



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Joel Filipe Ascenso Faria da Silva

“BAFFLES” ACÚSTICOS, SUA APLICAÇÃO E
DESEMPENHO

Dissertação no âmbito do Mestrado em Eficiência Acústica e Energética para uma Construção Sustentável, no ramo de Acústica e Vibrações em Ambiente Urbano, orientada pelo Professor Doutor Diogo Manuel Rosa Mateus e pelo Professor Doutor Luís Manuel Cortesão Godinho apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Março de 2023

Departamento de Engenharia Civil

Joel Filipe Ascenso Faria da Silva

“BAFFLES” ACÚSTICOS, SUA APLICAÇÃO E DESEMPENHO

ACOUSTIC “BAFFLES”, THEIR APPLICATION AND PERFORMANCE

Dissertação no âmbito do Mestrado em Eficiência Acústica e Energética para uma Construção Sustentável, no ramo de Acústica e Vibrações em Ambiente Urbano, orientada pelo Professor Doutor Diogo Manuel Rosa Mateus e pelo Professor Doutor Luís Manuel Cortesão Godinho apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Esta Dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade, legal ou outra, em relação a erros ou omissões que possa conter.

Março de 2023



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Agradecimentos

Á minha família, pela ajuda, acompanhamento e incentivo, pelos sacrifícios e paciência.

Aos meus orientadores, Professor Doutor Diogo Manuel Rosa Mateus e pelo Professor Doutor Luís Manuel Cortesão Godinho pela ajuda e partilha de conhecimento, empenho nesta dissertação e carinho com que sempre me inspiram a fazer melhor.

A todos os meus professores que me marcaram no meu percurso académico, desde a primária, secundário e universitário, que fizeram com que muito do que sou hoje a eles lhes devo. Ainda no dia a dia me recordo de muitos dos ensinamentos académicos e não académicos, de experiências e visões que me transmitiram.

Aos meus colegas de trabalhos, afetos ao laboratório Engacústica pelo entusiasmo, disponibilidade e ajuda na realização das medições acústicas necessárias a este trabalho.

Um bem-haja aos meus amigos, parceiros de estudo e de casa, com quem vivi momentos académicos e lúdicos, pelos bons e maus momentos passados, todos eles contribuíram para fazer de mim o que sou hoje.

Resumo

A primeira revolução industrial, que ocorreu no final do século XVIII e início do século XIX, marcou o início da produção em massa com a aplicação da máquina a vapor. Isso levou a um aumento significativo na produção industrial e a um crescimento econômico. A exposição da população ao ruído nessa época foi impactada pelo aumento da produção em fábricas e pelo tráfego de veículos movidos a cavalo. Com a evolução da tecnologia e a introdução de novos processos produtivos, a indústria continuou a evoluir, passando pela segunda revolução industrial (era da eletricidade), terceira revolução industrial (era da informação) até chegar à Indústria 4.0, caracterizada pelo uso intensivo da automação, da inteligência artificial e da conectividade. A exposição da população ao ruído continua a ser impactada por estas mudanças, como o aumento do tráfego de veículos, da utilização de aparelhos eletrônicos e ferramentas industriais. No entanto, medidas para controlar e gerenciar a exposição ao ruído têm sido implementadas com mais frequência para mitigar os seus efeitos negativos na saúde e no bem-estar da população.

A conscientização sobre os efeitos negativos do ruído excessivo na saúde e no bem-estar da população tem levado a uma maior preocupação com o isolamento acústico e o tratamento acústico dos espaços. Isto resultou em melhorias no design de edifícios e na utilização de materiais e tecnologias para controlar e minimizar a exposição ao ruído. Além disso, regulamentações e leis para proteger a população da exposição excessiva ao ruído também foram implementadas em muitos países. Tudo isto tem contribuído para melhorar a qualidade de vida da população e proteger a sua saúde.

A preocupação e aumento da conscientização sobre a importância do conforto acústico nos espaços interiores tem se tornado cada vez mais importante, quer pela regulamentação, saúde, bem-estar das pessoas e melhoria da qualidade de vida, assim como pelo design, funcionalidade e interligação com as diversas especialidades. Com o desenvolvimento de novas tecnologias e materiais tornaram mais eficientes os “baffles” e atraentes e atualmente, são amplamente e cada vez mais utilizados nas mais variadas aplicações, desde espaços industriais, comerciais e até espaços residenciais.

Não existem muitos estudos de como a sua disposição, composição ou agrupamento de diversas geometrias funcionam para o principal parâmetro e mais estudado, o tempo de reverberação. Propõem-se nesta Dissertação fazer essa avaliação com recurso a medições e modelação por software CATT-AcousticTM, sendo o objetivo aprofundar o conhecimento de toda esta temática e de interiorizar toda a lógica do seu funcionamento.

A informação obtida pode ser valiosa para arquitetos, engenheiros acústicos e outros profissionais envolvidos na conceção de soluções acústicas para os espaços interiores.

Palavras-chave: Acústica, Reverberação, Absorção Sonora, Condicionamento Acústico Interior, Conforto Acústico, “baffles”

Abstract

The first industrial revolution, which occurred in the late 18th and early 19th centuries, marked the beginning of mass production with the application of the steam engine. This led to a significant increase in industrial production and economic growth. The population's exposure to noise during this time was impacted by the increased production in factories and horse-drawn vehicle traffic. With the evolution of technology and the introduction of new production processes, the industry continued to evolve, passing through the second industrial revolution (the era of electricity), third industrial revolution (the information age) and arriving at Industry 4.0, characterized by intensive use of automation, artificial intelligence, and connectivity. The population's exposure to noise continues to be impacted by these changes, with increased vehicle traffic and the use of electronic devices and industrial tools. However, measures to control and manage noise exposure have been implemented more frequently to mitigate its negative effects on health and well-being.

Awareness of the negative effects of excessive noise on population health and well-being has led to increased concern for acoustic isolation and treatment of spaces. This has resulted in improvements in building design and the use of materials and technologies to control and minimize noise exposure. Additionally, regulations and laws to protect the population from excessive noise exposure have also been implemented in many countries. All of this has contributed to improving the population's quality of life and protecting their health.

The concern and increased awareness of the importance of acoustic comfort in interior spaces have become increasingly important, both for regulation, health and well-being of people, improvement of quality of life, as well as for design, functionality, and interconnection with various specialties. With the development of new technologies and materials, “baffles” are becoming more efficient and attractive and are currently widely and increasingly used in various applications, from industrial and commercial spaces to residential spaces.

There are not many studies on how their arrangement, composition, or grouping of various geometries function for the main parameter and most studied parameter, the reverberation time. This dissertation proposes to evaluate this with the use of measurements and modeling software CATT-AcousticTM, with the aim of deepening knowledge of this whole subject and internalizing the logic of its functioning.

The information obtained can be valuable for architects, acoustic engineers, and other professionals involved in designing acoustic solutions for interior spaces.

Keywords: Acoustics, Reverberation, Sound Absorption, Indoor Acoustic Conditioning, Acoustic Comfort, “baffles”

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
Índice	v
Índice de figuras	vii
Índice de quadros	ix
Índice de gráficos	x
Lista de abreviaturas, siglas	xii
Lista de símbolos	xiii
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento e motivação	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Estrutura da Tese	2
2 Revisão do Estado da Arte	3
2.1 A Utilização de "Baffles" Acústicos	3
2.2 Acústica, Som e Ruído	6
2.2.1 Propagação do som em recintos fechados	8
2.3 Regulamentação – Regulamento de Requisitos Acústicos dos Edifício, RRAE ...	12
2.4 "Baffles"	12
2.4.1 "Baffles" em Tecido	14
2.4.2 "Baffles" em material sintético	16
2.4.3 "Baffles" em materiais compósitos	17
2.4.4 "Baffles" em Material PET	18
2.4.5 "Baffles" acústicos em aço	19
2.4.6 "Baffles" acústico em madeira	19
3 Metodologias	20
3.1 Metodologia ensaio in-situ	20
3.2 Metodologia Modelação - CATT-Acoustic™	25
4 Resultados	27

4.1	Cálculo do coeficiente de absorção sonora, alfa (α).....	27
4.2	Resultados in situ em diferentes salas	30
4.2.1	Sala Reuniões da empresa Besolution, lda.	30
4.2.2	Gabinete da empresa Besolution, Lda.	33
4.2.3	Open Space call center da empresa LuzBoa.....	36
4.2.4	Sala com muita reverberação	38
4.3	Comparação dos resultados obtidos nas medições com modelação computacionais.....	47
5	Conclusões e Trabalhos Futuros	55
5.1	Conclusões	55
5.2	Perspetivas de desenvolvimento futuro	56
	Referências Bibliográficas	57
A.	Anexo – Fichas técnicas dos materiais analisados.....	A-1
B.	Anexo – Procedimento Instrução e Ensaio	B-27
C.	Anexo – Programação Master do software Catt Acoustics TM ..	C-33

Índice de figuras

Figura 2-1 – “Baffle” com iluminação integrada, Texdecor (2021)	4
Figura 2-2 - “Baffles” com função decorativo, Texdecor (2021)	4
Figura 2-3 - “Baffles” com função decorativo, (Archello 2021)	5
Figura 2-4 - Exemplo de “Baffles” decorativos absorventes, Texaa (2021).....	5
Figura 2-5 - Ilustração esquemática da evolução da regulamentação Portuguesa Ambiente e Edificação: Legislação Acústica Anotada Jorge Patrício (2011) complementada com recente regulamentação	6
Figura 2-6 – Curvas Isofónicas – curvas de igual sensação sonora, Souza (2007).....	7
Figura 2-7 – Curvas de ponderação A, B, C ou D, Blücher (2006)	8
Figura 2-8 - Tempo de Reverberação - intervalo de tempo necessário para que se verifique um decaimento de 60 dB no nível de pressão sonora, após interrupção da fonte sonora.....	9
Figura 2-9 - Valores de referência para o tempo de reverberação médio de um recinto fechado, em função do respetivo volume e à frequência de 500Hz, Silva (1978).....	9
Figura 2-10 - Esquema ilustrativo do processo de dissipação da energia sonora, mecanismo fibroso, Moreira, (2002).....	10
Figura 2-11 - Esquema ilustrativo do processo de dissipação da energia sonora, mecanismo poroso, Moreira, (2002)	10
Figura 2-12 - Ondas diretas e refletidas de um recinto, Mateus, D. (2021), Apontamentos das aulas de MEACS, FCTUC, Coimbra.	11
Figura 2-13 - Sala sem tratamento acústico e sala com absorção sonora e tratamento acústico, Egan (1988).....	11
Figura 2-14 - folheto técnico, acoustic panels, Texdecor (2021).....	11
Figura 2-15 - Exemplo de “Baffles” decorativos absorventes em tecido	15
Figura 2-16 - Exemplo de “Baffles” decorativos absorventes em tecido	15
Figura 2-17 - Exemplo de “Baffles” absorventes em tecido.....	15
Figura 2-18 - Exemplo de “Baffles” absorventes em tecido – Hunter Douglas Architectural (2022)	16
Figura 2-19 - Exemplo de “Baffles” em tecido – Sancal (2022)	16
Figura 2-20 - Exemplo de “Baffles” decorativos absorventes em material sintético, Slalom (2023)	16
Figura 2-21 - Exemplos de “Baffles” absorventes.....	17

Figura 2-22 - Exemplo de “Baffles” absorventes em material compósito, Armstrong Ceilings (2023).....	17
Figura 2-23 - Exemplo de “Baffles” absorventes em material compósito, Lusomatec (2023)....	17
Figura 2-24 - Exemplo de “Baffles” absorventes, Archiexpo (2023).....	18
Figura 2-25 - Exemplo de “Baffles” absorventes, Archiexpo (2023).....	18
Figura 2-26 - Exemplo de “Baffles” metálicos, Archiexpo (2023)	19
Figura 2-27 - Exemplo de “Baffles” de madeira, Hunter Douglas Architectural (2022).....	19
Figura 3-1 - Fonte Dodecaédrica omnidirecional Tipo 4292 da Brüel &Kjaer / Figura 3-2 - Conjunto medição acústica composto por Fonte Omnidirecional, amplificador, transmissor e sonómetro.	20
Figura 3-3 - Gráfico do sinal de excitação de modo a ser efetuada a medição do Tempo de reverberação	22
Figura 3-4 - Esquema das posições do sonómetro e da fonte sonora para a obtenção do tempo de reverberação no compartimento de ensaio (PIE-Enga.03.4, 2020)	23
Figura 3-5 - planta, alçados e 3D da sala com elevada reverberação, esquema das posições da fonte e do recetor.....	24
Figura 3-6 - colocação de 12 “Baffles” para ensaio / Figura 3-7 - colocação de 6 “Baffles” para ensaio.....	25
Figura 3-8 – 3D da sala em estudo no CATT-Acoustic™	25
Figura 3-9 – Vistas da sala em estudo no CATT-Acoustic™	26
Figura 4-1 - colocação do provete na horizontal, na vertical, 12 elementos e 6 elementos	27
Figura 4-2 - Registo fotográfico do Gabinete da empresa Besolution, Lda. em estudo.	32
Figura 4-3 - Registo fotográfico do Gabinete de pequenas dimensões da empresa Besolution, Lda. em estudo.	35
Figura 4-4 - Registo fotográfico do Gabinete da empresa Luz Boa em estudo.	37
Figura 4-5 – Registo fotográfico da sala com muita reverberação em estudo com diferentes alturas ao teto.....	41
Figura 4-6 - Registo fotográfico da sala com muita reverberação em estudo com diferentes afastamentos entre si, 6 placas.	43
Figura 4-7 - Registo fotográfico da sala com muita reverberação em estudo com diferentes afastamentos, 12 placas.....	46

Índice de quadros

Quadro 3-1 - Instrumentos utilizados nas medições.	21
Quadro 3-2 - Número mínimo de pontos de medição de acordo com NP EN ISO 3382-2:2015	22
Quadro 4-1 - Colocação do provete na horizontal, na vertical, 12 e 6 elementos.....	28
Quadro 4-2 - Valores de coeficiente de absorção - colocação do provete na horizontal, na vertical, 12 e 6 elementos.....	28
Quadro 4-3 - Tabela do Tempo de Reverberação - Sala sem "baffles", a 20,40,60 e 80cm do teto	31
Quadro 4-4 - Tabela do Tempo de Reverberação - Sala sem "baffles", a 15, 30, 35 cm do teto, com 12 e 6 "baffles".....	33
Quadro 4-5 - Tabela do Tempo de Reverberação - Sala com "baffles", baixar 20, 40 cm do teto, com todos e reduzindo para metade dos "baffles"	36
Quadro 4-6 - Tabela do Tempo de Reverberação - Sala com muita reverberação, sala vazia, "baffles" a 10, 30, 50 cm do teto, com 12 e 6 "baffles"	38
Quadro 4-7- Tabela do Tempo de Reverberação - Sala com muita reverberação, 6 "baffles" com afastamentos de 20 a 60 cm do teto.....	41
Quadro 4-8 - Tabela do Tempo de Reverberação - Sala com muita reverberação, 6 "baffles" com afastamentos de 20, 25 e 30 cm entre si.....	44
Quadro 4-9 - Quadro resumo das medições e modelação – 12 "baffles"	53

Índice de gráficos

Gráfico 4-1 - Tempo de reverberação - Sala vazia, colocação do provete na horizontal, na vertical, 12 elementos e 6 elementos.....	29
Gráfico 4-2 - Valores de alfa - colocação do provete na horizontal, na vertical 12, elementos e 6 elementos.....	29
Gráfico 4-3 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - Sala sem "baffles", a 20, 40, 60 e 80 cm do teto	32
Gráfico 4-4 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - Sala sem "baffles", a 15, 30, 35 cm do teto, com 12 e 6 "baffles"	34
Gráfico 4-5 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - Sala sem "baffles", a 15, 30, 35 cm do teto, com 12 "baffles".....	34
Gráfico 4-6 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - Sala sem "baffles", a 15, 30, 35 cm do teto, com 6 "baffles"	35
Gráfico 4-7 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - Sala com "baffles", baixar 20, 40 cm do teto, com todos e reduzindo para metade dos "baffles".....	37
Gráfico 4-8 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - sala vazia, "baffles" a 10, 30, 50 cm do teto, com 6 "baffles".....	39
Gráfico 4-9 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - sala vazia, "baffles" a 10, 30, 50 cm do teto, com 12 "baffles"	39
Gráfico 4-10 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - sala vazia, "baffles" a 10, 30, 50 cm do teto, com 6 e 12 "baffles"	40
Gráfico 4-11 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - "baffles" a 10, 30, 50 cm do teto, com 6 e 12 "baffles"	40
Gráfico 4-12 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - "baffles" a 10, 30, 50 cm do teto, com 6 e 12 "baffles"	40
Gráfico 4-13 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - Sala com muita reverberação, sala vazia e 6 "baffles" com afastamentos de 20 a 60 cm do teto	42
Gráfico 4-14 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - Sala com muita reverberação, 6 "baffles" com afastamentos de 20 a 60 cm do teto.....	42
Gráfico 4-15 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação – 6 "baffles" com afastamentos de 20 a 60 cm entre si.....	43
Gráfico 4-16 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - Sala com muita reverberação, vazia e 12 "baffles" com afastamentos de 20, 25 e 30 cm entre si.....	44

Gráfico 4-17 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - Sala com muita reverberação, 12 “baffles” com afastamentos de 20, 25 e 30 cm entre si	45
Gráfico 4-18 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação – 12 “baffles” com afastamentos de 20, 25 e 30 cm entre si	45
Gráfico 4-19 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação para a sala vazia	47
Gráfico 4-20 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com “baffles” no pavimento	48
Gráfico 4-21 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com 12 “baffles” no teto afastados 10 cm	48
Gráfico 4-22 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com 12 “baffles” no teto afastados 20 cm	49
Gráfico 4-23 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com 12 “baffles” no teto afastados 25 cm	49
Gráfico 4-24 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com 12 “baffles” no teto afastados 30 cm	50
Gráfico 4-25 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com 12 “baffles” no teto afastados 40 cm	50
Gráfico 4-26 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com 12 “baffles” no teto afastados 50 cm	51
Gráfico 4-27 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com 12 “baffles” no teto afastados 60 cm	51
Gráfico 4-28 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com 12 “baffles” no teto afastados 70 cm	52
Gráfico 4-29 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com 12 “baffles” no teto afastados 80 cm	52
Gráfico 4-30 - Gráfico resumo das medições e modelação – 12 “baffles”	53
Gráfico 4-31 - Gráfico resumo da modelação – 12 “baffles”	54

Lista de abreviaturas, siglas

DEC - Departamento de Engenharia Civil

EN - Norma Europeia

FCTUC - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

IPQ - Instituto Português da Qualidade

ISO - International Organization for Standardization

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NP - Norma Portuguesa

RGR - Regulamento Geral do Ruído

RRAE - Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios

Lista de símbolos

A – Área em planta [m²]

A_{eq} – Área de absorção sonora equivalente [m²]

dB – Decibel

dB(A) – Decibel com ponderação da malha A

E_{absorvida} – Energia sonora absorvida pelo material [J]

E_{incidente} – Energia sonora incidente sobre o material [J]

f – Frequência [Hz]

Hz – Hertz

I – Intensidade sonora [W/m²]

L_{Aeq} - Nível sonoro contínuo equivalente [dB(A)]

L_{eq} - Nível sonoro contínuo equivalente [dB]

L_p – Nível de pressão sonora (no recetor) [dB] XII

L_p – Nível de pressão sonora [dB]

L_w – Nível de potência sonora (do emissor) [dB]

r – Distância entre emissor e recetor [m]

S_i – Área da superfície [m²]

T - Período [s]

t – Tempo [s]

Tr - Tempo de reverberação [s]

V - Volume [m³]

α – Coeficiente de absorção sonora (adimensional)

λ - Comprimento de onda [m]

ρ – Massa volúmica do ar [kg/m³]

A - Absorção sonora (m²)

T - Tempo de reverberação intervalo de tempo necessário para que a energia volúmica do campo sonoro de um recinto fechado se reduza a um milionésimo do seu valor inicial

Método do som interrompido - método de obtenção das curvas de decaimento do nível de pressão sonora depois de excitar um compartimento com uma banda larga ou com ruído por bandas de frequências (ISO 354:2003, 3.3)

1 Introdução

1.1 Enquadramento e motivação

Com as crescentes preocupações de conforto acústico dos espaços e melhoria das condições de vida e de trabalho, quer impostas pela regulamentação quer pela melhoria e preocupação das pessoas com o ruído e a sua implicação na sua saúde e bem-estar, sabendo que o excesso de ruído gera stress, passando por problemas de pressão arterial e chegando até a danos irreversíveis no sistema auditivo, tem sido cada vez mais frequentes o uso de "baffles" acústicos como solução para o tratamento acústico de espaços interiores melhorando a qualidade do som no ambiente. Os "baffles" acústicos, também designados por lamelas, são painéis suspensos habitualmente na vertical com características que permitem aumentar a absorção sonora dos espaços, baixando a reverberação e os níveis de ruído nesses espaços. São soluções de condicionamento acústico interior cada vez mais utilizados não só como elementos "decorativos" de elevada absorção sonora, mas também com materiais fonoabsorventes que permitem controlar acusticamente os espaços pela sua eficiência e absorção acústica reduzindo a reverberação interna dos ambientes com facilidade e bom desempenho que com as novas tecnologias e soluções torna possível aliar o conforto acústico com a beleza e funcionalidade dos espaços.

No entanto existem poucos estudos práticos do seu comportamento e eficácia face à sua disposição, afastamento dos elementos entre si, composição e/ou agrupamento de diversas geometrias. Com o objetivo de ajudar os projetistas na tomada de decisão da disposição e distribuição nos espaços e maximizar a sua eficácia foram efetuadas medições acústicas em diversos locais e situações e como complemento de análise recorreu-se à modelação numérica com o software de traçado de raios, através do software CATT-Acoustic™.

1.2 Objetivos

O principal objetivo desta dissertação é analisar como contribuem para um melhor desempenho, diferentes geometrias, quantidades, afastamentos com o mesmo material ou com mais ou menos unidades para o parâmetro do Tempo de Reverberação de uma sala para obtenção de um ambiente sonoro de elevada qualidade e adaptado à satisfação das exigências funcionais do espaço, com recurso a medições acústicas e a modelação por software CATTAcoustic™.

Desta forma pretende-se aprofundar o conhecimento de toda esta temática e de interiorizar toda a lógica do seu funcionamento.

1.3 Estrutura da Tese

O presente trabalho encontra-se dividido por agradecimentos, índice de figuras e quadros, lista de abreviaturas, siglas e símbolos, organizada em 5 capítulos, onde se acrescenta, as referências bibliográficas e anexos.

No capítulo 1 apresenta-se uma Introdução, com ênfase para o enquadramento da tese aqui apresentada, seus objetivos e a respectiva estrutura de desenvolvimento; no capítulo 2 desenvolve-se a revisão do estado de arte; no capítulo 3 desenvolve-se as metodologias; no capítulo 4 apresentam-se os resultados obtidos entre as várias soluções; e no capítulo 5 tiram-se as principais conclusões e apresentam-se possíveis trabalhos futuros.

O trabalho é finalizado com a listagem das referências bibliográficas e anexos com fichas técnicas dos materiais analisados, procedimento Instrução e Ensaio e programação Master do software Catt Acoustic™.

2 Revisão do Estado da Arte

2.1 A Utilização de “Baffles” Acústicos

O uso de “baffles” acústicos tem sido uma solução cada vez mais popular para o tratamento acústico de espaços interiores. Estes dispositivos são projetados para absorver e dispersar as ondas sonoras, melhorando a qualidade do som ambiente.

A investigação sobre “baffles” acústicos tem avançado bastante nos últimos anos, existindo já alguns estudos explorando a sua eficácia em diferentes tipos de espaços, incluindo teatros, salas multiusos e de concertos, auditórios, estúdios de gravação e escritórios. Normalmente utilizados em grandes espaços, com um volume elevado, estes dispositivos tornam-se bastante eficazes aliando a estética à funcionalidade como elementos decorativos. Os “baffles” tem sido utilizados sobretudo em edifícios existentes, para colmatar insuficiências acústicas de espaços já em funcionamento ou no âmbito de processos de requalificação funcional de edifícios.

Sabe-se que o desempenho acústico dos “baffles” depende fortemente da sua dimensão, forma, material e posicionamento na sala. Alguns estudos mostraram que a escolha cuidadosa desses fatores pode resultar numa significativa melhoria da qualidade do som.

Além disso, a combinação de diferentes tipos de tratamento acústico, incluindo “baffles”, pode ser ainda mais efetiva. Por exemplo, a combinação de “baffles” com painéis absorventes e difusores pode ajudar a equilibrar as frequências e aumentar a inteligibilidade da fala.

Em termos de materiais, a pesquisa tem explorado diferentes opções, incluindo tecidos acústicos, espumas de poliuretano e materiais compósitos. Cada material tem as suas próprias características acústicas e o uso adequado depende das necessidades específicas do projeto.

Os principais tipos de “baffles” são retangulares, que são os mais simples, geralmente feitos de espuma de poliuretano ou tecido acústico, com ou sem caixa de ar preenchida com materiais absorventes, lã mineral, ou refletores. Os “baffles” esféricos são projetados para maximizar a difusão sonora e ajudam a distribuir o som de forma uniforme numa sala. Os “baffles” cilíndricos são habitualmente projetados para maximizar a absorção sonora em frequências específicas, geralmente usados em estúdios de gravação e salas de concertos. Os “baffles” modulares são projetados para serem instalados de forma flexível, permitindo que o usuário configure o posicionamento de acordo com as suas necessidades. Os “baffles” customizados são projetados de acordo com as especificidades do projeto e podem incluir características adicionais, como iluminação integrada, (ver figura 2-1), separação de espaços, informativos (ver figura 2-4), entre outras características como a de receber instalações técnicas

ou revestimentos diversos como madeira ou outros, assumindo cada vez mais também a função decorativa, sendo habitualmente designados como “mobiliário acústico”.

A escolha do tipo adequado de “baffle” depende do tipo de espaço em que será instalado e do objetivo do tratamento acústico (absorção, difusão ou combinação das duas).



Figura 2-1 – “Baffle” com iluminação integrada, Texdecor (2021)



Figura 2-2 - “Baffles” com função decorativo, Texdecor (2021)



Figura 2-3 - “Baffles” com função decorativo, (Archello 2021)



Figura 2-4 - Exemplo de “Baffles” decorativos absorventes, Texaa (2021)

Habitualmente os “baffles” ficam suspensos verticalmente ou horizontalmente no teto ou fixam-se nas paredes, podendo ser estudados e dimensionados de acordo com o layout do ambiente e instalações técnicas, são de fácil instalação e uma ótima opção na relação custo-benefício para o tratamento acústico de ambientes.

