable Refurbishment. Non-domestic Buildings*. London: Earthscan, 2009.
2. BAKER, Nick; STEEMERS, Koen. *Energy and environment in architecture. A technical design guide*. New York: E&FN Spon, 2000.
3. BANHAM, Reyner. *The architecture of the well-tempered environment*. 2ed. Chicago: The University of Chicago Press, 1984.
4. BITTENCOURT, Leonardo, CÂNDIDO, Chisthina. *Introdução à Ventilação Natural*. Maceió: EDUFAL, 2005.
5. COFAIGH, Eoin O. *et al*. *The climatic dwelling. An introduction to climate-responsive residential architecture*. London: James & James, 2000.
6. CORBELLA, Oscar, YANNAS, Simos. *Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos*. Rio de Janeiro: FAPERJ, Revan, 2003.
7. EGAN, M. D. *Concepts in thermal comfort*. New Jersey: Prentice-Hall, 1975.
8. FROTA, Anésia. *Geometria da Insolação*. São Paulo: Geros, 2004.
9. GIVONI, Baruch. *Man, climate and architecture*. London: Elsevier, 1976.
10. GIVONI, Baruch. *Passive and Low Energy Cooling of Buildings*. New York: John Wiley & Sons, 1994.
11. GONÇALVES, Helder *et al*. *Edifícios Solares Passivos em Portugal*. Lisboa: INETI, 1997.
12. GONÇALVES, Joana; DUARTE, Denise; MOURA, Norberto. *Arquitetura, clima e desempenho ambiental*. In: DIAS, M. A (Org.). *Arquiteturas em Contextos de Inovação: Centro de Pesquisa e Desenvolvimento na Cidade Universitária da UFRJ*. Rio de Janeiro: Petrobras Cenpes, 2010, p. 188-221.
13. GONÇALVES, Joana; UMAKOSHI, Érica (colab). *The Environmental Performance of Tall Buildings*. London: Earthscan, 2010.
14. GOULDING, John R., LEWIS, J. Owen, STEEMERS, Theo C. (ed.). *Energy in Architecture. The European Passive Solar Handbook*. Batsford for the Comission of the European Communities. London, 1994.
15. GOULDING, John R., LEWIS, J. Owen, STEEMERS, Theo C. (ed.). *Energy Conscious Design*. Batsford for the Comission of the European Communities. London, 1993.
16. HAWKES, Dean. *The Environmental Tradition*. Oxford: E & FN SPON, 1996.
17. HAWKES, Dean. *The Selective Environment*. London; New York: Spon Press, 2002.
18. HESHONG, Lisa. *Thermal Delight in Architecture*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1979.
19. KOENIGSBERGER, O. *et al*. *Vivienda y edificios en zonas cálidas y tropicales*. Madrid: Paraninfo, 1977.

20. MONTENEGRO, Gildo. Ventilação e Cobertas. São Paulo: Edgard Blucher, 1984.
21. NICOL, Fergus. Standards for thermal comfort. Indoor air temperature standards for the 21st century. London: Taylor & Francis, 2006.
22. OLGAY, Victor. Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.
23. RIVERO, Roberto. Arquitetura e clima: condicionamento térmico natural. Porto Alegre: LUZZATO; UFRGS, 1985.
24. ROAF, Susan *et al.* Ecohouse. A Design Guide. New Delhi: Architectural Press, 2001. (versão em português, Ecohouse - A Casa Ambientalmente Saudável. 2 ed. São Paulo: Artmed, 2006 e Ecohouse - A casa ambientalmente sustentável. 3 ed. São Paulo: Bookman, 2009).
25. SANTAMOURIS, M. Advances in Passive Cooling of Buildings. London: Routledge, 2007.
26. SANTAMOURIS, M. Environmental Design of Urban Buildings: An Integrated Approach. London: Routledge, 2006.
27. SCHMID, Aloisio. A idéia de conforto: reflexões sobre o ambiente construído. Curitiba: Pacto Ambiental, 2005.
28. STEEMERS, Koen, STEANE, Mary Ann. Environmental Diversity in Architecture. London: Spon Press, 2004.
29. YANNAS, Simos; ERELL, Evyatar; MOLINA, Jose Luis. Roof Cooling Techniques. A Design Handbook. London: Earthscan, 2006.

NORMAS TÉCNICAS E OUTRAS REGULAMENTAÇÕES

ACÚSTICA

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10151: Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro, 2019. Versão Corrigida: 2020.
2. _____. NBR 10152: Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2017. Versão Corrigida: 2020.
3. _____. NBR 12179: Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro, 1992.
4. _____. NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
5. _____. NBR 16313: Acústica – Terminologia. Rio de Janeiro, 2014.
6. INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARDIZATION (ISO). ISO 10140: Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements. Genève.
7. _____. ISO 16283: Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Genève.
8. _____. ISO 717: Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Genève, 2013.
9. MINISTÉRIO DO TRABALHO (Brasil). NR15: Atividades e operações insalubres, Anexo 3 - Limites e tolerância para ruído contínuo ou intermitente. Brasília: Ministério do Trabalho, 2017.

TÉRMICA

1. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Resolução - RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2003.
2. ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers). Handbook of fundamentals. Atlanta: ASHRAE, 2017.
3. _____. ASHRAE 55-2017 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: ASHRAE, 2017.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220-1: Desempenho Térmico de Edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Janeiro, 2005.
5. _____. NBR 15220-2: Desempenho Térmico de Edificações - Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. 2005. Versão Corrigida: 2008.
6. _____. NBR 15220-3: Desempenho Térmico de Edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. 2005.
7. _____. NBR 15575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho. Brasília: ABNT, 2013.
9. CEN BRITISH STANDARD (BS) EN 15251: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. London, 2007.
10. INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARDIZATION (ISO). ISO 7726: Ergonomics of the thermal environment: instruments for measuring physical quantities. Genève: ISO, 1998.
11. _____. ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment: analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Genève: ISO, 2005.
12. MINISTÉRIO DO TRABALHO (Brasil). NR15 Atividades e operações insalubres, Anexo 3 - Limites e tolerância para exposição ao calor. Brasília: Ministério do Trabalho, 2017.
13. _____. NR 17 - Ergonomia. Brasília: Ministério do Trabalho, 2015.

Periódicos e magazines

Acústica & Vibrações, Ambiente Construído, Energy and Buildings, Building and Environment, CIBSE, Projeto, AU, Téchne, Architectural Science Review, Architectural Record, Architectural Design, Detail, Monolito.

Sites

ASA – Acoustical Society of America (<http://acousticalsociety.org/>)
 ProAcústica – Associação Brasileira para a Qualidade Acústica (<http://www.proacustica.org.br/>)
 FIA – Federação Iberoamericana de Acústica (<http://www.fia.ufsc.br/>)
 NCEUB – Network for Comfort and Energy Use in Buildings (<http://nceub.commoncense.info/>)
 PLEA International – Passive and Low Energy Architecture (<http://plea-arch.org/>)
 PHDC – Passive and Hybrid Draught Cooling (<http://www.phdc.eu/>)
 SOBRAC – Sociedade Brasileira de Acústica (<http://www.acustica.org.br/>)