2.2 Acústica, Som e Ruído

O nosso país já detém um historial no que respeita ao ruído e aos seus efeitos sobre as pessoas, sendo que desde 1987 existe em Portugal um quadro legal relacionado com a proteção contra o ruído e o conforto acústico dos indivíduos.

O Decreto-Lei nº 251/87 de 24 junho tinha em linha de conta os aspetos relacionados com a acústica de edifícios e o exercício de atividades comerciais, instituindo limites a serem cumpridos pelos novos edifícios, condições específicas de emissão de ruído no licenciamento de estabelecimentos comerciais, de serviços ou similares e ainda com menor relevância, requisitos para escritórios ou recintos com vocação similar tendo em vista concentração e sossego nos locais de trabalho. Com o despertar para a relevância da temática, a legislação sofreu uma evolução sendo revista e separando-se nos ramos da Acústica Ambiental (RLPS) e Acústica de Edifícios (RRAE). Mais tarde, com a transposição da Diretiva Europeia sobre a Gestão e Avaliação do Ruído Ambiente, com a finalidade da redução da exposição ao ruído, foram integrados os indicadores L_{den} e L_n , logo atualizando o RLPS para o Regulamento Geral do Ruído (RGR) e por consequência a republicação do RRAE. A legislação mais recente na área da acústica de edifícios incide sobre a reabilitação urbana dos edifícios onde se define uma redução nas exigências acústicas, nomeadamente nos requisitos de isolamento sonoro dos elementos existentes.

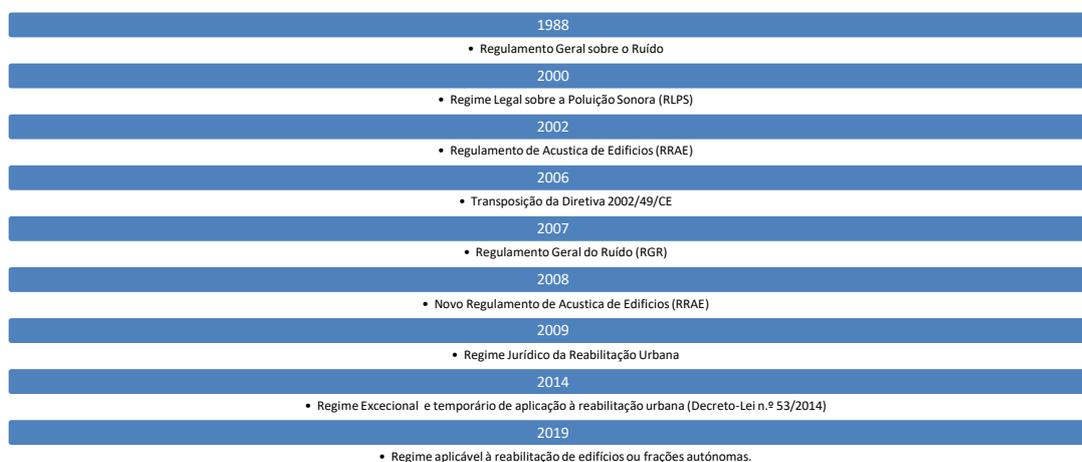


Figura 2-5 - Ilustração esquemática da evolução da regulamentação Portuguesa Ambiente e Edificação: Legislação Acústica Anotada Jorge Patrício (2011) complementada com recente regulamentação

O som é uma vibração mecânica de um meio elástico sólido, líquido ou gasoso, através do qual a energia é emitida a partir de uma fonte, em ondas sonoras progressivas. Genericamente, pode ser definido como uma variação de pressão detetável pelo ouvido

humano. Essas variações de pressão dão-se em função da pressão atmosférica e propagam-se longitudinalmente.

O som é fundamental para a nossa vivência, sendo através dele que comunicamos, que ouvimos música, obtemos informação, etc.

A gama audível do ouvido humano varia entre os 20 e 20.000 Hz em frequência e entre os $20\mu\text{Pa}$ e o 20Pa em pressão atmosférica, contudo varia em função da frequência e amplitude das ondas sonoras.

Para representar a resposta ao ouvido humano, usamos a escala logarítmica, com o nível de pressão sonora em decibel (dB). No entanto, o ouvido humano tem uma resposta diferenciada para cada banda de frequência do espectro sonoro e aplica um filtro consoante o nível de pressão sonora. As baixas frequências são menos absorvidas que as altas frequências quando temos níveis de pressão sonora baixos. Quando os níveis são altos, essa diferença de sensibilidade é pouco significativa.

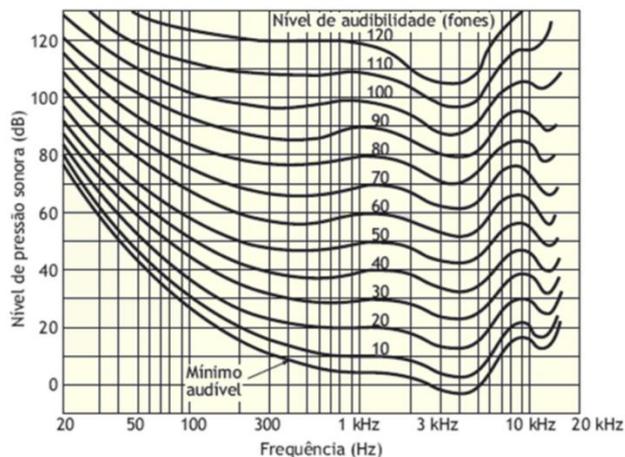


Figura 2-6 – Curvas Isofônicas – curvas de igual sensação sonora, Souza (2007)

Na prática, para nos aproximarmos à resposta do ouvido humano, podemos utilizar as curvas de ponderação (A, B, C ou D), que são implementadas com filtros eletrônicos nos aparelhos de medição. A curva A é a mais usada e correlaciona-se razoavelmente com a incomodidade auditiva do ser humano.

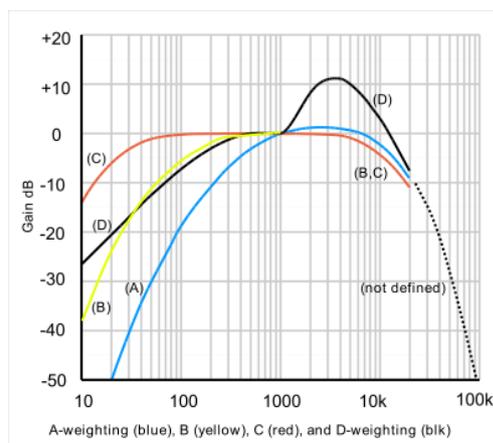


Figura 2-7 – Curvas de ponderação A, B, C ou D, Blücher (2006)

A acústica de edifícios tem em linha de conta, a análise das fontes de ruído, o condicionamento acústico dos recintos e o dimensionamento da envolvente com vista ao isolamento sonoro e ainda dotá-los de características adequadas à sua utilização relativamente ao tratamento que este produz sobre os estímulos sonoros que são produzidos no seu interior.

Nos espaços fechados a propagação das ondas sonoras, é influenciada pela sua envolvente e obstáculos que ali se encontram.

2.2.1 Propagação do som em recintos fechados

A caracterização do campo sonoro que se estabelece num recinto fechado, requer um tratamento físico-matemático que envolve variáveis de difícil quantificação. O estudo das condições de conforto acústico no interior de um recinto fechado tem como objetivo a obtenção de um ambiente sonoro adequado, bem como o correto isolamento entre os diferentes espaços que o constituem.

A redução dos níveis sonoros provocados pela presença das próprias pessoas e/ou equipamentos e elementos absorventes no interior de recintos fechados pode ser conseguido através do incremento da respetiva absorção sonora.

O tempo de reverberação é o parâmetro mais utilizado na avaliação da qualidade acústica interior de recintos fechados. A preferência pelo tempo de reverberação resulta essencialmente, da eficácia e da simplicidade deste critério. O tempo de reverberação é proporcional ao volume do recinto e inversamente proporcional à respetiva absorção sonora.

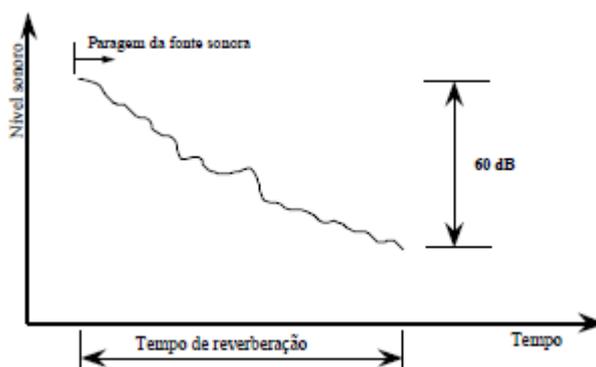


Figura 2-8 - Tempo de Reverberação - intervalo de tempo necessário para que se verifique um decaimento de 60 dB no nível de pressão sonora, após interrupção da fonte sonora.

Sendo, em geral, o volume do recinto um dado adquirido, se o seu valor for muito elevado, como é o caso de salas sem elementos absorventes, será imprescindível inserir uma grande quantidade destes elementos absorventes sonoros no interior do recinto para limitar a respetiva reverberação.

A título indicativo, apresenta-se na Figura 2-9 um diagrama baseado em informações fornecidas por diversos autores com os valores recomendáveis para o tempo de reverberação médio de um recinto fechado, em função do respetivo volume e para a frequência de 500Hz.

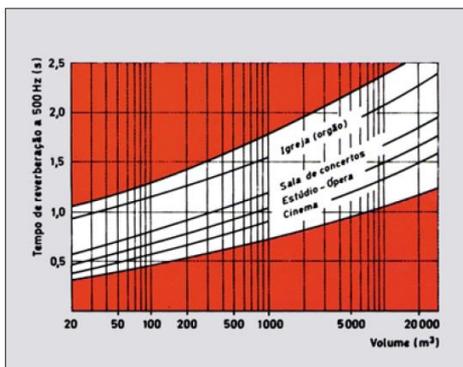


Figura 2-9 - Valores de referência para o tempo de reverberação médio de um recinto fechado, em função do respetivo volume e à frequência de 500Hz, Silva (1978)

As diversas fontes sonoras num espaço interior propagam-se em todas as direções, ao encontrarem uma superfície/obstáculo alteram a sua direção e intensidade em função da sua reflexão, dissipando-se parte da sua energia ao penetrar no material no caso deste ser fibroso com porosidades ou então porque a superfície entra em movimento devido a solitação da onda, diminuindo a energia, pois a onda incidente é absorvida pela superfície, e a onda

incidente, faz com que o ar contido nos poros entre em movimento oscilatório, gerando-se atrito nas paredes sólidas, ocorrendo assim perda de energia sobe a forma de calor.

As fibras do material ao receberem o som acompanham o movimento das moléculas de ar, absorvendo a parte da energia sonora que se transforma em calor. Outra parcela atravessa o material e uma pequena parte é refletida.

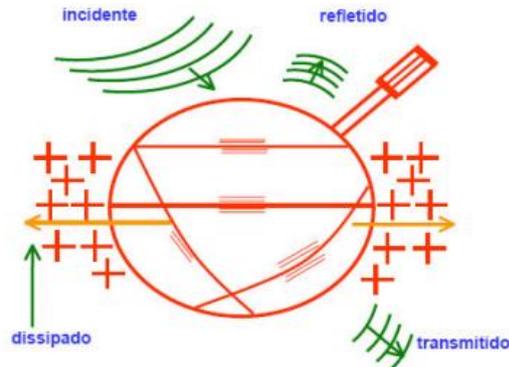


Figura 2-10 - Esquema ilustrativo do processo de dissipação da energia sonora, mecanismo fibroso, Moreira, (2002)

As ondas sonoras penetram nos poros sendo refletidas várias vezes até serem absorvidas. Uma pequena parcela da energia atravessa o material (no entanto, em menor quantidade do que nos materiais fibrosos).

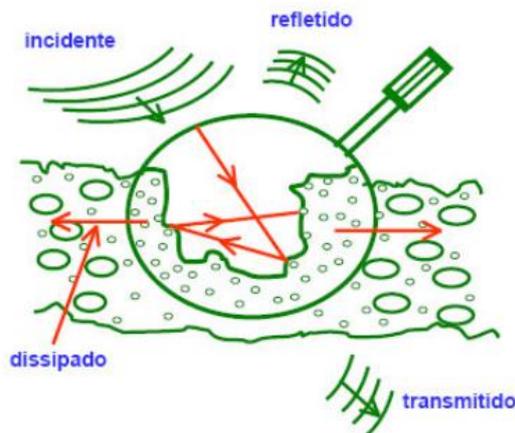


Figura 2-11 - Esquema ilustrativo do processo de dissipação da energia sonora, mecanismo poroso, Moreira, (2002)

Uma fonte sonora produz ondas sonoras as quais vão chegando progressivamente ao recetor ao longo do tempo. A primeira onda sonora a atingir o recetor é o “som direto”, seguindo-se-lhe as ondas que são refletidas nas superfícies da envolvente, “som refletido” (**Figura 2-12**).

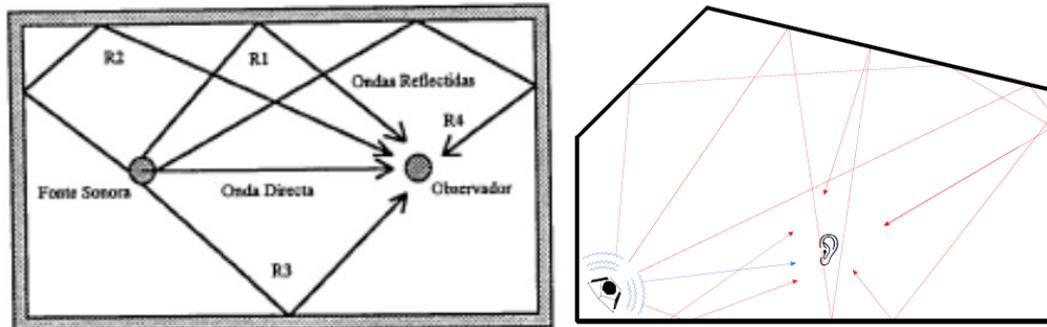


Figura 2-12 - Ondas diretas e refletidas de um recinto, Mateus, D. (2021), Apontamentos das aulas de MEACS, FCTUC, Coimbra.

Um Ambiente sem tratamento acústico torna-se desconfortável e barulhento tanto mais quanto maior for o seu volume e a existência de diversificadas fontes sonoras.

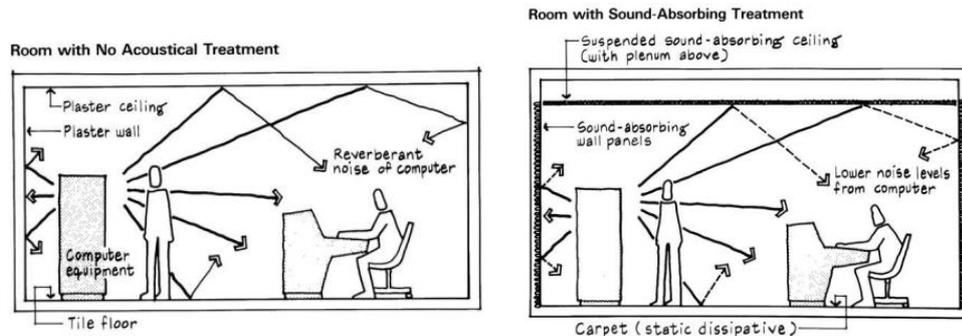


Figura 2-13 - Sala sem tratamento acústico e sala com absorção sonora e tratamento acústico, Egan (1988)

Habitualmente o mobiliário acústico e “baffles” 3D ou de dupla face apresentam características de absorção sonora diferente dos diversos materiais correntes, alfa, coeficiente de absorção sonora, apresentando uma área de absorção sonora equivalente, Aeq por objeto.

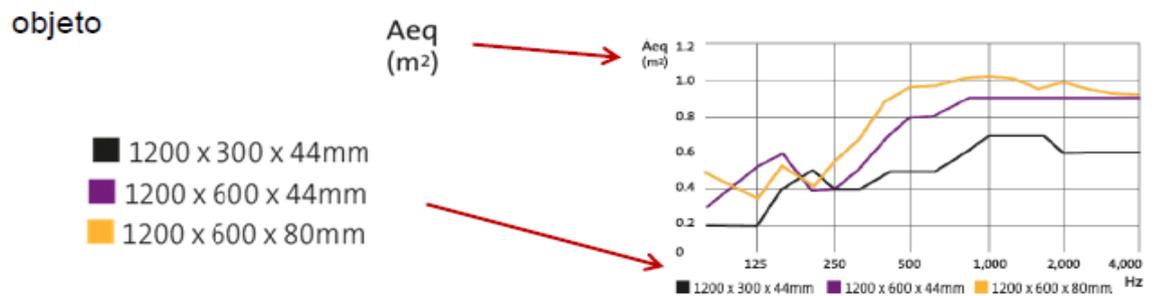


Figura 2-14 - folheto técnico, acoustic panels, Texdecor (2021)

Se a previsão for realizada através da fórmula de Sabine podemos utilizar diretamente o valor de A_{eq} , mas se for numa simulação a 3D terá de se determinar um 'coeficiente de absorção equivalente' para a superfície que é definida.

$$T = \frac{0.16 \times V}{\sum S_i \alpha_i + \sum A_{eq} + 4mV} \quad (1)$$

2.3 Regulamentação – Regulamento de Requisitos Acústicos dos Edifício, RRAE

A Legislação Nacional na área da acústica de edifícios, Dec. Lei n.º 129/2002 de 11 de maio alterado e republicado pelo Dec. Lei n.º 96/2008 de 9 de junho, (Regulamento de Requisitos Acústicos dos Edifício, RRAE) apresenta requisitos mínimos no que respeita ao parâmetro do Tempo de Reverberação (T) para compartimentos inseridos em edifícios destinados a usos comerciais ou de prestação de serviços ou partes análogas em edifícios industriais, nomeadamente refeitórios ou recintos públicos de restauração, escritórios ($V \geq 100$ m³) e também em compartimentos de edifícios escolares tais como salas de aulas, bibliotecas, salas polivalentes, refeitórios, ginásios e ainda em edifícios hospitalares e similares nomeadamente refeitórios e salas de espera por forma a garantir um ambiente acústico adequado e confortável.

Estes compartimentos devem ser considerados mobilados normalmente e sem ocupação e o tempo de reverberação, T, correspondente à média aritmética dos valores obtidos para as bandas de oitava centradas nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz.

2.4 "Baffles"

A origem dos "baffles" para tratamento acústico de salas remonta aos anos 70 e pode ser encontrada no livro "Handbook of Acoustics", (Malcolm 1998) que discute o desenvolvimento de materiais e técnicas para tratamento acústico de salas, incluindo o uso de "baffles" suspensos para controlar a reverberação. O autor cita exemplos de estúdios de gravação e teatros que usaram "baffles" nessa época para melhorar a qualidade sonora e reduzir a reverberação. Esses estudos foram conduzidos devido às limitações acústicas que esses espaços apresentavam, comuns na época, que afetavam negativamente a qualidade de gravações e apresentações ao vivo.

Naquela época, os "baffles" eram geralmente feitos de materiais como espuma acústica ou lã de vidro, e a sua aparência era geralmente funcional em vez de estética. Eles eram suspensos verticalmente ou horizontalmente em salas de tamanho médio a grande, como estúdios de gravação, teatros e salas de concerto. O seu objetivo era reduzir a reverberação, controlar a reflexão e melhorar a qualidade sonora do ambiente.

Com o tempo, novos materiais e tecnologias foram desenvolvidos para aprimorar a eficácia dos "baffles" acústicos. Hoje em dia, eles são fabricados com materiais mais modernos, como fibra de vidro, lã de rocha, espuma de melamina e materiais reciclados. Além disso, os design dos "baffles" evoluíram e agora apresentam uma ampla variedade de formas e tamanhos, desde formas retangulares e quadradas até design personalizados e curvos.

Os "baffles" acústicos também são amplamente utilizados em ambientes comerciais e industriais, como escolas, escritórios, hospitais e centros de convenções. Eles são usados para melhorar a inteligibilidade da palavra, reduzir o ruído de fundo e melhorar a qualidade sonora do ambiente.

Livros, artigos técnicos e teses de mestrado têm contribuído significativamente para o avanço do estado da arte dos "baffles" acústicos. Um exemplo de um livro que aborda o tema é "Acoustic Absorbers and Diffusers", (Cox, D'Antonio 2009). Este livro oferece uma visão abrangente do projeto e aplicação de absorvedores e difusores acústicos, incluindo "baffles".

Vários artigos técnicos também abordam o uso de "baffles" acústicos. Um exemplo é o "Predicting the performance of hanging "baffles" in large swimming pools" (Desmond and Castillo, 2017), uma consultora em acústica sediada em Sydney, Austrália. A empresa oferece serviços especializados em acústica, incluindo avaliações de ruído e vibração, modelação e medições acústicas, assim como projetos acústicos. A empresa foi fundada por Rodney Stevens, que tem mais de 40 anos de experiência em acústica e é um dos principais consultores em acústica da Austrália e apresenta o desempenho dos painéis acústicos suspensos e a modelagem de software realizada numa grande piscina pública. A necessidade desta investigação surgiu a partir dos requisitos do seu cliente, o Wollondilly Leisure Centre, para tratar acusticamente a sua grande piscina a fim de reduzir os tempos de reverberação para níveis aceitáveis.

Outro artigo como o "The effect of various placements and densities on the sound absorption of "baffles" (Rebke 1987), apresenta um estudo sobre a eficácia de "baffles" acústicos na horizontal e na vertical em função da densidade do material.

Também o artigo "Characterization of acoustics in open offices - four case studies", The Journal of the Acoustical Society of America, um estudo acústico em open space de escritórios tem como objetivo reduzir distrações e melhorar a privacidade dos utilizadores com recurso a absorção acústica. Para isso, foram realizados estudos em quatro casos independentes, onde foram implementadas soluções acústicas individuais, como o aumento da absorção do teto, telas absorventes, cortinas entre os trabalhadores e aumento do nível de som de mascaramento.

Além disso, teses de mestrado também têm contribuído para o estado da arte dos "baffles" acústicos. "Acoustic baffles as an Alternative to Traditional Sound Absorption

Materials", (Denomme, 2015), apresentada na Universidade de Waterloo, é um exemplo. A tese investigou a eficácia de "baffles" acústicos em comparação com materiais tradicionais de absorção sonora, como painéis de fibra de vidro.

Outra tese relevante é "Optimization of the Design Parameters of Sound Absorbing "baffles" for Indoor Environments", (Noor 2016), apresentada na Universidade de Malaya. A tese investigou a otimização dos parâmetros de projeto de "baffles" acústicos para melhorar a absorção sonora em ambientes interiores.

Também a tese "Estudo do Desempenho Acústico de "baffles" de Fibra de Vidro Suspensos Verticalmente em um Ambiente de Grande Volume", (Shama,2004), da Universidade Estadual de Campinas, desenvolve o uso de "baffles" acústicos e investiga o seu desempenho no material de fibra de vidro suspensos verticalmente num ambiente com grande volume, como uma igreja.

Outro exemplo é a tese de doutoramento "Análise Acústica de Diferentes Tipos de "baffles" em Salas Retangulares", (Pérez 2010), apresentada na Universidade de São Paulo. A tese investigou a eficácia de diferentes tipos de "baffles" acústicos em salas retangulares, incluindo "baffles" suspensos verticalmente e horizontalmente, em termos de redução de tempo de reverberação e uniformidade do campo sonoro.

Muitos livros, artigos técnicos e teses de mestrado e doutoramento continuam a ser importantes fontes de informações para o estado da arte dos "baffles" acústicos. As pesquisas e desenvolvimentos nesta área ajudam a melhorar a eficácia dos "baffles" acústicos tornando-os numa solução cada vez mais atraente para o controle acústico de ambientes.

Em resumo, a revisão do estado da arte sobre "baffles" acústicos mostra que eles são uma solução eficaz para o tratamento acústico de espaços interiores e que o seu desempenho acústico pode ser maximizado através da escolha cuidadosa dos fatores mencionados acima. A pesquisa continua e o desenvolvimento de novas soluções e materiais permite explorar novas abordagens para melhorar a eficácia dos "baffles" e ampliar a sua aplicação em diferentes tipos de espaços.

Existem no mercado os mais diversos materiais e formas utilizadas na fabricação de "baffles" dos quais podemos realçar:

2.4.1 "Baffles" em Tecido

"baffles" em tecido acústico são leves e respiráveis, geralmente feitos de fibras sintéticas, que ajudam a absorver as ondas sonoras. Podem ser revestidos em uma ou ambas as faces, com ou sem impressão e habitualmente com caixa preenchida com material absorvente, (ver figura 2-15 a 2-19).



Figura 2-15 - Exemplo de “Baffles” decorativos absorventes em tecido

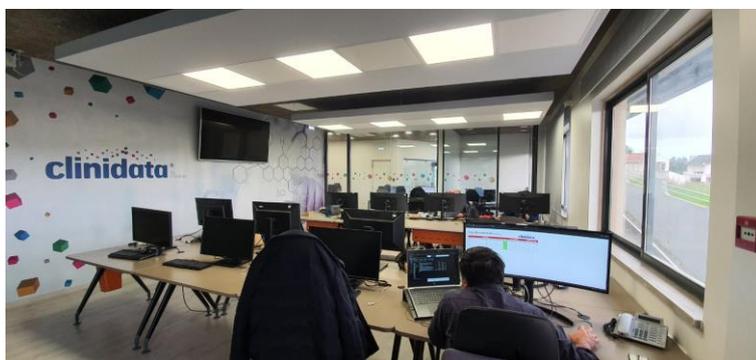


Figura 2-16 - Exemplo de “Baffles” decorativos absorventes em tecido



Figura 2-17 - Exemplo de “Baffles” absorventes em tecido



Figura 2-18 - Exemplo de “Baffles” absorventes em tecido – Hunter Douglas Architectural (2022)

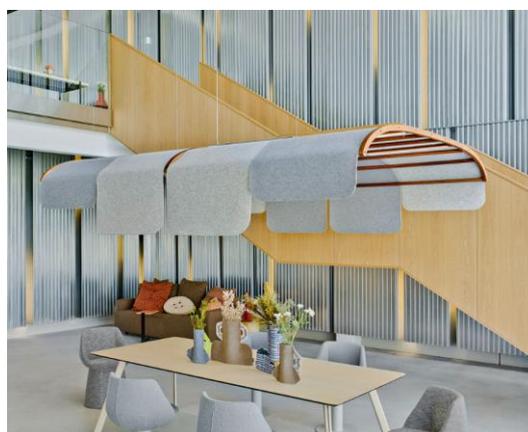


Figura 2-19 - Exemplo de “Baffles” em tecido – Sancal (2022)

2.4.2 “Baffles” em material sintético

“Baffles” em materiais sintéticos e espumas acústicas, habitualmente de poliuretano, leves e fáceis de cortar e instalar que oferecem uma boa absorção em médias e altas frequências.

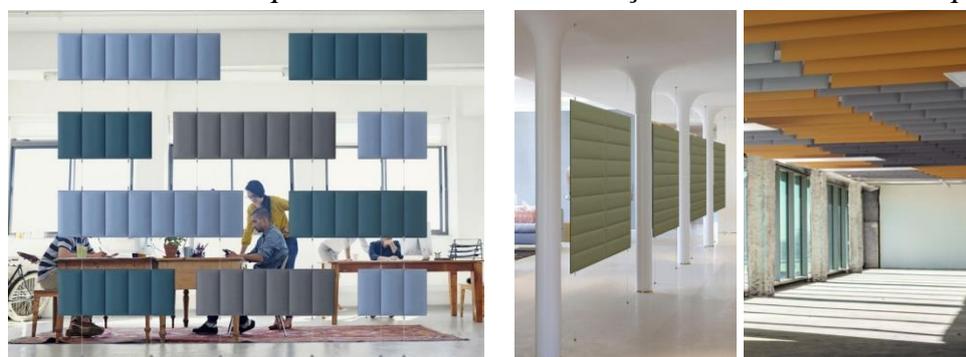


Figura 2-20 - Exemplo de “Baffles” decorativos absorventes em material sintético, Slalom (2023)



Figura 2-21 - Exemplos de “Baffles” absorventes

2.4.3 “Baffles” em materiais compósitos

Podem ser feitos de vários tipos de materiais, como lã de rocha ou vidro, que são misturados com resinas para formar painéis rígidos, habitualmente associados a uma excelente absorção de som em altas frequências.

Painéis verticais ondulares exclusivos disponíveis em visual de madeira.

PRINCIPAIS ATRIBUTOS DE SELEÇÃO

- Destaque um ambiente ou adicione impacto visual em seu projeto
- Painéis exclusivos podem criar visuals variados dependendo do espaçamento entre as peças e do tipo de instalação
- A aparência de madeira traz calor para qualquer ambiente
- Ideal para reformas ou projetos novos

CORES Devido às limitações de impressão, o tom pode variar do produto real.

		
Cherry (CCF)	Walnut (CWN)	Mahogany (CMH)

MetalWorks™ Blades – Concepts na cor Walnut

Figura 2-22 - Exemplo de “Baffles” absorventes em material compósito, Armstrong Ceilings (2023)

Gama **CELENIT ACÚSTICO**

CELENIT NB

Placa de isolamento térmico e acústico feita de lã de madeira de abeto mineralizada ligada com cimento Portland branco. A lã de madeira tem 3 mm de largura. Em conformidade com a norma EN 13168 e EN 13964.

A gama CELENIT ACÚSTICO com textura **standard** tem propriedades de absorção sonora significativas, isolamento térmico e inércia térmica, proteção anti fogo, resistência à humidade, resistência ao impacto, durabilidade e naturalidade. Para além disso, no revestimento de paredes e tetos, o CELENIT NB é utilizado com colagem permanente com acabamento visual.

Aplicações



Tetos, revestimento paredes, baffles e salta, soluções design.

Ficha Técnica

Dimensões
2400x600 - 2000x600 - 1200x600 - 600x600 mm

Espessura
15 - 25 - 35 - 50 mm

Reação no fogo
Euroclasse E-s1, d0

Figura 2-23 - Exemplo de “Baffles” absorventes em material compósito, Lusomatec (2023)

2.4.4 “Baffles” em Material PET

Os “baffles” à base de PET, 100% recicláveis, além de terem um comportamento acústico muito eficiente são compostos por materiais ecológicos e não tóxicos e podem ser aplicados em qualquer superfície, cavidade ou situação (interior e exterior) devido à sua resistência à humidade, elevada resistência mecânica à abrasão e ao impacto.



Figura 2-24 - Exemplo de “Baffles” absorventes, Archiexpo (2023)



Figura 2-25 - Exemplo de “Baffles” absorventes, Archiexpo (2023)

2.4.5 “Baffles” acústicos em aço

Os “baffles” em aço têm habitualmente a sua caixa de ar preenchida com material absorvente e feitos de aço galvanizado ou revestido, o que oferece resistência à corrosão e à humidade sendo fáceis de limpar e de manter.



Figura 2-26 - Exemplo de “Baffles” metálicos, Archiexpo (2023)

2.4.6 “Baffles” acústico em madeira

Têm uma aparência natural e acolhedora, a madeira é ecológica e são uma opção mais sustentável em comparação com materiais sintéticos com a vantagem de estarem disponíveis em uma ampla variedade de texturas e cores sendo conhecidos pela sua capacidade de absorver o som, podem ser personalizados para se adequar em diferentes espaços e aplicações, o que significa que podem ser dimensionados para as necessidades específicas de cada projeto com desempenho acústico superior em comparação com outros materiais especialmente em aplicações de baixa frequência.

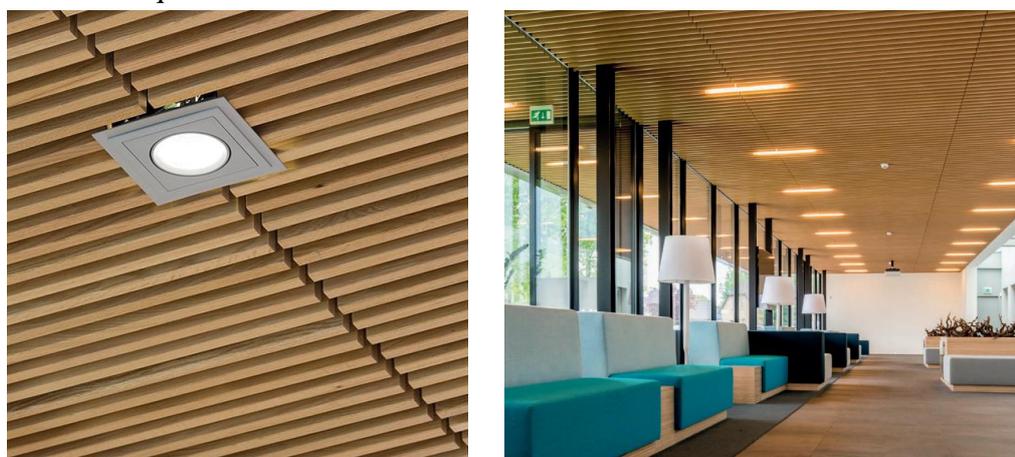


Figura 2-27 - Exemplo de “Baffles” de madeira, Hunter Douglas Architectural (2022)

3 Metodologias

Pretende-se, em situações reais, in-situ e numa sala com elevada reverberação, perceber de que forma a disposição, afastamento, horizontalidade e a aproximação de superfícies refletoras/absorvedoras influencia os parâmetros acústicos da sala. Para tal efetuaram-se uma verificação/validação de modelos de cálculos matemáticos confrontando-se com as medições in-situ recorrendo à modelação com o software CATT-Acoustic™, desenvolvido na Suécia que permite verificar padrões e analisar as diferentes soluções práticas a utilizar por arquitetos e projetistas de acústica.

3.1 Metodologia ensaio in-situ

A metodologia de ensaio do tempo de reverberação segue a norma NP EN ISO 3382-2:2015 de acordo com o Método da fonte interrompida (método de engenharia):

- É efetuada uma produção de um forte campo sonoro no recinto, através de uma fonte sonora omnidirecional, (ver figura 3-1), de ruído estável e de banda larga (ruído branco) e como um espectro contínuo.



Figura 3-1 - Fonte Dodecaédrica omnidirecional Tipo 4292 da Brüel &Kjaer / **Figura 3-2** - Conjunto medição acústica composto por Fonte Omnidirecional, amplificador, transmissor e sonómetro.

Quadro 3-1 - Instrumentos utilizados nas medições.

Equipamento	Sonómetro Integrador	
Marca / Modelo	Brüel & Kjær / 2270	
Classe de Precisão	Classe 1 IEC 61672 e Classe 0 IEC 61260	
Software	BZ 7210 version 3	
Calibração / Data	ISQ / 30-12-2021	
N.º de série	2664172	
Intervalo de frequências	16 Hz a 12.4 KHz, para filtros de 1/3 oitava	
Equipamento	Microfone	
Marca / Modelo	Brüel & Kjær / 4189	
N.º de série	2791672	
Equipamento	Calibrador de Campo sonoro livre	
Marca / Modelo	Brüel & Kjær / 4231	
Equipamento	Tripé de Fixação Portátil	
Marca	Brüel & Kjær	
Equipamento	Amplificador de Potência	
Marca / Modelo	Brüel & Kjær / 2716	
Equipamento	Mala de Transporte do Amplificador	
Marca / Modelo	KE / 0358	
Equipamento	Fonte Sonora Omnidireccional	
Marca / Modelo	Brüel & Kjær / 4292	
Equipamento	Mala de Transporte	
Marca / Modelo	Brüel & Kjær / KE 0365	
Equipamento	Saco de Transporte do Tripé da Fonte Sonora Omnidireccional	
Marca / Modelo	Brüel & Kjær / KE 0364	
Equipamento	Cabos de Ligação	
Modelo	AO -1456 e AQ-0673	
Equipamento	Kit para Transmissão Sem Fios	
Marca / Modelo	AKG WMS 450	
Equipamento	Fita-métrica 5M categoria 2	
Software	Software Qualifier™ 7830, Brüel & Kjær	

A fonte deve ser capaz de produzir um nível de pressão sonora suficiente para produzir uma curva de decaimento com o intervalo mínimo requerido sem contaminação do ruído de fundo, sendo que a curva deve começar pelo menos 35 dB acima do ruído na frequência correspondente.

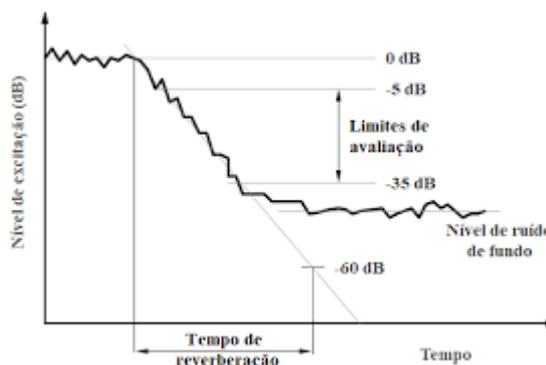


Figura 3-3 - Gráfico do sinal de excitação de modo a ser efetuada a medição do Tempo de reverberação

O sinal de excitação deve ser suficientemente longo para produzir um nível de pressão sonora fixa em todas as bandas de frequências que depois é interrompido. Para obter um patamar de nível de pressão sonora fixa o tempo de excitação do compartimento deve ser, no mínimo metade do tempo de reverberação esperado do compartimento.

Na prática, não se consegue obter este decaimento de 60 dB, pelo que ao nível da medição utilizamos decaimentos inferiores, de 20 dB (T_{20}) ou 30 dB (T_{30}) sendo depois os valores extrapolados para o decaimento de 60 dB.

O Método da fonte interrompida (método de engenharia) descrito na NP EN ISO 3382-2:2015 indica que devem ser efetuadas no mínimo 12 medições, correspondentes a 6 posições de sonómetro com 2 leituras de decaimento em cada posição, no compartimento de ensaio, T_{20} .

Quadro 3-2 - Número mínimo de pontos de medição de acordo com NP EN ISO 3382-2:2015

	Controlo	Engenharia ^{a)}	Precisão
Combinações fonte sonora-microfone	2	6	12
Posições da fonte sonora ^{b)}	≥ 1	≥ 2	≥ 2
Posições do microfone ^{c)}	≥ 2	≥ 2	≥ 3
Número de decaimentos em cada posição (método da fonte interrompida)	1	2	3

^{a)} Quando os resultados são utilizados como termo de correção para outras medições ao nível de engenharia, apenas uma posição da fonte e três posições do microfone são necessários.

^{b)} Para o caso do método de ruído interrompido podem ser usadas em simultâneo fontes não correlacionadas.

^{c)} Para o caso do método de ruído interrompido e quando os resultados são utilizados como termo de correção poderão ser utilizados sistemas de microfones rotativos em lugar de múltiplas posições de microfone.

No entanto, de modo a diminuir a incerteza do ensaio, aumentou-se o n.º de posições do sonómetro para 8, obtendo assim uma combinação de 16 leituras e duas posições da fonte.

A medição foi efetuada com o compartimento desocupado, com a presença do Operador, respeitando as distâncias mínimas definidas na NP EN ISO 3382-2:2015:

- 2 m (que corresponde a ½ comprimento de onda) entre posições do sonómetro, evitando-se posições simétricas;
- 1 m (que corresponde a ¼ de comprimento de onda) entre o sonómetro e os limites do compartimento ou de elementos difusores, tais como paredes e pavimentos, podendo ser descuradas pequenas irregularidades dos limites do compartimento.

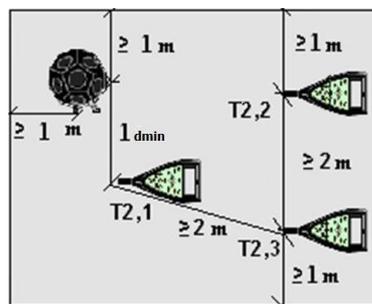


Figura 3-4 - Esquema das posições do sonómetro e da fonte sonora para a obtenção do tempo de reverberação no compartimento de ensaio (PIE-Enga.03.4, 2020)

O cálculo dos valores do tempo de reverberação regulamentar, T_r , correspondente à média aritmética dos valores obtidos para as bandas de oitava, contendo as frequências centrais dos 500, 1000 e 2000 Hertz, para comparação com o Decreto-Lei n.º 96/2008 de 9 de junho:

$$T_r = \frac{\bar{T}_{500\text{Hz}} + \bar{T}_{1000\text{Hz}} + \bar{T}_{2000\text{Hz}}}{3} \quad (2)$$

No âmbito do caso em estudo, o cálculo dos valores do tempo de reverberação, T , correspondem à média aritmética dos valores obtidos para as bandas de oitava, contendo as bandas de frequência centrais dos 250 Hertz a 4000 Hertz:

$$T = \frac{\bar{T}_{250\text{Hz}} + \bar{T}_{500\text{Hz}} + \bar{T}_{1000\text{Hz}} + \bar{T}_{2000\text{Hz}} + \bar{T}_{4000\text{Hz}}}{5} \quad (3)$$

Para o estudo e desenvolvimento das diversas soluções foram realizada numa primeira fase em situações reais de salas com tratamento acústico por “baffles” efetuando-se medições acústicas do Tempo de reverberação. Efetuaram-se também medições com os “baffles” a diferentes afastamentos do teto e entre as si, e posteriormente com redução da sua quantidade para metade de forma a que perceber essa diferença fosse percebida no parâmetro em estudo.

Numa segunda fase e mais exaustivamente, foi escolhida uma sala retangular vazia, com 9,63m comprimento, 4,72 m de largura, e pé direito de 2,42 m e 2,75 m, (**Figura 3-5**), simulando uma câmara reverberante com elevada reverberação em que se aplicou inicialmente um conjunto de 12 “baffles” com a dimensão de 1,20m x 0,4m x 0,02m dispostos no pavimento com área, A, de 5,76 m², e na vertical em diferentes afastamentos e alturas ao teto medindo-se assim o parâmetro do Tempo de reverberação, T, (**Figura 3-5**). Posteriormente, reduziu-se o conjunto para a quantidade de 6 “baffles”, com as mesmas dimensões, novamente dispostos em diferentes afastamentos e alturas ao teto e voltando-se a medir novamente o parâmetro Tempo de reverberação (**Figura 3-6 e Figura 3-7**).

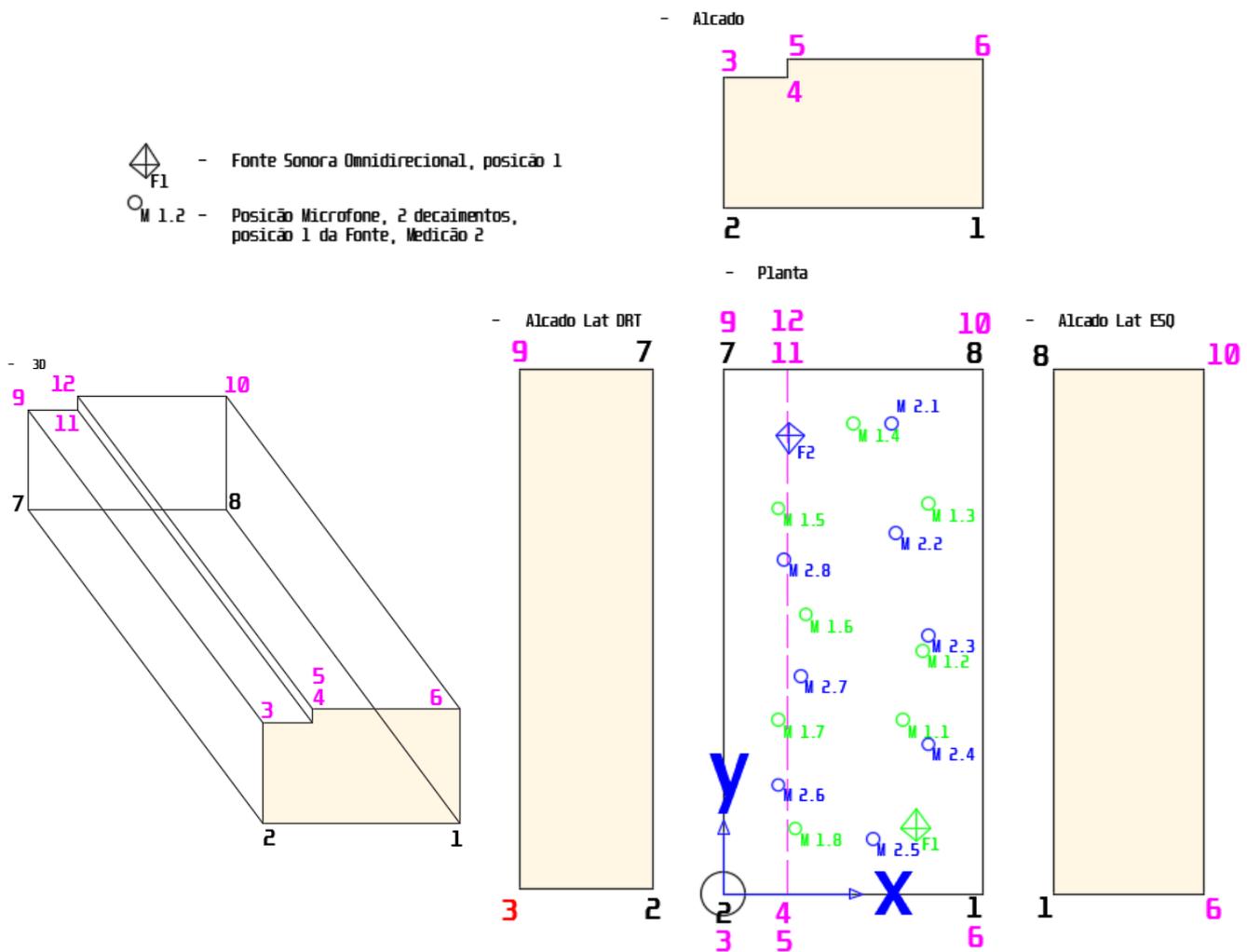


Figura 3-5 - planta, alçados e 3D da sala com elevada reverberação, esquema das posições da fonte e do recetor



Figura 3-6 - colocação de 12 “Baffles” para ensaio / **Figura 3-7** - colocação de 6 “Baffles” para ensaio

3.2 Metodologia Modelação - CATT-Acoustic™

A sala com elevada reverberação escolhida para caracterizar o alfa da amostra em análise e estudar as diversas soluções, tem pavimento em betonilha, paredes e teto em gesso cartonado, foi modelada desprezando uma porta metálica com dimensões de 0.8x2.0 m, A Figura 3.1 mostra uma imagem da sala analisada no CATT-Acoustic™:

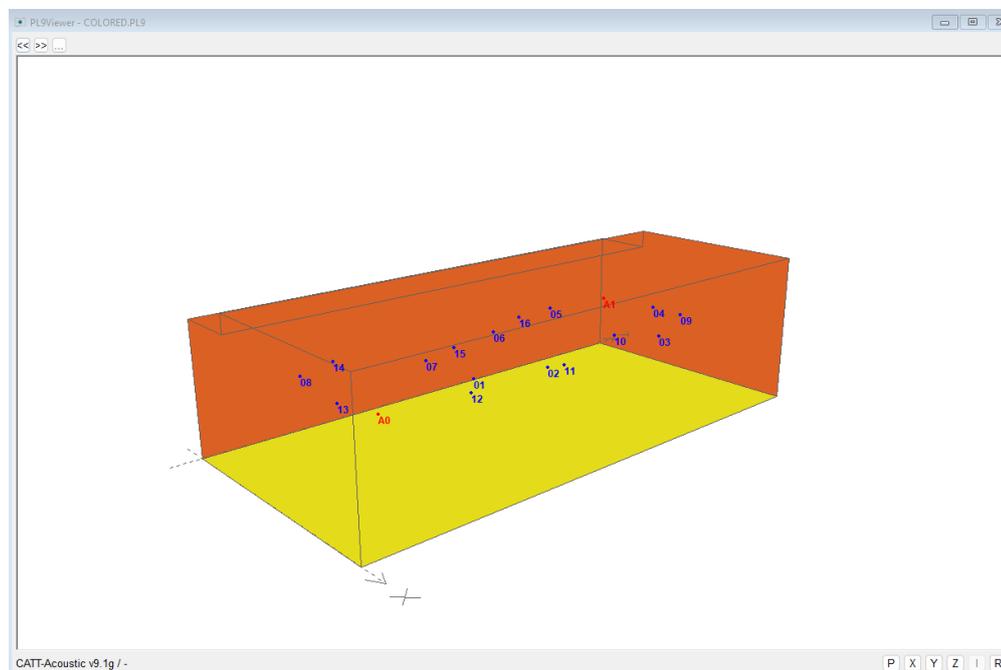


Figura 3-8 – 3D da sala em estudo no CATT-Acoustic™

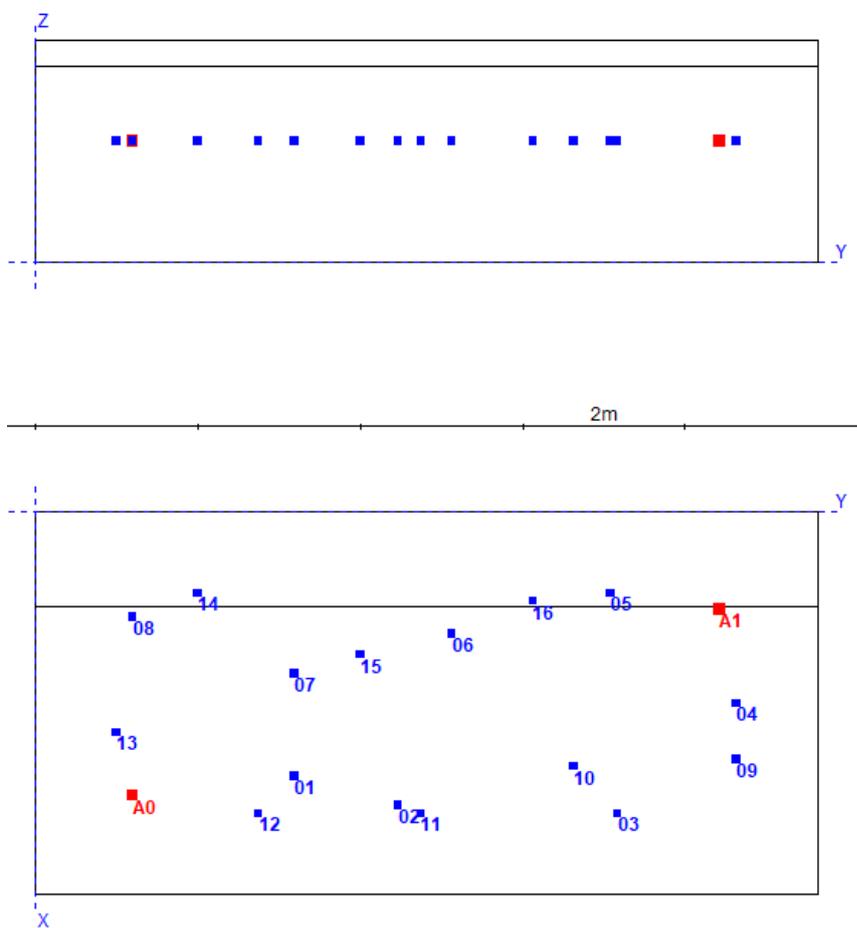


Figura 3-9 – Vistas da sala em estudo no CATT-Acoustic™

4 Resultados

4.1 Cálculo do coeficiente de absorção sonora, alfa (α)

O procedimento para o cálculo da absorção sonora para a caracterização do coeficiente de absorção sonora do material (α) dos “baffles” em estudo é efetuado com recurso a medições com o sistema de aquisição da B&K em sala vazia de elevada reverberação e baixa absorção sonora e utilizando o procedimento semelhante em câmara reverberante que permite a obtenção dos tempos de reverberação efetuando-se as medições com a câmara vazia, sem provete e com o provete para se proceder ao cálculo da área de absorção sonora. O valor obtido representa o tempo de reverberação associado ao provete do material em análise, por forma a se obter os parâmetros de interesse na caracterização da absorção sonora do material em questão que por facilidade logística as referidas medições foram efetuadas numa sala vazia com elevada reverberação, em 3 situações diferentes, “baffles” colocados no pavimento na horizontal, “baffles” colocados na situação modelar na vertical com 1,2x1,2 de elemento, e usando metade dos “baffles”, com a mesma medida:



Figura 4-1 - colocação do provete na horizontal, na vertical, 12 elementos e 6 elementos

O parâmetro relevante para caracterizar as soluções em que os elementos estão distribuídos na horizontal é o coeficiente de absorção sonora (α), no caso dos elementos em que é a área de absorção sonora equivalente por elemento como é o caso dos provetes ensaiados como elementos discretos na vertical, (conjunto de “baffles”), relacionável com as medições da absorção sonora em câmara reverberante e a classificação da absorção sonora (NP EN ISO 354:2007, EN ISO 11654:1997), obtida pela expressão:

$$\alpha = \frac{0,163V}{\Delta S} \left(\frac{1}{T_{rf}} - \frac{1}{T_{r0}} \left(1 - \frac{\Delta S}{S_{tot}} \right) \right)$$

Em que:

α - Coeficiente de absorção, razão entre a energia sonora absorvida e a energia sonora incidente, varia entre 0 e 1.

V – volume da sala reverberante em m^3

T_{rf} representa o tempo de reverberação da câmara reverberante com o provete de ensaio em s e m^2

Quadro 4-1 - Colocação do provete na horizontal, na vertical, 12 e 6 elementos

Tr sala vazia																			Tr (s)
[Hz]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	13[s]	14[s]	15[s]	16[s]	Avg.[s]	StdDev	Regulamentar
250	3,59	3,37	3,35	3,29	3,54	3,21	3,58	3,33	3,28	3,49	3,34	3,4	3,62	3,56	3,5	3,24	3,42	0,13	4,08
500	4,22	4,39	4,27	4,31	4,33	4,41	4,08	4,29	4,27	4,35	4,17	4,15	4,28	4,22	4,37	4,16	4,27	0,09	
1000	4,29	4,35	4,29	4,4	4,27	4,42	4,41	4,29	4,43	4,27	4,48	4,41	4,38	4,29	4,25	4,35	4,34	0,07	
2000	3,58	3,52	3,64	3,65	3,66	3,53	3,56	3,63	3,77	3,61	3,71	3,64	3,61	3,58	3,57	3,61	3,62	0,06	
4000	2,28	2,26	2,31	2,29	2,29	2,25	2,29	2,33	2,36	2,31	2,26	2,24	2,3	2,3	2,25	2,25	2,29	0,03	
Tr(s) 12 placas no chão - horizontal - 5,76 m2																			2,90
250	2,98	3,22	3,16	3,15	3,24	3,1	3,26	3,03	3,23	3,11	3,04	3	3,03	3,33	3,28	3,42	3,16	0,12	
500	3,54	3,59	3,65	3,52	3,58	3,41	3,45	3,45	3,55	3,48	3,42	3,53	3,49	3,44	3,55	3,59	3,52	0,07	
1000	3,06	3,14	3,07	3,1	3,08	3,02	2,94	3,03	3,15	2,98	3	3,1	3,1	3,14	3,03	2,97	3,06	0,06	
2000	2,11	2,15	2,12	2,17	2,13	2,13	2,1	2,14	2,13	2,1	2,15	2,17	2,12	2,15	2,11	2,05	2,13	0,03	
4000	1,52	1,55	1,56	1,57	1,55	1,54	1,55	1,55	1,52	1,53	1,53	1,55	1,52	1,53	1,52	1,53	1,54	0,02	
Tr(s) 12 placas no chão - vertical (1,2x1,2m)																			2,87
250	2,93	2,94	2,74	2,78	2,9	2,77	2,91	3,12	2,76	2,76	2,94	2,96	2,81	2,84	3,09	2,78	2,88	0,11	
500	3,15	3,19	3,18	3,11	3,09	3,04	3,09	3,11	3,26	3,16	3,22	3,29	3,17	3,06	3,07	3,08	3,14	0,07	
1000	3,06	3,13	3,11	3,1	3,02	2,99	2,91	3,03	3,01	3,02	3,07	3	3,02	2,92	2,97	2,92	3,02	0,06	
2000	2,47	2,47	2,46	2,5	2,42	2,4	2,47	2,48	2,42	2,43	2,48	2,48	2,36	2,34	2,4	2,46	2,44	0,05	
4000	1,7	1,75	1,74	1,76	1,72	1,73	1,72	1,71	1,69	1,72	1,71	1,72	1,74	1,73	1,69	1,69	1,72	0,02	
Tr(s) 6 placas no chão - vertical (1,2x1,2m)																			3,06
250	2,93	3,02	2,82	2,79	2,86	2,92	3,14	2,93	2,76	3,02	3,11	2,85	2,73	2,88	2,87	2,7	2,90	0,12	
500	3,27	3,2	3,35	3,27	3,4	3,3	3,3	3,14	3,26	3,31	3,39	3,3	3,41	3,34	3,39	3,2	3,30	0,08	
1000	3,32	3,28	3,4	3,27	3,23	3,16	3,24	3,07	3,27	3,33	3,39	3,28	3,22	3,16	3,22	3,18	3,25	0,08	
2000	2,65	2,59	2,67	2,69	2,66	2,63	2,62	2,61	2,65	2,69	2,65	2,66	2,68	2,54	2,62	2,62	2,64	0,04	
4000	1,76	1,8	1,77	1,8	1,8	1,79	1,79	1,8	1,79	1,8	1,79	1,77	1,78	1,74	1,79	1,74	1,78	0,02	

Quadro 4-2 - Valores de coeficiente de absorção - colocação do provete na horizontal, na vertical, 12 e 6 elementos

[Hz]	Tr0	α_c	Tr1 - Chão	α_m	Tr1 - Alto	α_m	Tr1 - Alto 1/2	α_m
250	3,42	0,034	3,16	0,12	2,88	0,13	2,90	0,21
500	4,27	0,027	3,52	0,20	3,14	0,17	3,30	0,26
1000	4,34	0,027	3,06	0,36	3,02	0,20	3,25	0,29
2000	3,62	0,032	2,13	0,69	2,44	0,26	2,64	0,38
4000	2,29	0,051	1,54	0,78	1,72	0,30	1,78	0,47
			12 placas no chão - horizontal - 5,76 m2 - α_m		12 placas no chão - vertical (1,2x1,2m) - α_m		6 placas no chão - vertical (1,2x1,2m) - α_m	

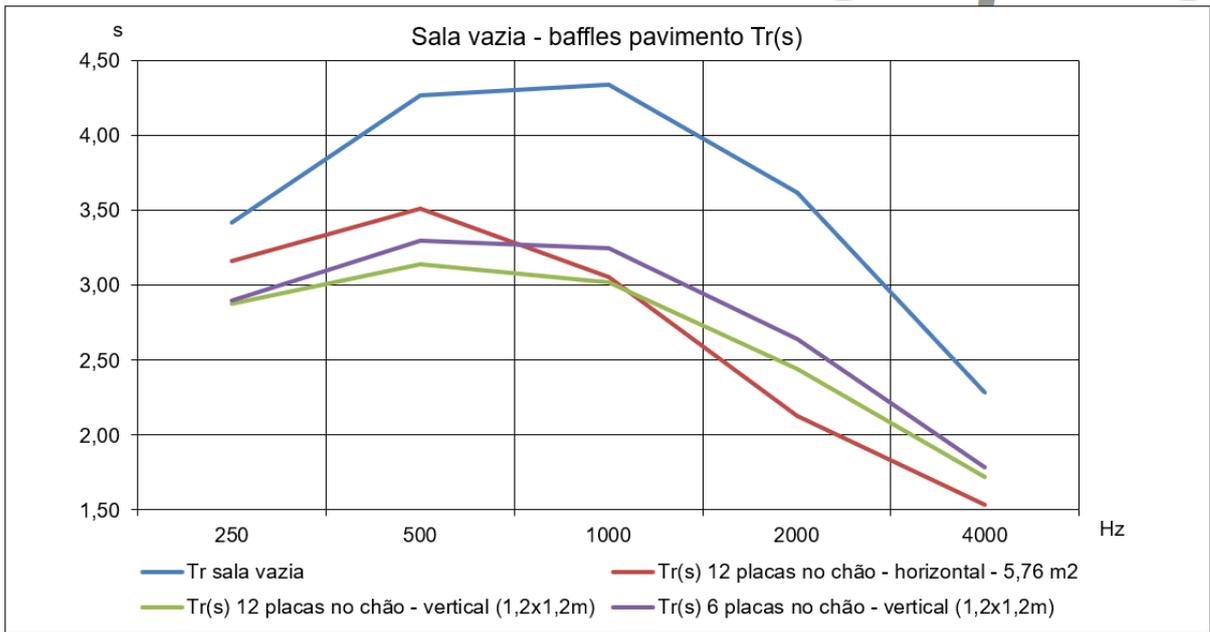


Gráfico 4-1 - Tempo de reverberação - Sala vazia, colocação do provete na horizontal, na vertical, 12 elementos e 6 elementos

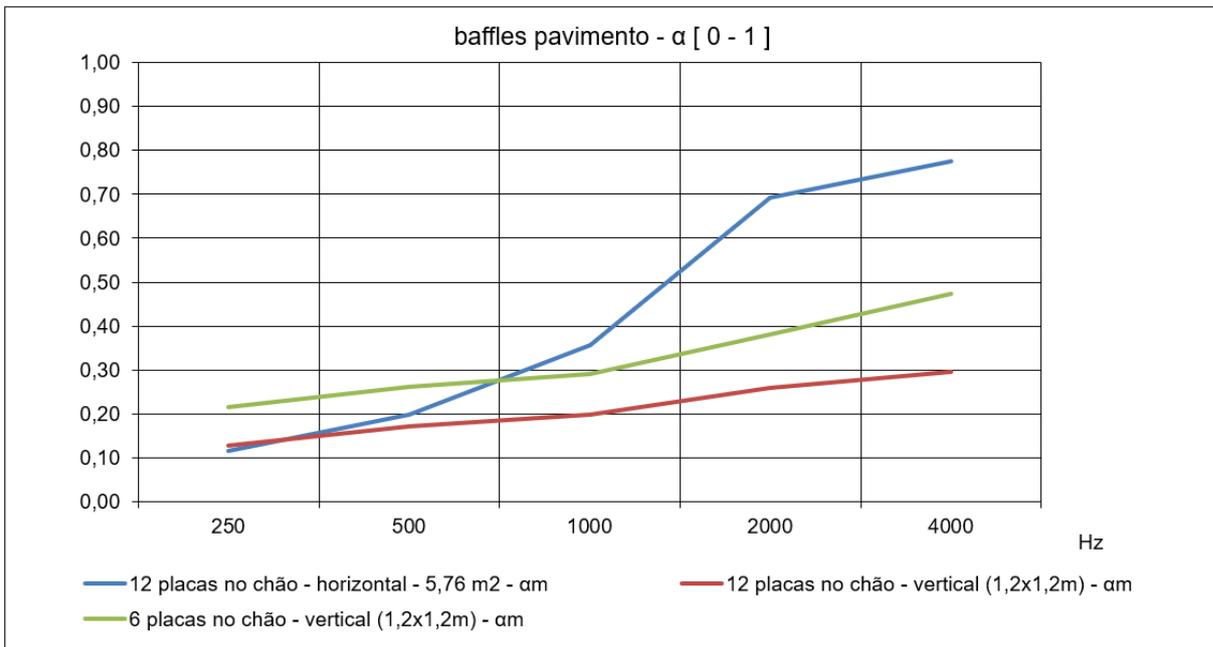


Gráfico 4-2 - Valores de alfa - colocação do provete na horizontal, na vertical 12, elementos e 6 elementos

4.2 Resultados in situ em diferentes salas

Foram efetuadas diversas medições em situações reais executadas com “baffles” acústicos e efetuadas medições acústicas do tempo de reverberação com diversas alturas e afastamentos.

4.2.1 Sala Reuniões da empresa Besolution, Ida.

A sala de pequenas dimensões, da empresa Besolution, engenharia lda., em Viseu, com área de 7,08 m² e volume de 23,15 m³, com pavimento revestido a flutuante de melamina de madeira e paredes de gesso cartonado e divisória de vidro, com mobiliário acústico composto por 12 “baffles” com 1200x400x20mm e efetuadas medições afastados a 20cm, 40cm, 60 e 80cm:

Quadro 4-3 - Tabela do Tempo de Reverberação - Sala sem “baffles”, a 20,40,60 e 80cm do teto

Sala Reuniões área 7,08 m2 - Volume 23,15m3															
a 20 cm do teto															
[H z]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	Avg.[s]	StdDev	Tr (s) Regulamentar
125	0,69	0,8	0,71	0,7	0,72	0,72	0,68	0,69	0,74	0,74	0,71	0,69	0,72	0,03	0,57
250	0,57	0,61	0,65	0,64	0,62	0,65	0,62	0,65	0,63	0,61	0,62	0,62	0,62	0,02	
500	0,54	0,56	0,57	0,54	0,6	0,62	0,56	0,61	0,56	0,57	0,54	0,58	0,57	0,03	
1000	0,51	0,51	0,51	0,53	0,53	0,56	0,52	0,51	0,54	0,53	0,51	0,51	0,52	0,02	
2000	0,52	0,5	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,48	0,48	0,49	0,48	0,48	0,49	0,01	
-0,001															
a 40 cm do teto															
[H z]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	Avg.[s]	StdDev	Tr (s) Regulamentar
125	0,62	0,58	0,79	0,69	0,75	0,7	0,58	0,64	0,58	0,72	0,72	0,75	0,68	0,07	0,57
250	0,61	0,63	0,69	0,68	0,61	0,67	0,64	0,67	0,61	0,67	0,57	0,71	0,65	0,04	
500	0,59	0,6	0,56	0,57	0,56	0,56	0,56	0,55	0,55	0,56	0,57	0,57	0,57	0,01	
1000	0,49	0,51	0,49	0,51	0,49	0,5	0,49	0,49	0,51	0,51	0,5	0,53	0,50	0,01	
2000	0,44	0,47	0,46	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,48	0,47	0,47	0,47	0,47	0,01	
-0,016															
a 60 cm do teto															
[H z]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	Avg.[s]	StdDev	Tr (s) Regulamentar
125	0,67	0,78	0,67	0,72	0,62	0,68	0,78	0,63	0,7	0,66	0,74	0,75	0,70	0,05	0,59
250	0,67	0,72	0,63	0,88	0,67	0,6	0,63	0,66	0,63	0,7	0,65	0,74	0,68	0,07	
500	0,57	0,61	0,6	0,54	0,58	0,62	0,56	0,61	0,53	0,61	0,57	0,54	0,58	0,03	
1000	0,49	0,5	0,52	0,5	0,5	0,5	0,52	0,52	0,49	0,49	0,49	0,51	0,50	0,01	
2000	0,46	0,47	0,47	0,47	0,47	0,46	0,47	0,49	0,46	0,49	0,46	0,46	0,47	0,01	
-0,004															
a 80 cm do teto															
[H z]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	Avg.[s]	StdDev	Tr (s) Regulamentar
125	0,7	0,67	0,63	0,68	0,72	0,64	0,76	0,84	0,77	0,86	0,74	0,71	0,73	0,07	0,59
250	0,66	0,67	0,69	0,62	0,72	0,63	0,62	0,69	0,68	0,76	0,77	0,7	0,68	0,05	
500	0,56	0,58	0,57	0,56	0,59	0,6	0,59	0,62	0,62	0,6	0,59	0,63	0,59	0,02	
1000	0,49	0,47	0,49	0,5	0,47	0,53	0,52	0,51	0,51	0,49	0,5	0,48	0,50	0,02	
2000	0,47	0,47	0,48	0,46	0,45	0,47	0,47	0,47	0,46	0,46	0,45	0,45	0,46	0,01	
-0,225															
sem placas															
[H z]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	Avg.[s]	StdDev	Tr (s) Regulamentar
125	0,74	0,73	0,7	0,78	0,77	0,75	0,75	0,89	0,85	0,75	0,68	1,04	0,79	0,09	0,82
250	0,72	0,8	0,73	0,78	0,76	0,76	0,71	0,76	0,71	0,76	0,76	0,81	0,76	0,03	
500	0,82	0,91	0,87	0,87	0,85	0,86	0,88	0,83	0,82	0,86	0,86	0,9	0,86	0,03	
1000	0,81	0,87	0,83	0,83	0,81	0,84	0,83	0,85	0,82	0,84	0,83	0,84	0,83	0,02	
2000	0,77	0,8	0,79	0,78	0,78	0,79	0,8	0,79	0,79	0,78	0,81	0,81	0,79	0,01	

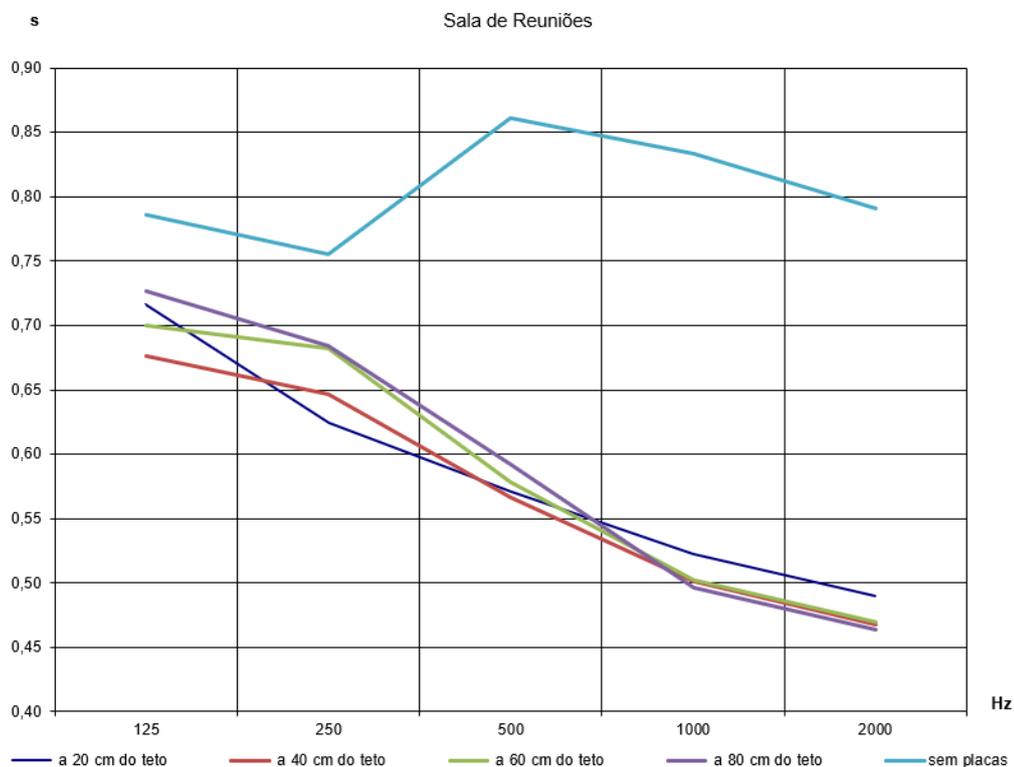


Gráfico 4-3 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - Sala sem “baffles”, a 20, 40, 60 e 80 cm do teto



Figura 4-2 - Registro fotográfico do Gabinete da empresa Besolution, Lda. em estudo.

Face às medições verifica-se que para a mesma localização dos “baffles” e para esta sala de pequenas dimensões o afastamento dos “baffles” do teto não representa uma alteração significativa no parâmetro em estudo, Tempo de reverberação.

4.2.2 Gabinete da empresa Besolution, Lda.

O gabinete de pequenas dimensões da empresa Besolution, Engenharia Lda., em Viseu, com área de 9,95 m² e volume de 32,54 m³, com pavimento revestido a flutuante de melamina de madeira e paredes de gesso cartonado, parede revestida a tecido acústico e divisória de vidro, com mobiliário acústico composto por 12 “baffles” com 2400x400x20mm “slimpanel grille” e efetuadas medições com os “baffles” afastados a 15cm e 30cm com a totalidade dos “baffles” e com metade.

Quadro 4-4 – Tabela do Tempo de Reverberação - Sala sem “baffles”, a 15, 30, 35 cm do teto, com 12 e 6 “baffles”

Sala Gabinete 9,95 m2 - Volume 32,54m3															
Posição normal - todos os baffles															
[Hz]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	Avg.[s]	StdDev	Tr Regulamentar
250	0,57	0,65	0,53	0,5	0,58	0,52	0,54	0,51	0,52	0,62	0,64	0,59	0,56	0,05	0,36
500	0,42	0,48	0,48	0,43	0,43	0,39	0,46	0,38	0,42	0,46	0,49	0,45	0,44	0,03	
1000	0,43	0,35	0,37	0,33	0,37	0,38	0,37	0,36	0,37	0,35	0,37	0,34	0,37	0,02	
2000	0,29	0,27	0,29	0,27	0,3	0,29	0,28	0,29	0,29	0,28	0,29	0,27	0,28	0,01	
4000	0,27	0,25	0,3	0,26	0,28	0,27	0,28	0,28	0,25	0,27	0,26	0,25	0,27	0,01	
-0,018															
Posição normal - 50% dos baffles															
[Hz]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	Avg.[s]	StdDev	Tr Regulamentar
250	0,47	0,59	0,51	0,51	0,6	0,5	0,66	0,48	0,55	0,57	0,58	0,46	0,54	0,06	0,38
500	0,41	0,45	0,47	0,44	0,43	0,45	0,45	0,42	0,43	0,44	0,43	0,45	0,44	0,02	
1000	0,38	0,38	0,38	0,4	0,39	0,38	0,38	0,46	0,39	0,39	0,39	0,43	0,40	0,02	
2000	0,3	0,3	0,31	0,29	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32	0,31	0,3	0,3	0,31	0,01	
4000	0,26	0,26	0,28	0,27	0,28	0,27	0,27	0,26	0,3	0,27	0,25	0,28	0,27	0,01	
0,003															
Baixar 15 cm - 50% dos baffles															
[Hz]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	Avg.[s]	StdDev	Tr Regulamentar
250	0,56	0,47	0,52	0,51	0,48	0,53	0,5	0,53	0,45	0,59	0,55	0,5	0,52	0,04	0,38
500	0,42	0,45	0,43	0,43	0,48	0,42	0,47	0,47	0,44	0,46	0,46	0,36	0,44	0,03	
1000	0,38	0,37	0,39	0,4	0,44	0,37	0,37	0,38	0,37	0,37	0,38	0,37	0,38	0,02	
2000	0,3	0,32	0,32	0,32	0,32	0,28	0,31	0,32	0,33	0,31	0,3	0,3	0,31	0,01	
4000	0,29	0,27	0,28	0,28	0,27	0,28	0,28	0,28	0,33	0,3	0,29	0,27	0,28	0,02	
0,019															
Baixar 15 cm - todos baffles															
[Hz]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	Avg.[s]	StdDev	Tr Regulamentar
250	0,52	0,48	0,48	0,51	0,48	0,51	0,47	0,53	0,55	0,51	0,55	0,56	0,51	0,03	0,36
500	0,42	0,49	0,41	0,42	0,43	0,43	0,44	0,46	0,4	0,45	0,41	0,42	0,43	0,02	
1000	0,34	0,36	0,37	0,38	0,38	0,37	0,33	0,33	0,35	0,4	0,34	0,36	0,36	0,02	
2000	0,28	0,27	0,31	0,29	0,3	0,31	0,28	0,28	0,28	0,29	0,26	0,3	0,29	0,01	
4000	0,27	0,27	0,27	0,27	0,25	0,27	0,25	0,27	0,24	0,28	0,27	0,27	0,27	0,01	
-0,003															
Baixar 30 cm - todos baffles															
[Hz]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	Avg.[s]	StdDev	Tr Regulamentar
250	0,53	0,48	0,49	0,52	0,51	0,52	0,46	0,47	0,52	0,51	0,51	0,53	0,50	0,02	0,36
500	0,46	0,44	0,4	0,45	0,4	0,44	0,4	0,43	0,53	0,42	0,43	0,4	0,43	0,04	
1000	0,35	0,44	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,35	0,33	0,39	0,35	0,35	0,37	0,03	
2000	0,27	0,29	0,29	0,28	0,28	0,3	0,29	0,28	0,29	0,3	0,29	0,29	0,29	0,01	
4000	0,27	0,27	0,27	0,27	0,26	0,25	0,31	0,24	0,25	0,28	0,25	0,26	0,27	0,02	
-0,017															
Baixar 30 cm - 50% dos baffles															
[Hz]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	Avg.[s]	StdDev	Tr Regulamentar
250	0,53	0,48	0,48	0,43	0,47	0,46	0,52	0,52	0,44	0,5	0,5	0,53	0,49	0,03	0,38
500	0,46	0,48	0,42	0,39	0,46	0,48	0,43	0,48	0,5	0,46	0,46	0,44	0,46	0,03	
1000	0,4	0,37	0,39	0,37	0,37	0,42	0,37	0,37	0,36	0,37	0,4	0,35	0,38	0,02	
2000	0,31	0,31	0,3	0,3	0,31	0,31	0,3	0,31	0,3	0,29	0,31	0,31	0,31	0,01	
4000	0,33	0,27	0,28	0,27	0,26	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,26	0,27	0,28	0,02	
-0,101															
Sem baffles															
[Hz]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	Avg.[s]	StdDev	Tr Regulamentar
250	0,67	0,52	0,62	0,68	0,61	0,58	0,73	0,59	0,61	0,62	0,63	0,66	0,63	0,05	0,48
500	0,53	0,52	0,56	0,54	0,6	0,51	0,63	0,58	0,58	0,58	0,62	0,55	0,57	0,04	
1000	0,48	0,44	0,49	0,5	0,46	0,49	0,47	0,46	0,47	0,46	0,46	0,47	0,47	0,02	
2000	0,42	0,39	0,4	0,41	0,41	0,41	0,42	0,4	0,4	0,4	0,39	0,39	0,40	0,01	
4000	0,38	0,35	0,36	0,36	0,35	0,37	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,38	0,36	0,01	

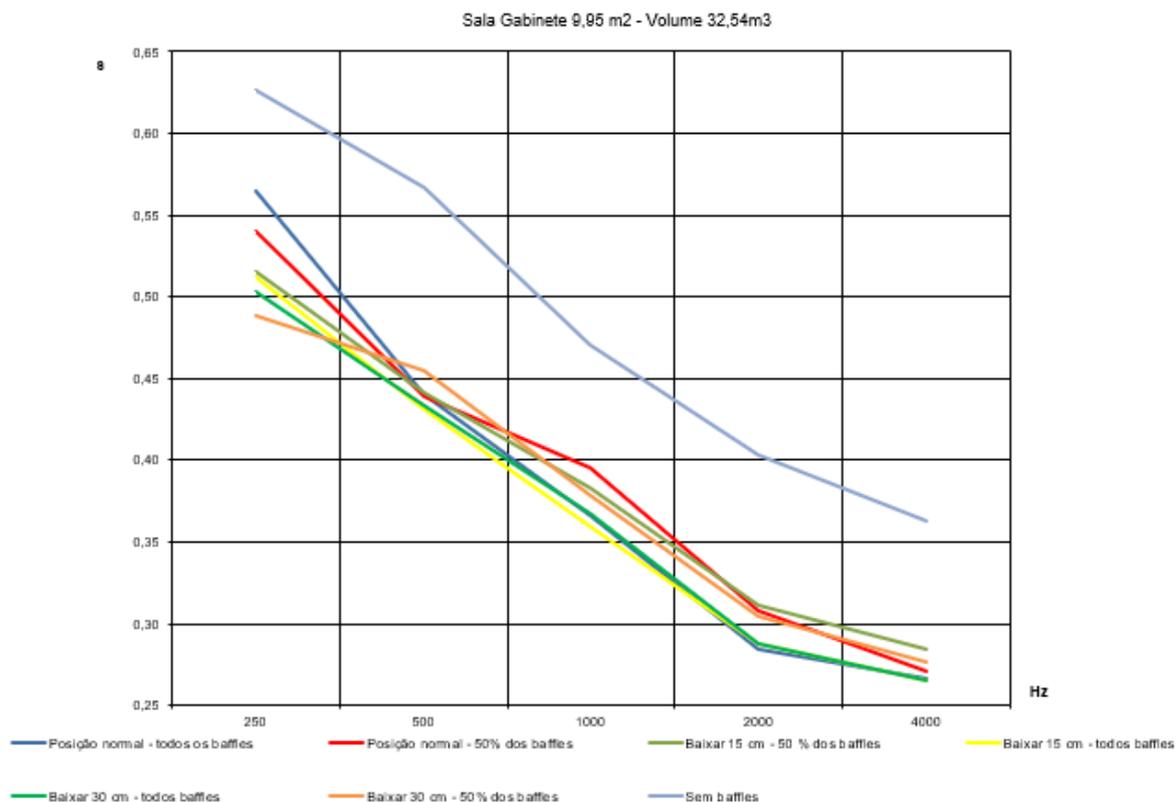


Gráfico 4-4 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - Sala sem “baffles”, a 15, 30, 35 cm do teto, com 12 e 6 “baffles”

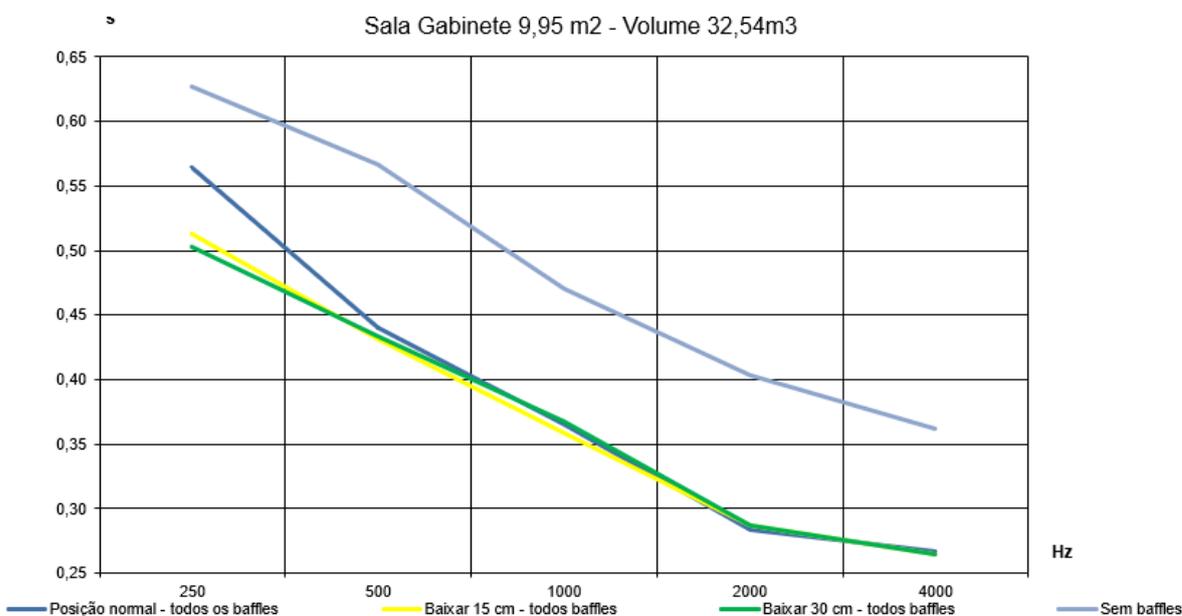


Gráfico 4-5 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - Sala sem “baffles”, a 15, 30, 35 cm do teto, com 12 “baffles”

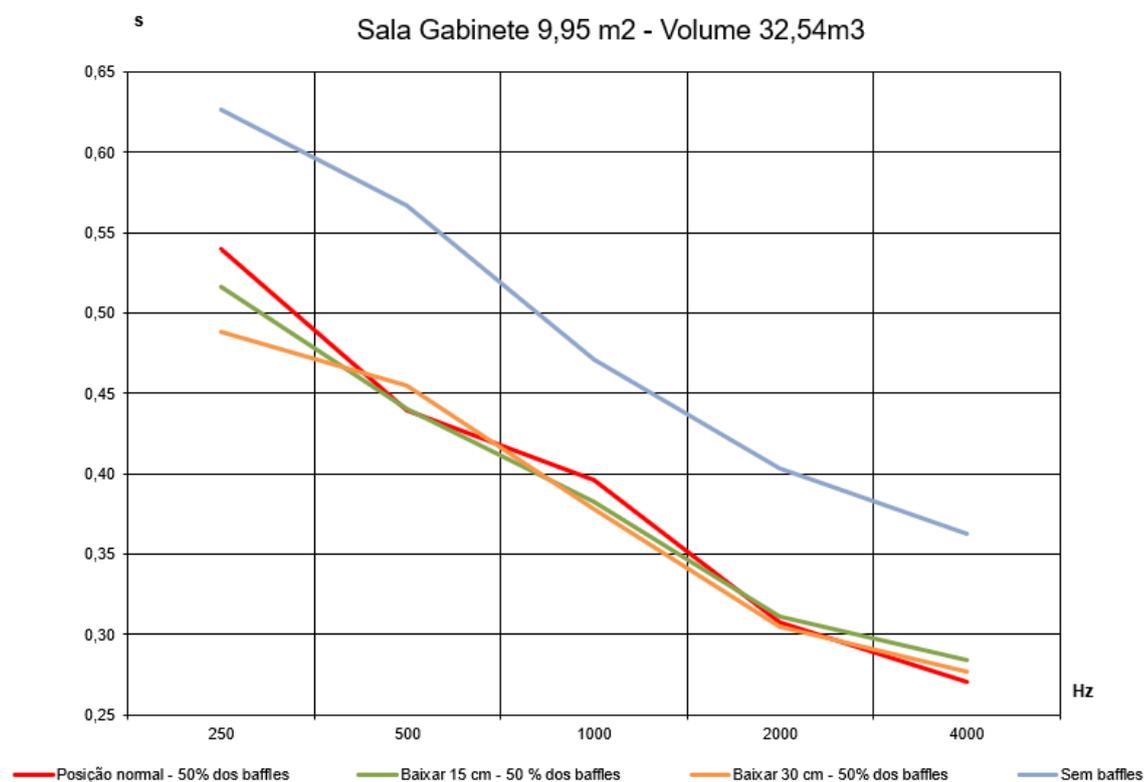


Gráfico 4-6 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - Sala sem “baffles”, a 15, 30, 35 cm do teto, com 6 “baffles”



Figura 4-3 - Registro fotográfico do Gabinete de pequenas dimensões da empresa Besolution, Lda. em estudo.

Face às medições verifica-se que para a mesma localização dos “baffles” e para esta sala de pequenas dimensões o afastamento dos “baffles” do teto não representa uma alteração significativa no parâmetro em estudo, Tempo de reverberação, e a não aplicação de metade dos “baffles” também não representa um significativo aumento do parâmetro em análise.

4.2.3 Open space call center da empresa LuzBoa

Os escritórios, da Luz Boa - Comercialização de Energia em Viseu, de média dimensão, com área de 130 m² e volume 350 m³ com pavimento revestido a flutuante de melamina de madeira e paredes de gesso cartonado e divisória de vidro, com “baffles” acústicos com 1200x300x5mm em espuma “soundflex acoustic plano_pur” (cor antracite) e efetuadas medições com os “baffles” afastados 20cm, 40cm e 60cm com a totalidade dos “baffles” e com metade.

Quadro 4-5 - Tabela do Tempo de Reverberação - Sala com “baffles”, baixar 20, 40 cm do teto, com todos e reduzindo para metade dos “baffles”

LuzBoa															
normal															
[Hz]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	Avg.[s]	StdDev	Tr (s) Regulamentar
125	1,3	1,29	1,21	1,19	1,21	1,24	1,16	1,28	1,22	1,25	1,2	1,23	1,23	0,04	1,13
250	1,05	1,02	1,06	1,05	1,07	1,11	1,1	1,01	1,06	0,97	1,05	1,05	1,05	0,04	
500	1,11	1,16	1,15	1,12	1,23	1,13	1,11	1,12	1,14	1,16	1,17	1,13	1,14	0,03	
1000	1,16	1,2	1,18	1,19	1,24	1,17	1,17	1,2	1,2	1,15	1,19	1,22	1,19	0,02	
2000	1,02	1,08	1,06	1,09	1,07	1,08	1,03	1,04	1,07	1,07	1,05	1,05	1,06	0,02	
0,030															
baixar 20 cm															
[Hz]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	Avg.[s]	StdDev	Tr (s) Regulamentar
125	1,22	1,31	1,43	1,29	1,4	1,35	1,26	1,19	1,31	1,36	1,28	1,34	1,31	0,07	1,10
250	0,98	1	1,06	1,03	1,07	1,06	0,97	0,97	1,04	1,07	0,98	1,05	1,02	0,04	
500	1,14	1,15	1,16	1,09	1,16	1,15	1,14	1,09	1,14	1,14	1,13	1,14	1,14	0,02	
1000	1,13	1,16	1,13	1,12	1,13	1,17	1,13	1,1	1,15	1,15	1,13	1,12	1,14	0,02	
2000	1	1,03	1,02	1	1,02	1,02	0,97	0,97	1,02	1,06	1,01	1	1,01	0,02	
0,017															
baixar 40 cm															
[Hz]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	Avg.[s]	StdDev	Tr (s) Regulamentar
125	1,29	1,26	1,26	1,34	1,36	1,36	1,33	1,39	1,18	1,37	1,35	1,25	1,31	0,06	1,08
250	1,01	0,94	0,98	1,1	1,07	1,06	1,08	1,06	1,01	1,06	1,02	0,92	1,03	0,05	
500	1,09	1,09	1,08	1,1	1,15	1,15	1,14	1,16	1,1	1,08	1,14	1,1	1,12	0,03	
1000	1,06	1,08	1,13	1,12	1,12	1,07	1,1	1,09	1,11	1,12	1,11	1,12	1,10	0,02	
2000	0,99	0,96	0,98	1,02	1,02	0,97	0,97	0,98	1	0,96	0,98	0,95	0,98	0,02	
-0,193															
retirar metade dos baffles a 20 cm															
[Hz]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	Avg.[s]	StdDev	Tr (s) Regulamentar
125	1,43	1,49	1,43	1,46	1,39	1,53	1,52	1,63	1,43	1,48	1,49	1,47	1,48	0,06	1,27
250	1,16	1,12	1,29	1,32	1,12	1,2	1,26	1,3	1,13	1,08	1,2	1,15	1,19	0,08	
500	1,29	1,3	1,33	1,31	1,22	1,34	1,35	1,35	1,31	1,29	1,32	1,29	1,31	0,03	
1000	1,29	1,34	1,3	1,33	1,33	1,33	1,34	1,32	1,34	1,31	1,3	1,3	1,32	0,02	
2000	1,09	1,13	1,15	1,16	1,14	1,13	1,17	1,16	1,15	1,13	1,11	1,16	1,14	0,02	
-0,021															
retirar metade dos baffles a 40 cm															
[Hz]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	Avg.[s]	StdDev	Tr (s) Regulamentar
125	1,33	1,42	1,25	1,4	1,48	1,37	1,29	1,59	1,38	1,39	1,45	1,41	1,40	0,08	1,29
250	1,15	1,06	1,24	1,09	1,24	1,13	1,16	1,19	1,12	1,14	1,14	1,08	1,15	0,05	
500	1,32	1,35	1,4	1,43	1,38	1,29	1,31	1,31	1,37	1,37	1,35	1,36	1,35	0,04	
1000	1,36	1,41	1,38	1,46	1,33	1,38	1,4	1,4	1,4	1,38	1,37	1,35	1,39	0,03	
2000	1,18	1,21	1,21	1,24	1,19	1,2	1,19	1,22	1,21	1,21	1,17	1,17	1,20	0,02	

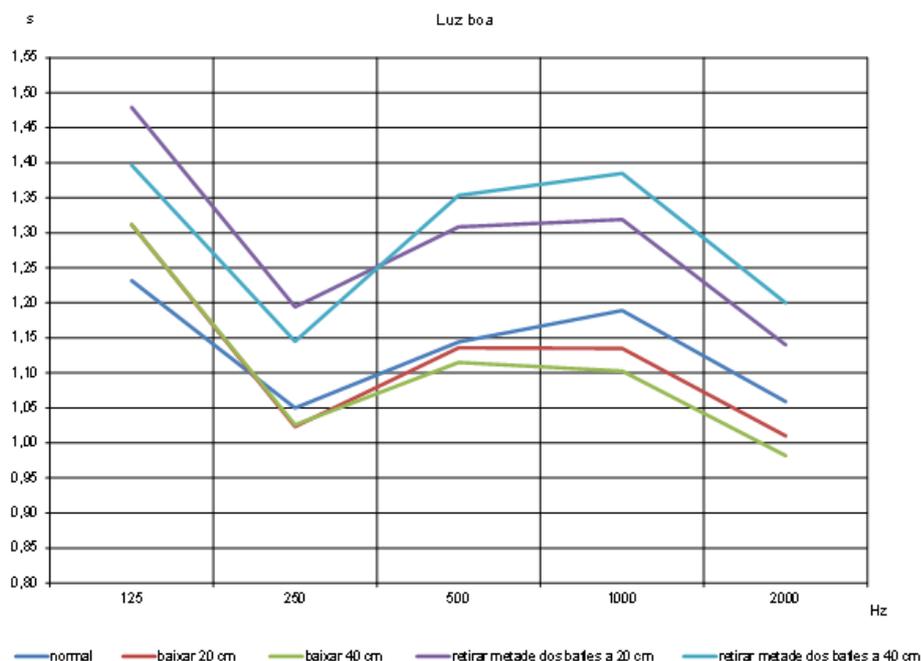


Gráfico 4-7 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - Sala com “baffles”, baixar 20, 40 cm do teto, com todos e reduzindo para metade dos “baffles”

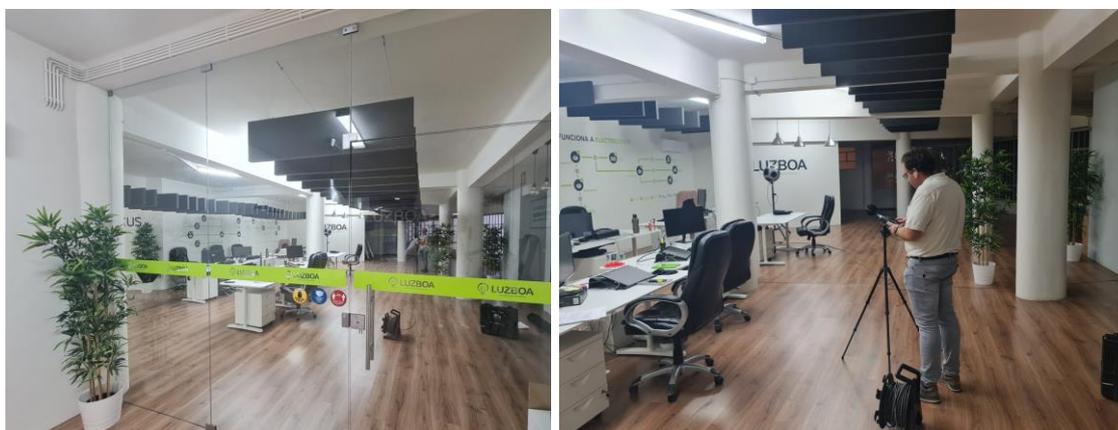


Figura 4-4 - Registro fotográfico do Gabinete da empresa Luz Boa em estudo.

Face às medições verifica-se que para a mesma localização dos “baffles” e para esta sala de média dimensão que o afastamento dos “baffles” do teto representa uma alteração significativa no parâmetro em estudo, Tempo de reverberação, e a não aplicação de metade dos “baffles” também representa um significativo aumento do parâmetro em análise, contrariamente ao que acontece com salas de pequenas dimensões.

4.2.4 Sala com muita reverberação

A sala de pequenas dimensões da empresa Tractopais, Comércio Máquinas Lda. em Viseu, com baixa absorção e com área de 45,49 m² e volume de 121,40 m³, com pavimento em betonilha, paredes e teto em gesso cartonado, com mobiliário acústico composto por 12 “baffles” com 1200x400x20mm “slimpanel grille” e efetuadas diversas medições com os “baffles” afastados do teto a 10cm, 30cm e 60 cm, e afastados entre si a 20cm, 25cm, 30cm, 40cm, 50cm e 60 cm entre si, com a totalidade dos “baffles” e com metade.

Quadro 4-6 - Tabela do Tempo de Reverberação - Sala com muita reverberação, sala vazia, “baffles” a 10, 30, 50 cm do teto, com 12 e 6 “baffles”

Sala vazia vs 6 e 12 baffles com afastamento do teto 10/30/50 cm																				Tr (s)	Tr (s)
[Hz]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	13[s]	14[s]	15[s]	16[s]	Avg.[s]	StdDev	Regulamentar		
Tr sala vazia																				4,08	3,59
250	3,59	3,37	3,35	3,29	3,54	3,21	3,58	3,33	3,28	3,49	3,34	3,4	3,62	3,56	3,5	3,24	3,42	0,13			
500	4,22	4,39	4,27	4,31	4,33	4,41	4,08	4,29	4,27	4,35	4,17	4,15	4,28	4,22	4,37	4,16	4,27	0,09			
1000	4,29	4,35	4,29	4,4	4,27	4,32	4,41	4,29	4,43	4,27	4,48	4,41	4,38	4,29	4,25	4,35	4,34	0,07			
2000	3,58	3,52	3,64	3,65	3,66	3,53	3,56	3,63	3,77	3,61	3,71	3,64	3,61	3,58	3,57	3,61	3,62	0,06			
4000	2,28	2,26	2,31	2,29	2,29	2,25	2,29	2,33	2,36	2,31	2,26	2,24	2,3	2,3	2,25	2,25	2,29	0,03			
Tr(s) 6 placas a 10 cm do teto																				3,14	2,83
250	3,17	2,85	2,9	2,98	3,09	2,84	3,29	2,87	3,06	2,82	2,95	2,98	2,97	2,86	3	2,81	2,97	0,13			
500	3,57	3,54	3,51	3,54	3,49	3,52	3,38	3,61	3,42	3,49	3,57	3,5	3,42	3,36	3,26	3,39	3,47	0,09			
1000	3,34	3,34	3,32	3,34	3,35	3,32	3,29	3,25	3,33	3,31	3,45	3,4	3,26	3,19	3,19	3,3	3,31	0,07			
2000	2,67	2,6	2,67	2,68	2,6	2,57	2,6	2,62	2,76	2,62	2,61	2,61	2,66	2,54	2,61	2,61	2,63	0,05			
4000	1,8	1,76	1,81	1,81	1,8	1,76	1,77	1,77	1,8	1,76	1,77	1,79	1,79	1,74	1,78	1,76	1,78	0,02			
Tr(s) 6 placas a 30 cm do teto																				3,08	2,80
250	3,11	3,07	2,97	2,94	3,18	2,89	3,09	2,9	3,09	3,15	2,8	3,21	2,82	2,89	3,08	2,89	3,01	0,13			
500	3,38	3,39	3,37	3,49	3,35	3,36	3,4	3,26	3,48	3,38	3,4	3,42	3,51	3,44	3,44	3,35	3,40	0,06			
1000	3,29	3,38	3,23	3,23	3,29	3,26	3,21	3,2	3,32	3,17	3,3	3,22	3,28	3,24	3,18	3,23	3,25	0,05			
2000	2,58	2,62	2,67	2,68	2,59	2,65	2,55	2,56	2,62	2,49	2,6	2,55	2,57	2,6	2,5	2,58	2,59	0,05			
4000	1,71	1,74	1,72	1,79	1,69	1,74	1,73	1,74	1,74	1,72	1,75	1,75	1,74	1,75	1,73	1,71	1,73	0,02			
Tr(s) 6 placas a 50 cm do teto																				3,06	2,77
250	2,99	2,9	3,06	2,99	2,95	2,76	3,06	3,13	3,04	2,99	3,04	2,93	2,89	2,96	2,99	2,88	2,97	0,09			
500	3,4	3,3	3,23	3,36	3,4	3,35	3,35	3,25	3,5	3,44	3,48	3,41	3,44	3,35	3,4	3,29	3,37	0,07			
1000	3,2	3,21	3,25	3,22	3,25	3,26	3,1	3,17	3,18	3,15	3,47	3,31	3,31	3,22	3,29	3,22	3,24	0,08			
2000	2,49	2,53	2,66	2,62	2,48	2,53	2,61	2,51	2,59	2,63	2,64	2,61	2,55	2,48	2,59	2,5	2,56	0,06			
4000	1,72	1,72	1,75	1,73	1,73	1,73	1,71	1,73	1,73	1,7	1,72	1,7	1,77	1,75	1,71	1,7	1,73	0,02			
Tr(s) 12 placas a 10 cm do teto																				2,94	2,69
250	3,17	2,96	2,85	2,93	3,06	2,93	2,97	3,05	2,92	2,82	3,02	2,75	2,81	2,87	2,85	2,9	2,93	0,10			
500	3,28	3,33	3,27	3,42	3,39	3,32	3,21	3,26	3,3	3,27	3,37	3,31	3,26	3,31	3,14	3,29	3,30	0,07			
1000	3,15	3,22	3,05	3,11	3,12	3,11	3,1	2,95	3,08	3,02	3,04	3,08	3,05	3	2,94	2,98	3,06	0,07			
2000	2,41	2,44	2,47	2,51	2,47	2,46	2,44	2,4	2,46	2,48	2,43	2,45	2,48	2,44	2,47	2,36	2,45	0,04			
4000	1,7	1,67	1,71	1,72	1,7	1,69	1,73	1,71	1,67	1,65	1,66	1,7	1,72	1,69	1,69	1,67	1,69	0,02			
Tr(s) 12 placas a 30 cm do teto																				2,89	2,63
250	3,03	2,87	2,81	2,92	2,99	2,84	2,93	2,81	3,01	2,73	2,79	2,72	2,7	2,89	3,05	2,78	2,87	0,11			
500	3,21	3,22	3,17	3,37	3,13	3,3	3,25	3,17	3,3	3,41	3,28	3,45	3,39	3,29	3,27	3,34	3,28	0,09			
1000	2,99	3,1	3,08	3,09	3,02	2,96	2,95	2,92	3,09	2,97	2,98	3,05	3,03	3,04	2,94	2,86	3,00	0,07			
2000	2,34	2,39	2,37	2,52	2,43	2,39	2,33	2,37	2,45	2,37	2,37	2,36	2,38	2,4	2,31	2,25	2,38	0,06			
4000	1,65	1,62	1,65	1,67	1,65	1,64	1,63	1,66	1,65	1,63	1,62	1,65	1,66	1,64	1,61	1,61	1,64	0,02			
Tr(s) 12 placas a 50 cm do teto																				2,84	2,60
250	2,7	2,88	2,89	2,83	2,95	2,78	2,99	2,72	3,12	2,92	2,89	2,83	2,8	2,92	2,87	2,82	2,87	0,10			
500	3,12	3,23	3,29	3,17	3,06	3,32	3,22	3,21	3,38	3,15	3,23	3,24	3,33	3,2	3,13	3,38	3,23	0,09			
1000	2,97	3,08	3,02	2,95	2,88	3,04	2,96	2,89	2,96	2,9	2,95	2,94	2,94	2,92	2,99	2,9	2,96	0,05			
2000	2,37	2,41	2,39	2,33	2,37	2,4	2,31	2,31	2,33	2,33	2,3	2,31	2,32	2,28	2,33	2,3	2,34	0,04			
4000	1,62	1,65	1,64	1,63	1,65	1,6	1,63	1,63	1,62	1,58	1,57	1,59	1,65	1,64	1,62	1,62	1,62	0,02			

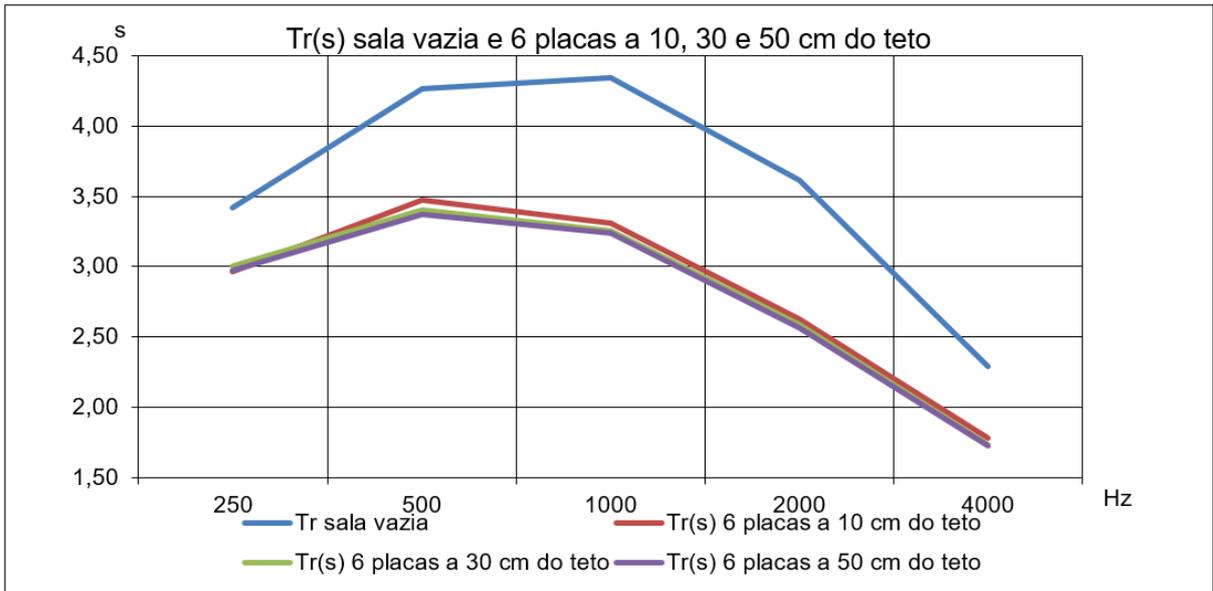


Gráfico 4-8 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - sala vazia, “baffles” a 10, 30, 50 cm do teto, com 6 “baffles”

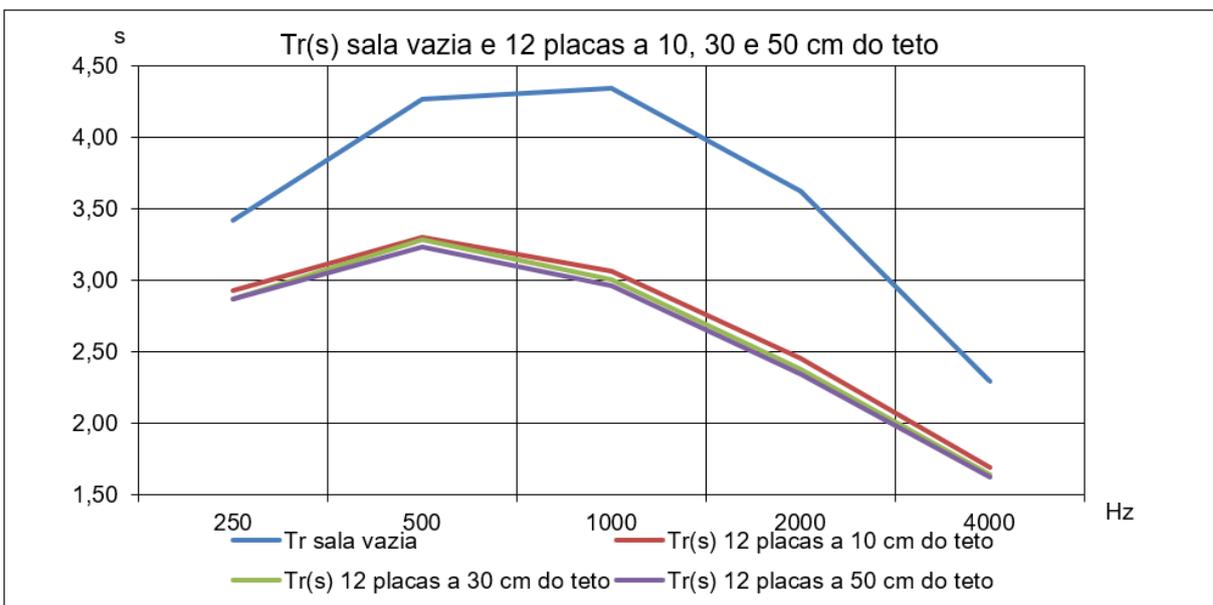


Gráfico 4-9 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - sala vazia, “baffles” a 10, 30, 50 cm do teto, com 12 “baffles”

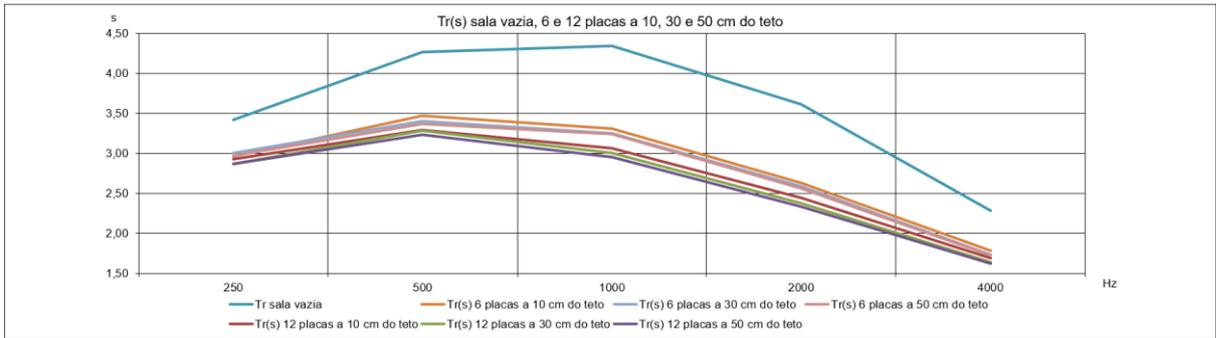


Gráfico 4-10 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - sala vazia, “baffles” a 10, 30, 50 cm do teto, com 6 e 12 “baffles”

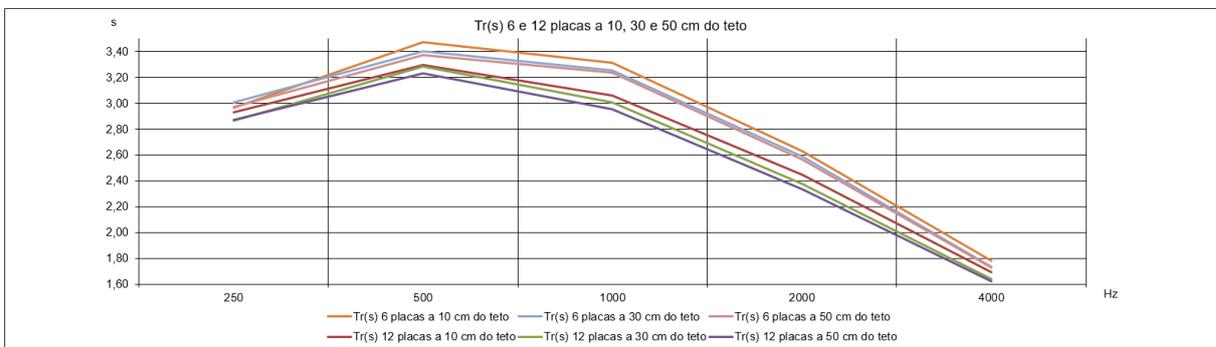


Gráfico 4-11 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - “baffles” a 10, 30, 50 cm do teto, com 6 e 12 “baffles”

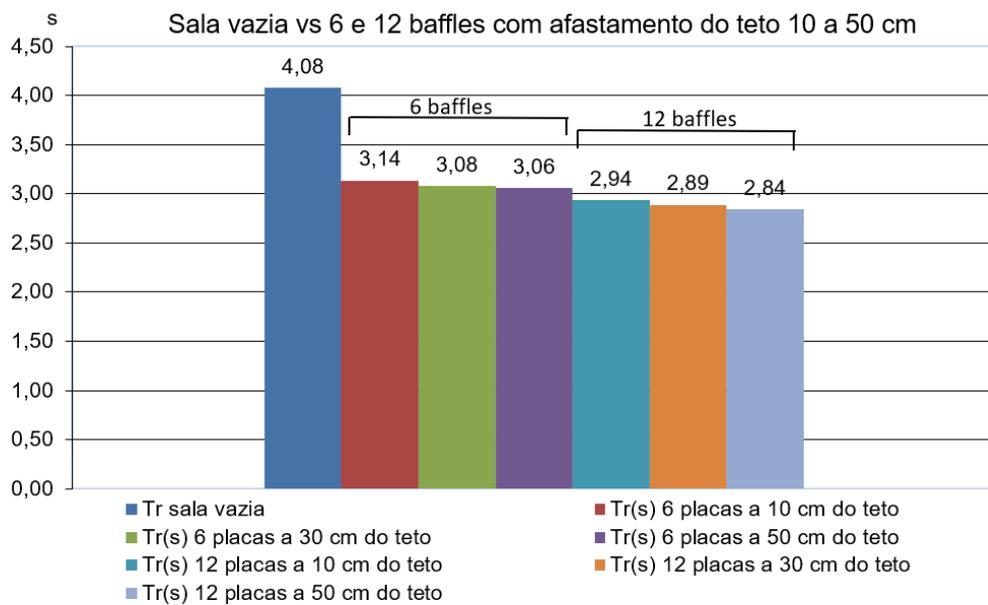


Gráfico 4-12 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - “baffles” a 10, 30, 50 cm do teto, com 6 e 12 “baffles”



Figura 4-5 – Registro fotográfico da sala com muita reverberação em estudo com diferentes alturas ao teto.

Quadro 4-7– Tabela do Tempo de Reverberação - Sala com muita reverberação, 6 “baffles” com afastamentos de 20 a 60 cm do teto

Sala vazia vs 6 baffles com afastamento entre si de 20/25/30/40/50/60 cm																				
Tr sala vazia																				
[Hz]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	13[s]	14[s]	15[s]	16[s]	Avg.[s]	StdDev	Tr (s) Regulamentar	Tr (s)
250	3,59	3,37	3,35	3,29	3,54	3,21	3,58	3,33	3,28	3,49	3,34	3,4	3,62	3,56	3,5	3,24	3,42	0,13	4,08	3,59
500	4,22	4,39	4,27	4,31	4,33	4,41	4,08	4,29	4,27	4,35	4,17	4,15	4,28	4,22	4,37	4,16	4,27	0,09		
1000	4,29	4,35	4,29	4,4	4,27	4,32	4,41	4,29	4,43	4,27	4,48	4,41	4,38	4,29	4,25	4,35	4,34	0,07		
2000	3,58	3,52	3,64	3,65	3,66	3,53	3,56	3,63	3,77	3,81	3,71	3,64	3,61	3,58	3,57	3,61	3,62	0,06		
4000	2,28	2,26	2,31	2,29	2,29	2,25	2,29	2,33	2,38	2,31	2,26	2,24	2,3	2,3	2,25	2,25	2,29	0,03		
Tr(s) 6 placas afast 20 cm																				
250	3,14	2,9	2,61	2,92	2,93	3,12	3,15	3,22	3,52	3,16	3,03	2,83	2,81	2,93	3,08	3,02	3,02	0,20	3,16	2,87
500	3,52	3,43	3,51	3,48	3,62	3,45	3,38	3,28	3,46	3,44	3,41	3,38	3,45	3,41	3,4	3,58	3,45	0,08		
1000	3,37	3,38	3,42	3,37	3,37	3,37	3,32	3,35	3,45	3,38	3,41	3,3	3,32	3,33	3,34	3,32	3,36	0,04		
2000	2,65	2,66	2,72	2,68	2,65	2,67	2,69	2,71	2,71	2,69	2,68	2,65	2,66	2,67	2,74	2,71	2,68	0,03		
4000	1,81	1,82	1,81	1,85	1,82	1,81	1,83	1,81	1,82	1,79	1,8	1,78	1,8	1,82	1,78	1,8	1,81	0,02		
Tr(s) 6 placas afast 25 cm																				
250	3,18	3,24	3,14	2,92	2,99	2,8	3,37	3,1	3,24	3	3,12	2,87	2,68	2,9	2,82	2,94	3,02	0,18	3,14	2,84
500	3,48	3,46	3,45	3,5	3,47	3,34	3,52	3,42	3,38	3,46	3,45	3,45	3,38	3,41	3,42	3,45	3,44	0,05		
1000	3,26	3,41	3,29	3,49	3,29	3,33	3,35	3,26	3,36	3,32	3,34	3,4	3,38	3,29	3,35	3,27	3,34	0,06		
2000	2,59	2,65	2,67	2,61	2,61	2,62	2,64	2,62	2,65	2,63	2,71	2,65	2,66	2,65	2,6	2,58	2,63	0,03		
4000	1,77	1,8	1,8	1,77	1,75	1,77	1,75	1,77	1,8	1,77	1,75	1,8	1,78	1,78	1,75	1,75	1,77	0,02		
Tr(s) 6 placas afast 30 cm																				
250	3,38	2,76	3,08	2,91	2,93	2,96	3,04	3,14	3,16	2,77	2,73	2,95	2,67	3	2,94	2,97	2,96	0,17	3,12	2,81
500	3,51	3,43	3,47	3,42	3,54	3,41	3,45	3,41	3,36	3,45	3,36	3,5	3,58	3,55	3,37	3,55	3,46	0,07		
1000	3,32	3,27	3,34	3,34	3,4	3,31	3,36	3,33	3,29	3,28	3,35	3,31	3,34	3,18	3,23	3,24	3,31	0,05		
2000	2,63	2,56	2,58	2,6	2,54	2,52	2,64	2,63	2,65	2,55	2,58	2,58	2,61	2,59	2,53	2,5	2,58	0,04		
4000	1,75	1,78	1,75	1,78	1,75	1,76	1,75	1,79	1,78	1,75	1,75	1,78	1,78	1,77	1,75	1,74	1,76	0,01		
Tr(s) 6 placas afast 40 cm																				
250	3,24	2,95	3,01	2,66	2,96	2,99	3,27	2,83	3,22	3,02	2,99	2,94	2,79	3,09	2,66	2,95	2,97	0,18	3,09	2,79
500	3,54	3,36	3,42	3,42	3,53	3,5	3,47	3,37	3,45	3,49	3,29	3,49	3,45	3,66	3,27	3,47	3,45	0,09		
1000	3,25	3,25	3,26	3,26	3,32	3,28	3,27	3,19	3,42	3,28	3,21	3,3	3,29	3,25	3,24	3,28	3,27	0,05		
2000	2,53	2,6	2,67	2,55	2,55	2,49	2,54	2,51	2,55	2,56	2,47	2,56	2,53	2,47	2,56	2,53	2,54	0,05		
4000	1,75	1,72	1,72	1,76	1,73	1,71	1,73	1,77	1,73	1,73	1,69	1,74	1,78	1,71	1,68	1,73	1,73	0,02		
Tr(s) 6 placas afast 50 cm																				
250	3,25	2,71	2,86	2,87	2,77	2,76	2,95	3,09	3,19	3,08	2,95	2,99	2,8	2,77	2,89	2,82	2,92	0,18	3,06	2,76
500	3,42	3,38	3,39	3,63	3,5	3,5	3,38	3,27	3,45	3,45	3,35	3,3	3,48	3,43	3,47	3,52	3,43	0,09		
1000	3,23	3,22	3,29	3,3	3,14	3,23	3,19	3,13	3,09	3,31	3,31	3,28	3,22	3,19	3,36	3,24	3,23	0,07		
2000	2,49	2,56	2,52	2,56	2,41	2,56	2,52	2,47	2,51	2,5	2,56	2,5	2,44	2,5	2,49	2,5	2,51	0,04		
4000	1,71	1,74	1,7	1,75	1,69	1,71	1,69	1,69	1,69	1,7	1,67	1,69	1,72	1,73	1,71	1,66	1,70	0,02		
Tr(s) 6 placas afast 60 cm																				
250	3,15	3,05	2,8	2,97	2,71	3,14	2,91	3,03	3,39	3,09	2,95	3,06	2,93	2,81	2,81	2,96	2,99	0,16	3,02	2,75
500	3,33	3,36	3,36	3,55	3,26	3,45	3,33	3,37	3,31	3,39	3,41	3,54	3,37	3,32	3,45	3,45	3,39	0,08		
1000	3,03	3,18	3,2	3,23	3,3	3,25	3,18	3,18	3,22	3,16	3,17	3,21	3,24	3,19	3,12	3,15	3,19	0,06		
2000	2,43	2,48	2,47	2,55	2,51	2,41	2,48	2,42	2,56	2,5	2,54	2,45	2,49	2,52	2,51	2,47	2,49	0,04		
4000	1,69	1,66	1,71	1,7	1,72	1,73	1,69	1,69	1,68	1,67	1,69	1,68	1,69	1,67	1,65	1,66	1,69	0,02		

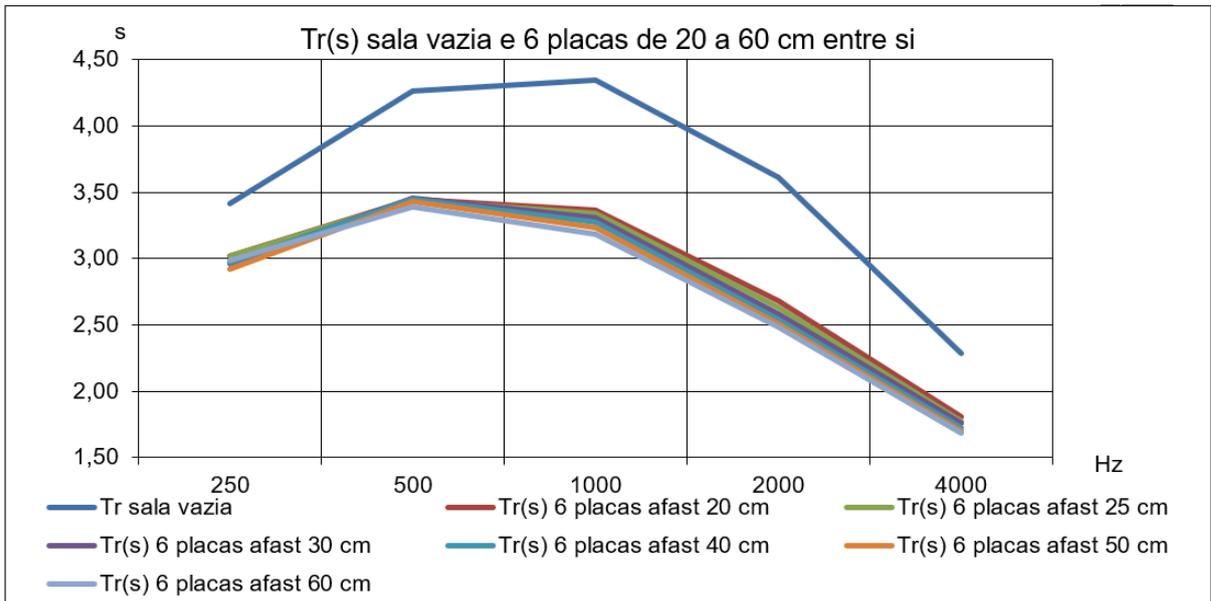


Gráfico 4-13 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - Sala com muita reverberação, sala vazia e 6 “baffles” com afastamentos de 20 a 60 cm do teto

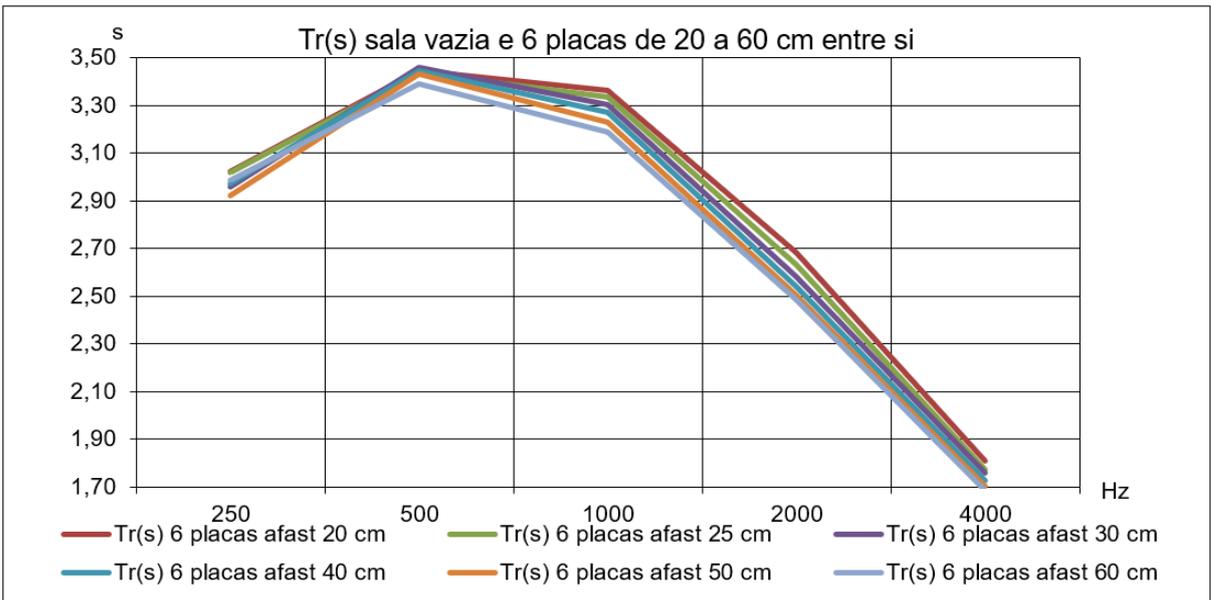


Gráfico 4-14 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - Sala com muita reverberação, 6 “baffles” com afastamentos de 20 a 60 cm do teto

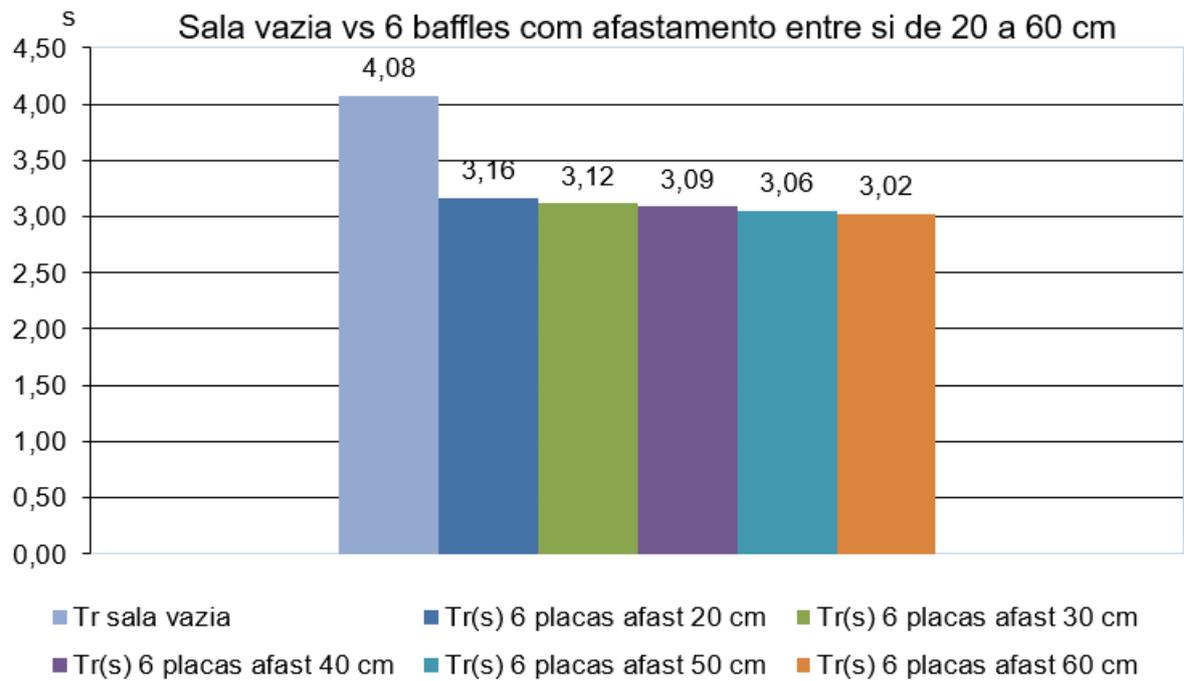


Gráfico 4-15 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação – 6 “baffles” com afastamentos de 20 a 60 cm entre si



Figura 4-6 - Registro fotográfico da sala com muita reverberação em estúdio com diferentes afastamentos entre si, 6 placas.

Quadro 4-8 - Tabela do Tempo de Reverberação - Sala com muita reverberação, 6 “baffles” com afastamentos de 20, 25 e 30 cm entre si

Sala vazia vs 12 baffles com afastamento entre si de 20/25/30 cm																				
Tr sala vazia																				
[Hz]	01[s]	02[s]	03[s]	04[s]	05[s]	06[s]	07[s]	08[s]	09[s]	10[s]	11[s]	12[s]	13[s]	14[s]	15[s]	16[s]	Avg.[s]	StdDev	Tr (s) Regulamentar	Tr (s)
250	3,59	3,37	3,35	3,29	3,54	3,21	3,58	3,33	3,28	3,49	3,34	3,40	3,62	3,56	3,50	3,24	3,42	0,13	4,08	3,59
500	4,22	4,39	4,27	4,31	4,33	4,41	4,08	4,29	4,27	4,35	4,17	4,15	4,28	4,22	4,37	4,16	4,27	0,09		
1000	4,29	4,35	4,29	4,40	4,27	4,32	4,41	4,29	4,43	4,27	4,48	4,41	4,38	4,29	4,25	4,35	4,34	0,07		
2000	3,58	3,52	3,64	3,65	3,66	3,53	3,56	3,63	3,77	3,61	3,71	3,64	3,61	3,58	3,57	3,61	3,62	0,06		
4000	2,28	2,26	2,31	2,29	2,29	2,25	2,29	2,33	2,36	2,31	2,26	2,24	2,30	2,30	2,25	2,25	2,29	0,03		
Tr(s) 12 placas afast 20 cm																				
250	2,87	2,88	3,00	2,82	2,83	2,75	3,00	2,71	2,71	2,95	2,86	2,72	2,49	2,90	2,77	2,84	2,82	0,12	2,82	2,57
500	3,06	3,23	3,17	3,26	3,16	3,17	3,17	3,20	3,29	3,26	3,32	3,41	3,19	3,21	3,05	3,10	3,20	0,09		
1000	2,91	2,95	2,92	3,08	2,95	2,86	3,07	2,93	3,05	2,95	2,93	2,90	2,98	2,86	2,94	2,85	2,95	0,07		
2000	2,28	2,34	2,31	2,35	2,30	2,26	2,36	2,26	2,45	2,32	2,29	2,25	2,31	2,24	2,28	2,23	2,30	0,05		
4000	1,54	1,60	1,57	1,64	1,60	1,55	1,59	1,59	1,58	1,58	1,58	1,60	1,60	1,56	1,59	1,58	1,58	0,02		
Tr(s) 12 placas afast 25 cm																				
250	2,88	2,88	3,06	2,86	2,70	2,66		2,75	3,09	3,07	2,93	2,61	2,58	2,74	2,51		2,81	0,18	2,76	2,52
500	3,22	3,14	3,30	3,19	3,31	3,12		2,91	3,19	3,18	3,20	3,26	3,29	3,21	3,00		3,18	0,11		
1000	3,02	2,86	2,90	3,00	2,94	3,00		2,73	2,92	2,86	2,87	2,88	2,90	2,92	2,81		2,90	0,07		
2000	2,20	2,24	2,20	2,24	2,20	2,23		2,22	2,23	2,13	2,18	2,20	2,22	2,18	2,17		2,20	0,03		
4000	1,59	1,52	1,52	1,54	1,52	1,52		1,51	1,54	1,54	1,52	1,53	1,54	1,52	1,48		1,53	0,02		
Tr(s) 12 placas afast 30 cm																				
250	3,14	2,65	2,78	2,76	2,68	2,85	2,72	2,85	3,01	2,88	2,52	2,62	2,57	2,66	2,98		2,78	0,16	2,74	2,50
500	3,03	3,06	3,15	3,10	3,26	3,16	2,95	3,02	3,14	3,37	3,11	3,10	3,36	3,16	3,07	3,14	3,14	0,11		
1000	2,83	2,94	2,93	3,06	2,85	3,00	2,94	2,78	3,06	2,90	2,90	2,89	2,96	2,85	2,85	2,85	2,91	0,08		
2000	2,16	2,17	2,17	2,16	2,20	2,16	2,15	2,13	2,34	2,19	2,19	2,09	2,16	2,14	2,14	2,15	2,17	0,05		
4000	1,47	1,50	1,55	1,54	1,51	1,47	1,50	1,54	1,50	1,49	1,51	1,50	1,53	1,52	1,48	1,50	1,51	0,02		

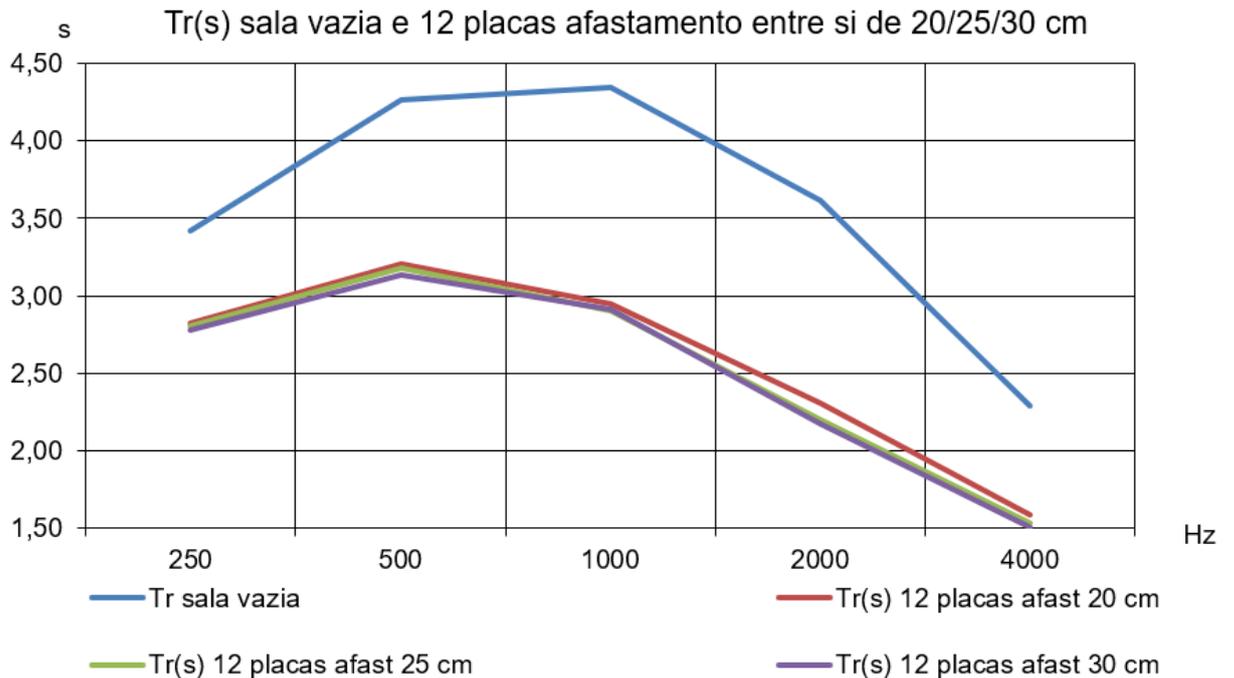


Gráfico 4-16 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - Sala com muita reverberação, vazia e 12 “baffles” com afastamentos de 20, 25 e 30 cm entre si

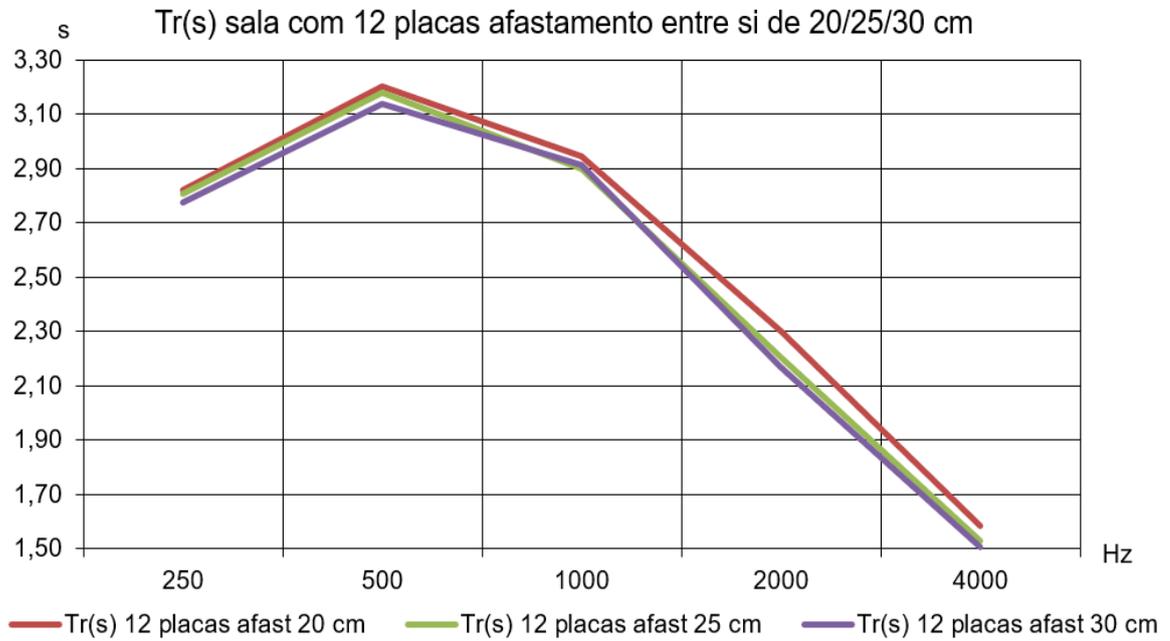


Gráfico 4-17 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação - Sala com muita reverberação, 12 “baffles” com afastamentos de 20, 25 e 30 cm entre si

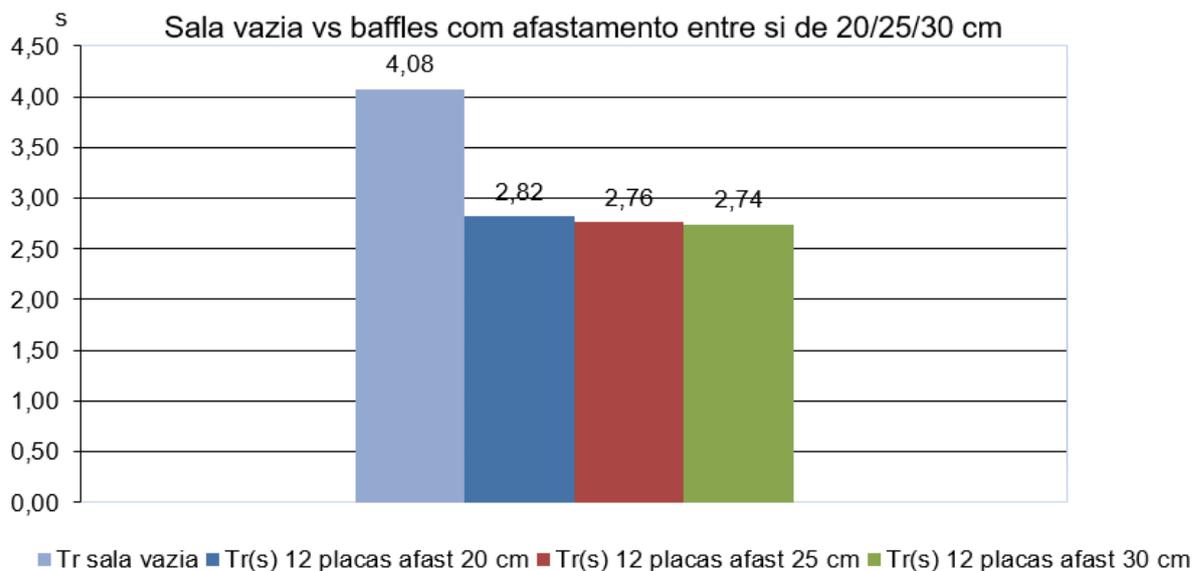


Gráfico 4-18 - Gráfico resumo das medições do Tempo de Reverberação – 12 “baffles” com afastamentos de 20, 25 e 30 cm entre si



Figura 4-7 - Registro fotográfico da sala com muita reverberação em estudo com diferentes afastamentos, 12 placas.

Face às medições verifica-se que o afastamento dos "baffles" do teto e o afastamento entre si das lamelas representa uma alteração significativa no parâmetro em estudo, Tempo de reverberação, e a não aplicação de metade dos "baffles" também representa um significativo aumento do parâmetro em análise.

4.3 Comparação dos resultados obtidos nas medições com modelação computacionais

Foi modelada a sala com baixa absorção da empresa Tractopais no programa CATT-Acoustic™ nas situações ensaiadas e em outras relevantes para perceber o comportamento da sala nas diversas situações.

Em conclusão e face as medições realizadas, e aos valores do tempo de reverberação obtidos pela modelação, verifica-se que o parâmetro altera significativamente com a alteração da localização dos “baffles”, assim como com a quantidade dos mesmos. Nos quadros seguintes, apresentam-se os valores do tempo de reverberação das medições e modelação nas diversas situações de afastamento de “baffles” entre si com 12 unidades e 6 unidades e afastamento ao teto, com gráficos da posição A0 e A1 da fonte, assim como esquema 3D da sala com os “baffles”, corte e alçados (ver gráfico 4.19 a 4.29). No quadro 4-9 e gráficos 4-30 e 4-31 apresenta o resumo das medições e modelação.

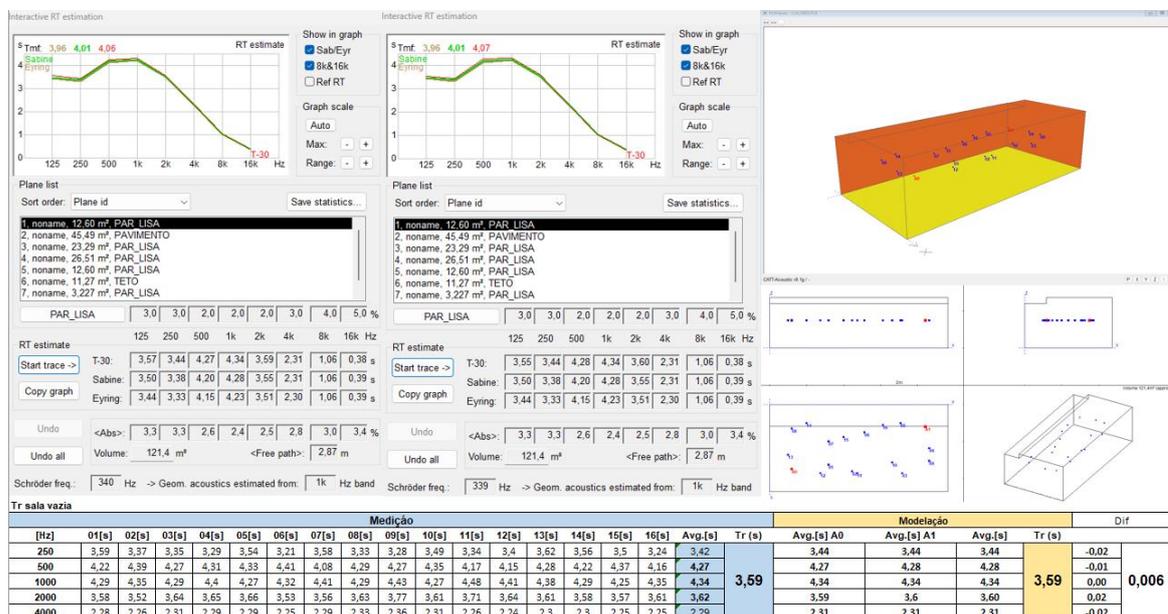


Gráfico 4-19 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação para a sala vazia

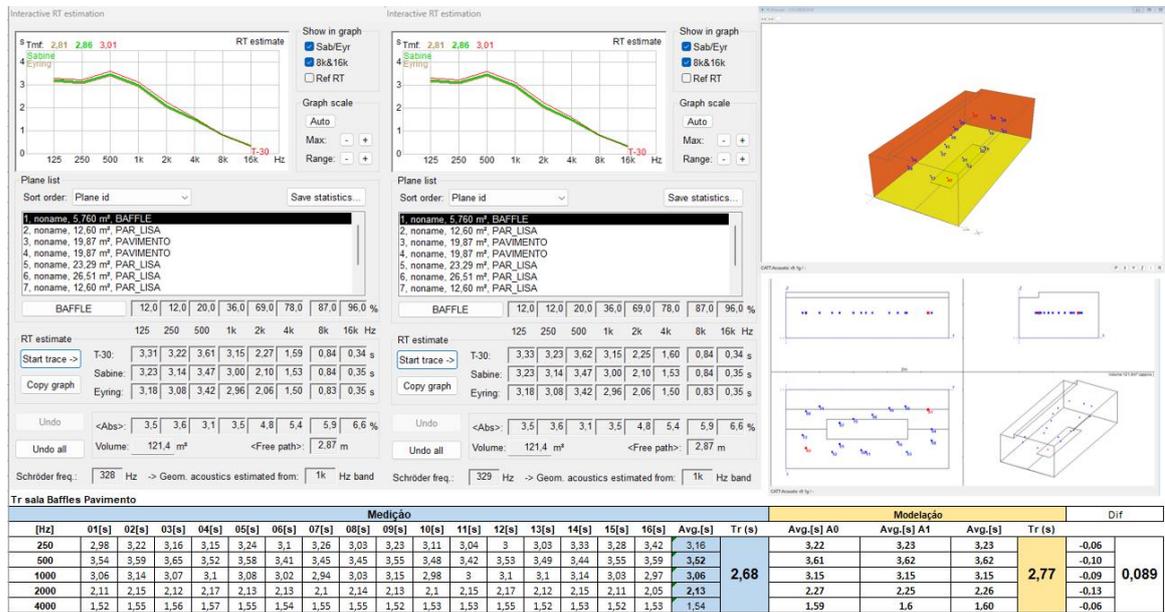


Gráfico 4-20 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com “baffles” no pavimento

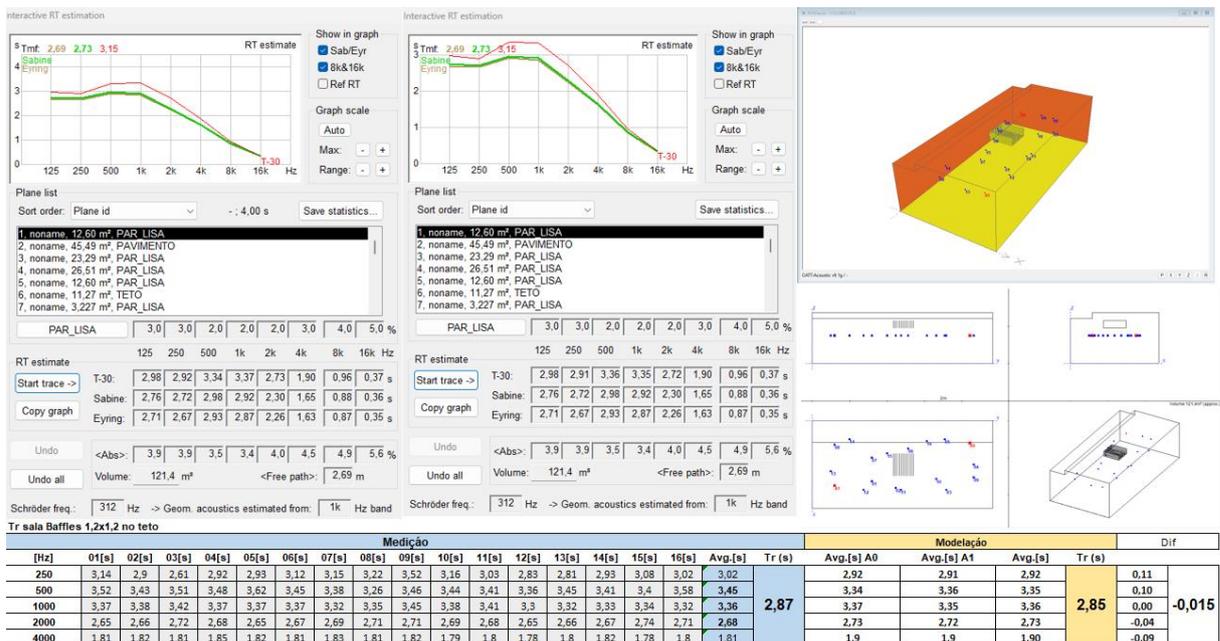


Gráfico 4-21 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com 12 “baffles” no teto afastados 10 cm

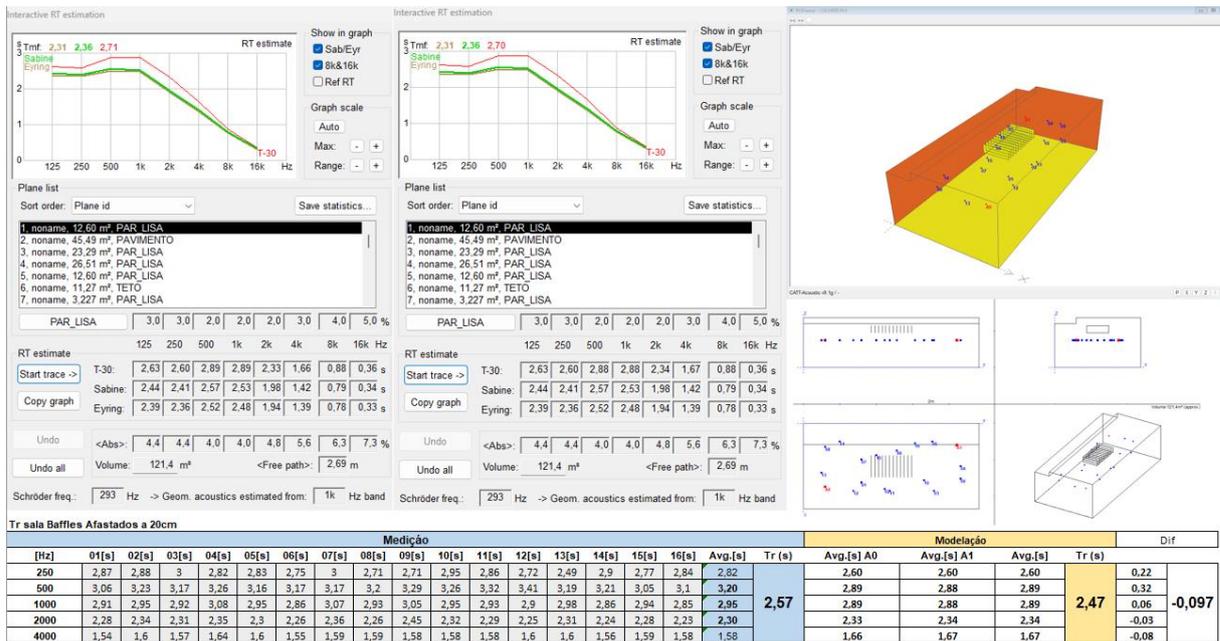


Gráfico 4-22 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com 12 “baffles” no teto afastados 20 cm

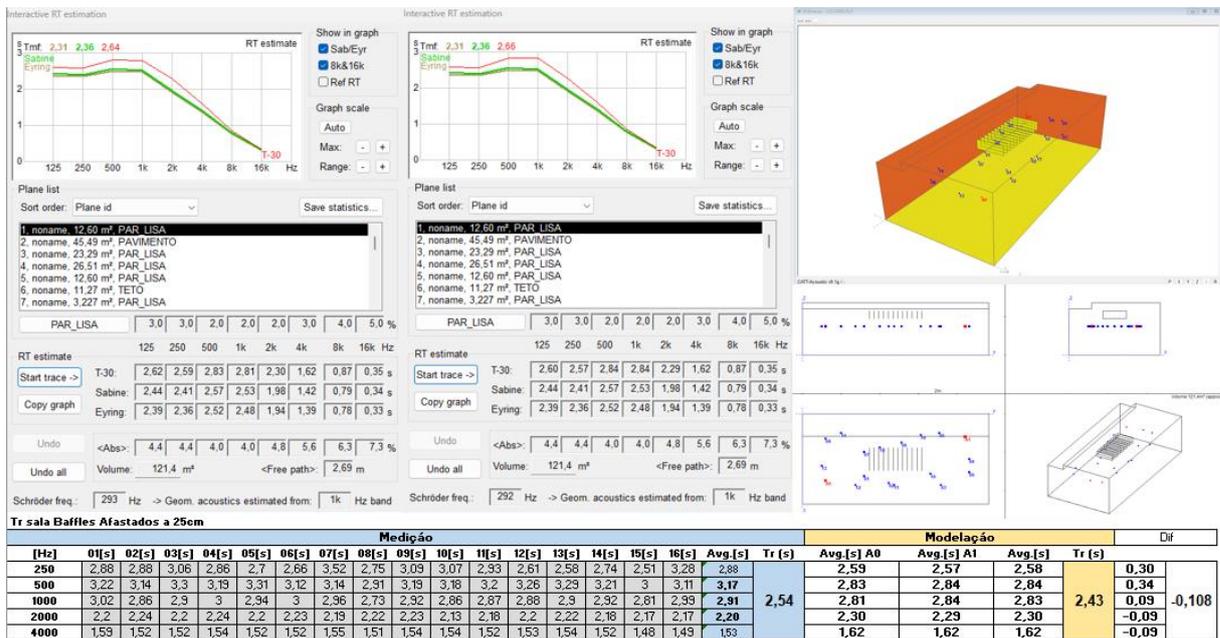


Gráfico 4-23 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com 12 “baffles” no teto afastados 25 cm

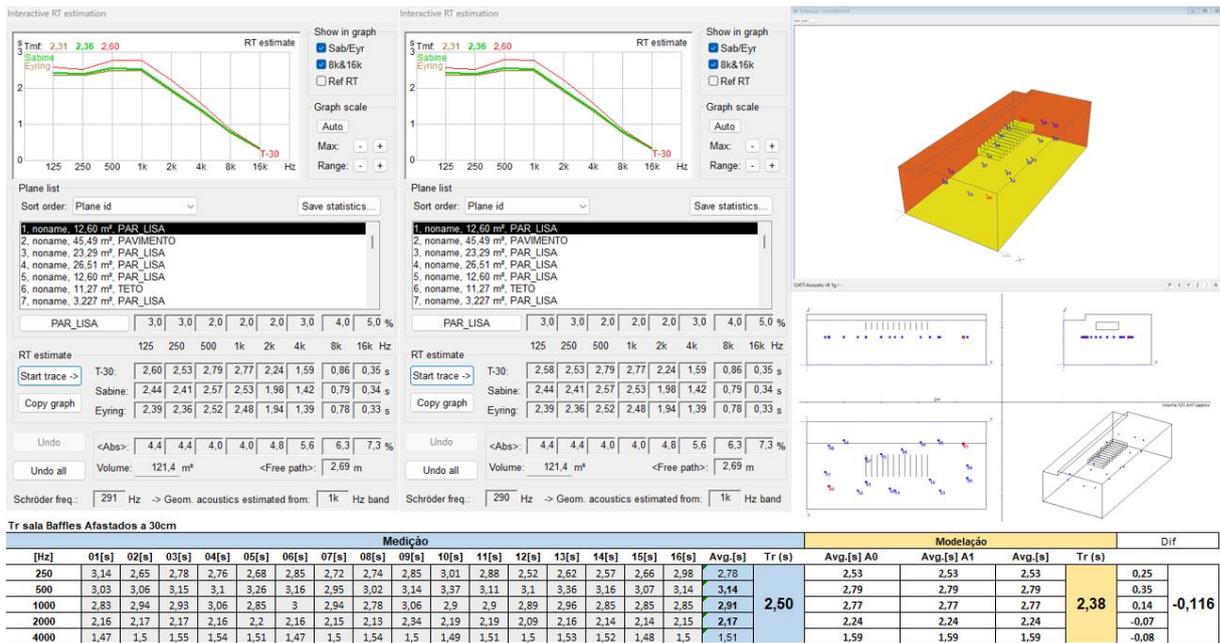


Gráfico 4-24 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com 12 “baffles” no teto afastados 30 cm

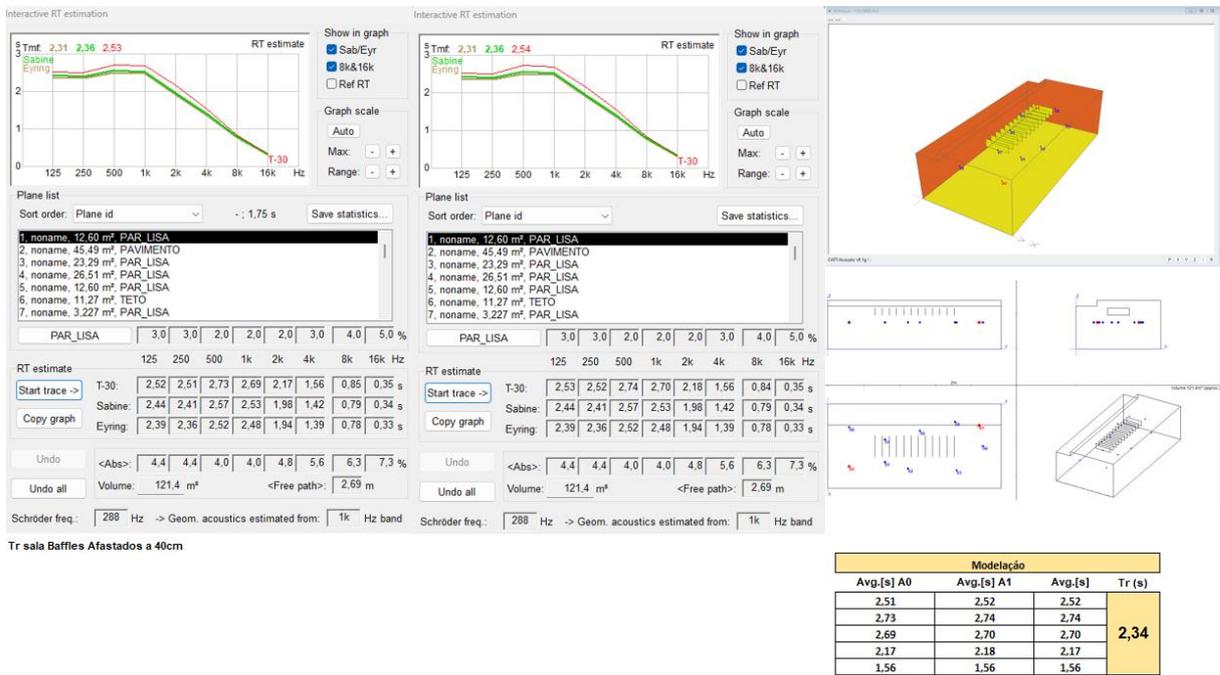


Gráfico 4-25 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com 12 “baffles” no teto afastados 40 cm

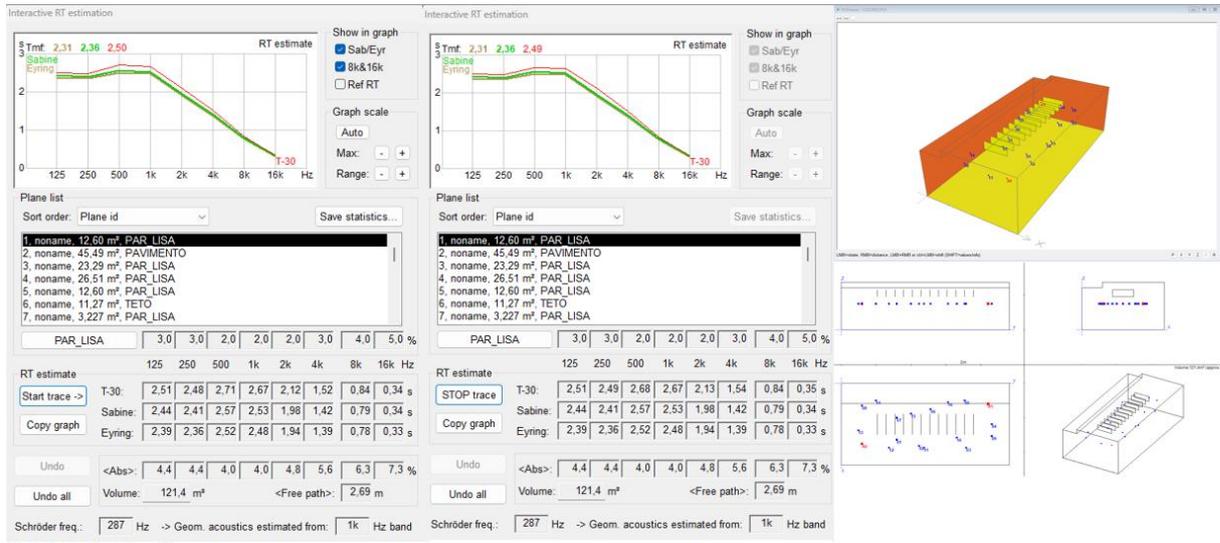


Gráfico 4-26 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com 12 “baffles” no teto afastados 50 cm

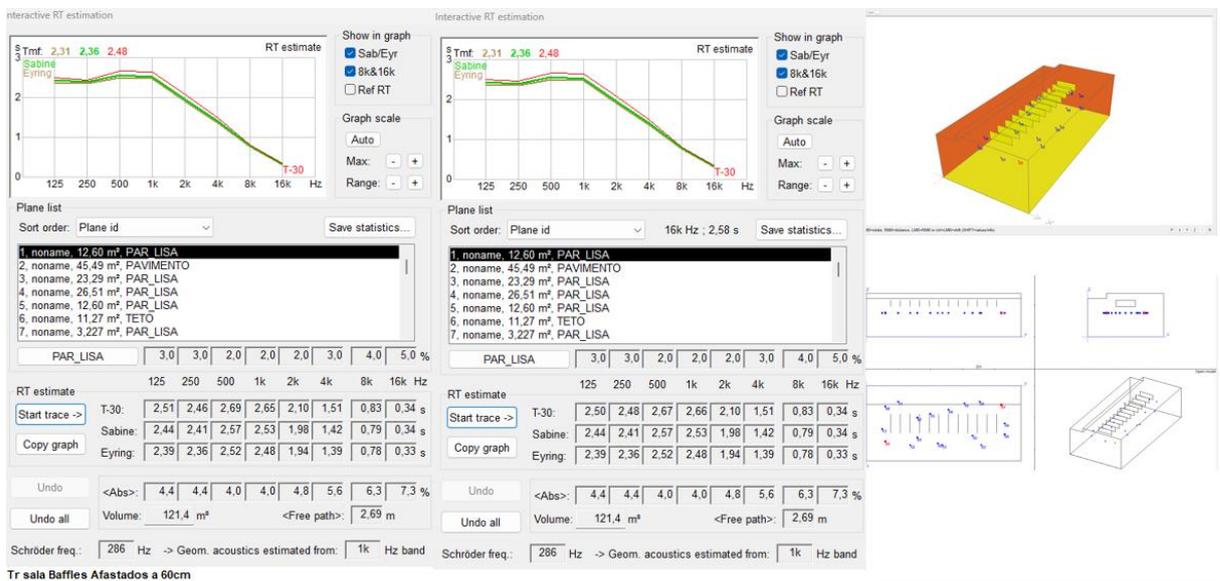


Gráfico 4-27 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com 12 “baffles” no teto afastados 60 cm

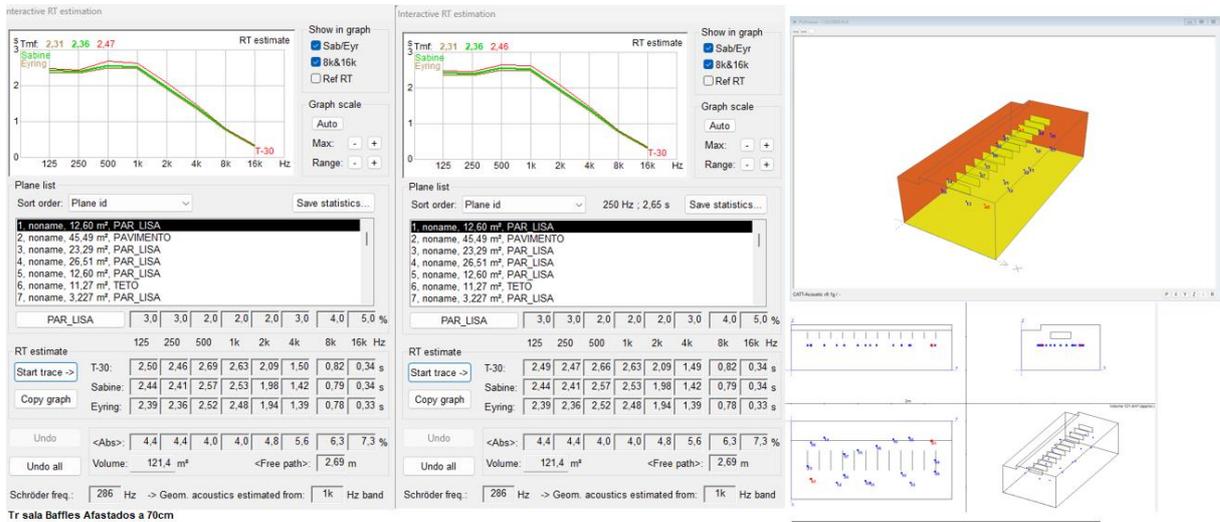


Gráfico 4-28 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com 12 “baffles” no teto afastados 70 cm

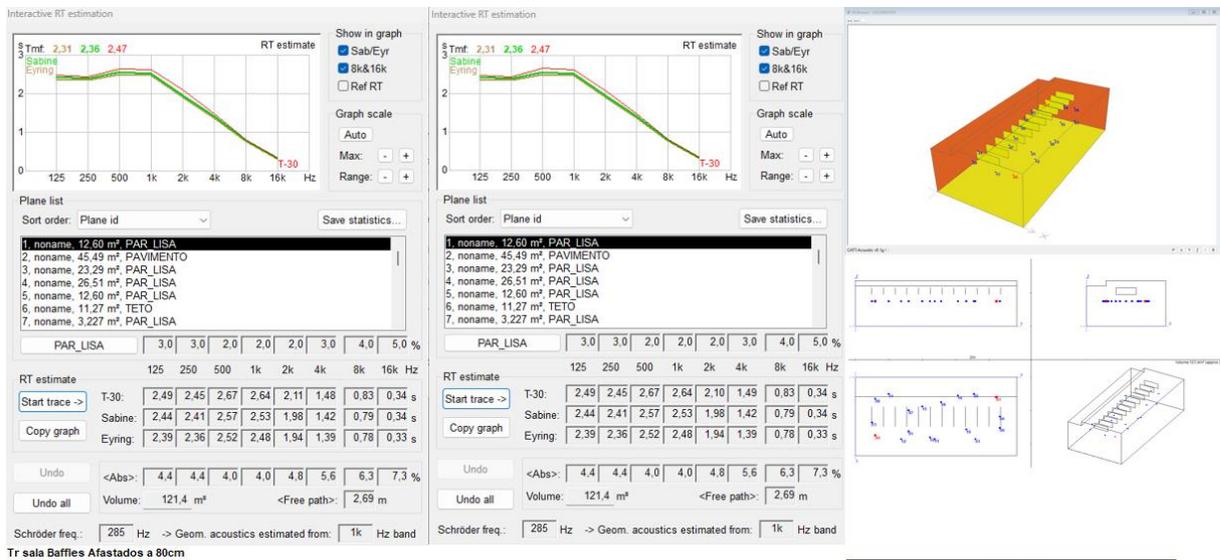


Gráfico 4-29 - Gráficos e resumo da modelação do tempo de reverberação com 12 “baffles” no teto afastados 80 cm

Em resumo e complementando as medições com a modelação foram obtidos os seguintes dados:

Quadro 4-9 - Quadro resumo das medições e modelação – 12 “baffles”

	250	500	1000	2000	4000	Tr(s)
Sala Vazia	3,42	4,27	4,34	3,62	2,29	3,59
Medição 12 placas afast 8 cm	3,02	3,45	3,36	2,68	1,81	2,87
Modelação 12 placas afast 8 cm	2,92	3,35	3,36	2,73	1,90	2,85
Medição 12 placas afast 20 cm	2,82	3,20	2,95	2,30	1,58	2,57
Modelação 12 placas afast 20 cm	2,60	2,89	2,89	2,34	1,67	2,47
Medição 12 placas afast 25 cm	2,88	3,17	2,91	2,20	1,53	2,54
Modelação 12 placas afast 25 cm	2,58	2,84	2,83	2,30	1,62	2,43
Medição 12 placas afast 30 cm	2,78	3,14	2,91	2,17	1,51	2,50
Modelação 12 placas afast 30 cm	2,53	2,79	2,77	2,24	1,59	2,38
Modelação 12 placas afast 40 cm	2,52	2,74	2,70	2,17	1,56	2,34
Modelação 12 placas afast 50 cm	2,49	2,70	2,67	2,13	1,53	2,30
Modelação 12 placas afast 60 cm	2,47	2,68	2,66	2,10	1,51	2,28
Modelação 12 placas afast 70 cm	2,47	2,68	2,63	2,09	1,50	2,27
Modelação 12 placas afast 80 cm	2,45	2,67	2,64	2,11	1,49	2,27

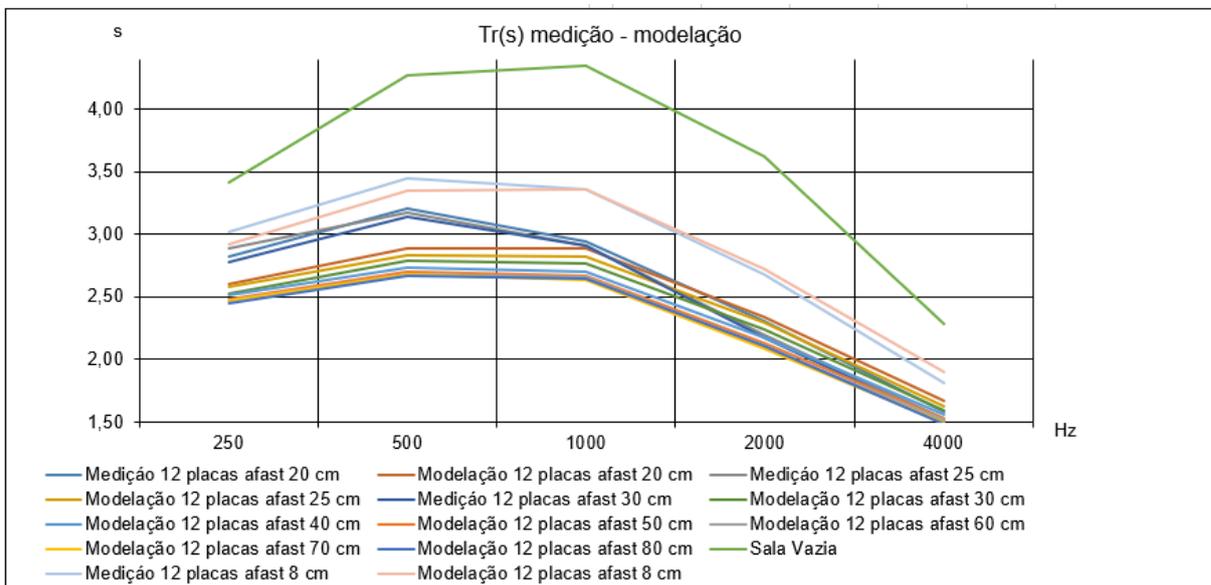


Gráfico 4-30 - Gráfico resumo das medições e modelação – 12 “baffles”

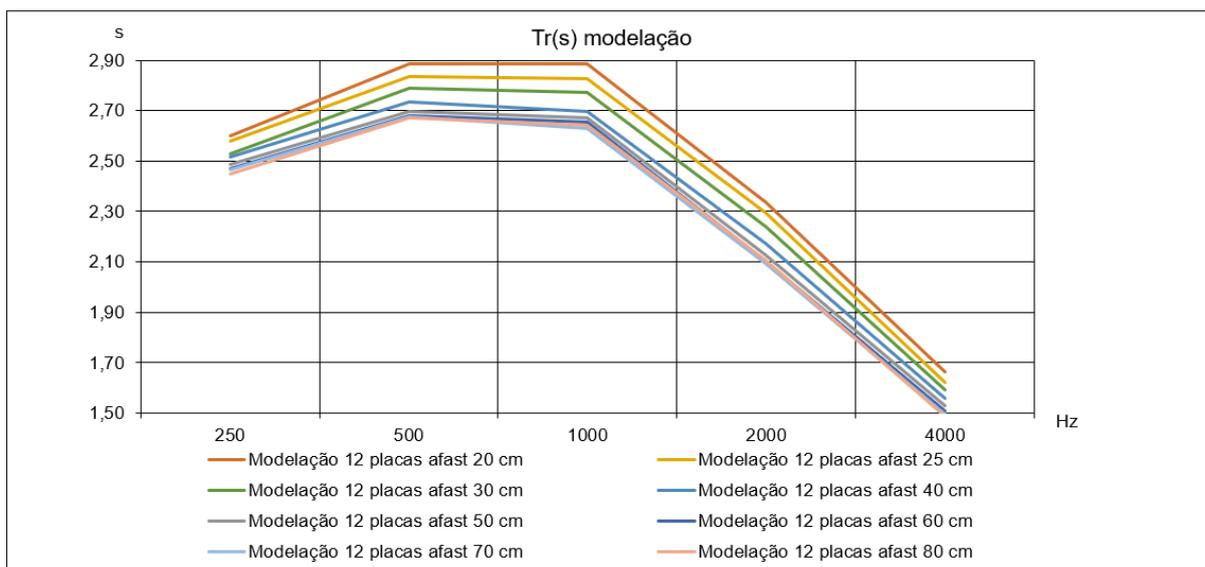


Gráfico 4-31 - Gráfico resumo da modelação – 12 “baffles”

Comparando o resultado da modelação com as medições permitiu perceber que são coerentes e permite concluir que afastamentos entre lamelas a mais de 60 cm não introduz alterações no parâmetro analisado do tempo de reverberação.

5 Conclusões e Trabalhos Futuros

5.1 Conclusões

Com esta tese e com a pesquisa e ensaios desenvolvidos pretendeu-se caracterizar e perceber como diferentes soluções de colocação dos "baffles" acústicos contribuem para a absorção sonora em salas. Foram ensaiadas situações reais e numa sala vazia, simulando uma câmara reverberante, fazendo variar o espaçamento e altura ao teto dos "baffles", com trabalho experimental e com recurso a modelação acústica no software CATT-Acoustic™, que nos permite tirar as seguintes conclusões:

- O parâmetro do Tempo de reverberação melhora significativamente face à solução de aplicar o mesmo material no teto como revestimento na horizontal ou de aplicar os "baffle" na vertical distribuídos pela sala.

- A melhor distribuição e uniformidade da sua aplicação, com a mesma quantidade de material no espaço disponível, permite obter melhores resultados do Tempo de reverberação e por conseguinte maximizar o uso dos "baffles".

- O afastamento entre "baffles" e uniformização da sua aplicação na sala é importante e melhora o tempo de reverberação da sala, mas verifica-se que quando os "baffles" estão muito afastados entre si o parâmetro analisado praticamente não varia, sendo o resultado semelhante com os "baffles" com 40 cm de altura a estarem afastados a mais de 60cm.

- O afastamento dos "baffles" do teto/ superfície refletora melhora o parâmetro do tempo de reverberação da sala.

- O facto dos "baffles" estarem muito próximos uns dos outros, na ordem dos 7 a 20 cm prejudica o seu desempenho face à solução de os afastar e distribuir pela sala.

- Em salas de pequenas dimensões e com elevada absorção a alteração da localização dos "baffles" pouco altera o parâmetro em estudo, tempo de reverberação, tornando-se mais importante a sua localização e afastamentos quanto maior for a sala e menor absorção tiver.

Como conclusão genérica e face aos resultados obtidos um maior espaçamento entre si o afastamento do teto dos "baffles" resulta na aplicação de menos material absorvente por unidade de área para o mesmo objetivo de obter o tempo de reverberação pretendido.

5.2 Perspetivas de desenvolvimento futuro

Algumas das principais áreas de pesquisa e desenvolvimento futuros que podem vir a complementar a presente tese incluem o estudo do design e otimização dos "baffles" acústicos para avaliar diferentes materiais, formas e técnicas de instalação para maximizar a sua eficiência, a análise do comportamento acústico de diferentes tipos de "baffles" para investigar como diferentes tipos de "baffles" afetam a absorção, a difusão e a propagação do som em diferentes tipos de espaços. A modelação da acústica de "baffles" e o desenvolvimento de modelos matemáticos para prever e avaliar o comportamento acústico de diferentes tipos de "baffles" e disposições, desenvolver estudos, comparando resultados experimentais com modelos de simulação, no sentido de averiguar se nos modelos de simulação é viável colocar os "baffles" com 50% de absorção por face, relativamente ao coeficiente de absorção desse "baffle" simplesmente pousado sobre o pavimento da câmara de ensaio também poderá ser o tema de futuras pesquisas e desenvolvimentos.

Referências Bibliográficas

- Afonso, M.A.C. (2014), "Estudo numérico de painéis difusores acústicos", Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialidade de Construções, FCTUC, Coimbra
- Archello,(2021) www.archello.com/, [26/7/2021]
- Armstrong Ceilings(2023), www.armstrongceilings.com, [10/1/2023]
- Barbati, C.; Lenti, M; (s.d) "Through-thickness increasing density panels: suspended application in a vocal rehearsal room" Tecnasfalti s.r.l. ,Milano, Italy
- Bistafa, Sylvio R., Bradley, John S.(2000) "Predicting reverberation times in a simulated classroom" J. Acoust. Soc. Am., Vol. 108, No. 4, pp 1721-1731
- Bistafa, S. R. (2006),: "Acústica Aplicada ao Controle do Ruído." Edgard Blücher, Ltda., Brasil
- CATT@ (2022) <http://www.catt.se>; CATT-Acoustic™ v9.1g:1 (released March 31, 2022), For room acoustics prediction and auralization: mono, stereo, binaural, 5-channel and 1st, 2nd and 3rd order B-format. latest demo/update Match 31, 2022 -
- Carvalho, António Pedro Oliveira de (2007) "Acústica ambiental e de edifícios" FEUP,., Porto.
- Coentro, F.J.D. (2011). "Dissertação para obtenção do grau de Mestrado - Análise do comportamento acústico de materiais fibrosos em tetos absorventes" - DEC, FCTUC, Coimbra.
- Costa, A.F.F.A.P, (2013) "Desenvolvimento de absorsores sonoros para baixas frequências" Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil — Especialização em Construções, FEUP, Porto
- Costa, J. (1995). "Caracterização e constituição do Solo". 5ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.
- Crocker, Malcolm J., (1998), "Handbook of Acoustics", John Wiley & Sons, Inc, New York
- Decreto-lei n.º 9/2007 de 17 de janeiro, Regulamento Geral do Ruído, Diário da República, 1.ª série-A n.º 12/2007, Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Lisboa
- Decreto-Lei n.º 96/2008 de 9 de Julho, Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, Diário da República – 1ª Série-A n.º 110/2008, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Lisboa
- Denomme, A. (2015)"Acoustic baffles as an Alternative to Traditional Sound Absorption Materials"
- Domingues, O. (2005), "Acústica nos edifícios materiais e sistemas absorventes sonoros coeficientes de absorção sonora". LNEC, Lisboa
- Domingues, O.(2007); "A Acústica nos edifícios – coeficientes de absorção sonora"; LNEC, Lisboa.
- Egan, M. David (1988), "CC Architectural Acoustics" McGraw-Hill, New York
- EN ISO 3382:1997, "Acoustics. Measurement of the reverberation of rooms regarding other acoustical parameters", International Organization for Standardization
- González, A. L. P., (2010), "Análise Acústica de Diferentes Tipos de baffles em Salas Retangulares", Universidade de São Paulo, Brasil

- HunterDouglas (2023), www.hunterdouglasarchitectural.eu/en-PT/ceilings/index.jsp, [10/1/2023]
- HunterDouglas (2023), <https://www.hunterdouglasarchitectural.eu/en-PT/ceilings/interior-wood/index.jsp> [10/1/2023]
- Lagoa, V.G.G (2016) "Análise de painéis difusores acústicos em 2D e 3D", Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialidade de Construções, FCTUC, Coimbra
- Liberato, P.C.(2022) "Estudos de parâmetros de qualidade acústica de salas para música: análise de soluções de acústica variável e difusores sonoros", Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialidade de Acústica e Vibrações em Ambiente Urbano, Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Lusomatec (2023), www.lusomatec.pt, data da consulta: [04/2/2023]
- Mateus, D.; Marinho, A., Pereira, A.(2012) "Aplicabilidade da Fórmula de Sabine a Espaços com Elevada Absorção Sonora: Proposta de Prévia Correção de Coeficientes de Absorção" VIII Congresso Ibero Americano de Acústica, Évora
- Mateus, D. (2021), Apontamentos das aulas de MEACS, FCTUC, Coimbra
- Marques, C. M. A.(2014) "A utilização da cortiça associada a espumas acústicas para absorção sonora", Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente na Especialidade de Território e Gestão do Ambiente, FCTUC, Coimbra
- Marques, R.M.S. (2013), "Estudo da absorção acústica de soluções para tetos", Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialidade de Construções, FCTUC, Coimbra
- Marques, R.; Tadeu, A.; Mateus, D.; António, J.; (2013), "Estudo da absorção acústica de soluções para tetos". Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialidade de Construções, Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Mendes, P., (2020/2021), "Noções Básicas de Acústica, Acústica e Vibrações nos Edifícios e sua Envolvente", Departamento de Engenharia Civil - FCT -Universidade de Coimbra, Coimbra
- Moreira, P.F.J.(2017) "Acústica de Infantários – Caso de Estudo: Associação Infantário e Jardim de Infância Carolina Michaëlis", Dissertação apresentada para obtenção do grau de mestre em Mestre em Engenharia Civil — Especialização em Construções, FEUP, Porto
- Noor, M. A. (2016), "Optimization of the Design Parameters of Sound Absorbing "baffles" for Indoor Environments"
- NP EN ISO 3382-2:2015 "Acústica Medição de parâmetros de acústica de salas Parte 2: Tempo de reverberação em salas correntes", Instituto Português da Qualidade, Portugal
- Ortins, S.C. (2016)"Acústica em open-space", Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil – Perfil Construção, FCT Universidade Nova de Lisboa, Lisboa
- Patrício, Jorge; (2007), "Acústica nos edifícios"; Verlag Dashöfer, 4ª edição, Lisboa
- Patrício, Jorge (2011), "Ambiente e Edificação: Legislação Acústica Anotadas", Virgula (Chancela Sitio do Livro), Lisboa
- Pessoa, A.S.M.2018) "Melhoria do Desempenho Acústico de uma sala de aula com materiais de desperdício" Dissertação apresentada para obtenção do grau de mestre em Mestre em Engenharia Civil — Especialização em Construções, FEUP, Porto
- Puchades, H. A.; Ratto, A., (2019), "The uniformity and no-uniformity in the distribution of absorption in a reverberant room is it a discussion between them?" Internoise 2019, Madrid

- Puchades, H. A., Berardi, U. (2015) "A Revised Sound Energy Theory Based on a New Formula for the Reverberation Radius in Rooms with Non-Diffuse Sound Field" ARCHIVES OF ACOUSTICS Vol. 40, No. 1, pp. 33–40
- Puchades, H. A. (1987), "An Improved Reverberation Formula", ACUSTICA, International Journal on Acoustics, Barcelona
- Silva, P.M. (2006). "Projecto de condicionamento acústico de edifícios" LNEC, Lisboa
- Silva, P.M., (1978), "Acústica de Edifícios", LNEC, Lisboa
- Raymond, D.; Castillo, C., (2017), "Predicting the performance of hanging "baffles" in large swimming pools, ACOUSTICS Proceedings of ACOUSTICS 2017 Perth, St Ives NSW Australia
- Rebke, E. (1987). The effect of various placements and densities on the sound absorption of "baffles". Canadian Acoustics, Canada
- Recuero Lopez, Manuel (1999) "Acústica arquitectónica aplicada" Paraninfo, Madrid.
- Ribeiro, V.M.F.R (2018), "Parâmetros do projeto arquitetônico que influenciam na qualidade acústica de escritórios panorâmicos", Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Habitação: Planejamento de Tecnologia, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT, São Paulo
- Rocha, R.S.A (2018) "Projeto de Atenuadores Acústicos Industriais", Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Aeroespacial, Instituto Superior Técnico de Lisboa, Lisboa
- Rodrigues, P.S. (2008) "Interação engenharia civil /acústica com base na validação experimental de modelos de Desempenho "baffles" acústicos", Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil — Especialização em Construções, FEUP, Porto
- Rodrigues, M.R. (2013) "O conforto acústico no ambiente de trabalho e a percepção dos usuários de escritórios corporativos" Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Ciências em Arquitectura, Linha de Pesquisa Conforto Ambiental, Eficiência Energética e Sustentabilidade, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro
- Sancal, (2023) www.sancal.com/en/acoustic-tartana/, [10/1/2023]
- Santos, V.B.N.(2015), "Análise do comportamento acústico de revestimentos microperfurados" Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialidade de Construções, FCTUC, Coimbra
- Shama, K. A., (2004), "Estudo do Desempenho Acústico de "baffles" de Fibra de Vidro Suspensos Verticalmente em um Ambiente de Grande Volume", Universidade Estadual de Campinas, Brasil
- Slalom, (2023) www.slalom-it.com/en/project/ecodesk/, [10/1/2023]
- Silva, P. Martins; (2006) "Projecto de condicionamento acústico de edifícios"; LNEC, Lisboa
- Soares, D.R. (2020), "Condicionamento Acústico de Espaços: Análise de uma solução de Acústica Variável" Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialidade de Acústica e Vibrações em Ambiente Urbano, Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Souza, L. C. L.; Almeida, M. G.; Bragança, L.(2007), "Beabá da Acústica Arquitectónica -Ouvindo a Arquitectura". Ediouro., São Carlos.

Tadeu, A.; Mateus, D.; António, J.; Godinho, L.; Mendes, P. (2010). “Acústica Aplicada”. Textos de apoio à disciplina de opção ‘Acústica Aplicada’, DEC - Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade de Coimbra, Coimbra.

Tadeu, A. J. B.; Mateus, D.; (2004/2005), “Apontamentos de Acústica – capítulo 4”, FCTUC, Coimbra

Texaa (2021) www.texaa.com/, [26/7/2021]

Texdecor (2021), www.texdecor.com, [26/7/2021].

Trevor J. Cox e Peter D'Antonio (2009), "Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application", Spon Press, London

A. Anexo – Fichas técnicas dos materiais analisados

Catálogo COL-SLIMPANEL-MURAL-FR

texdecor

Créateur de solutions acoustiques décoratives



AVANTAGES D'USAGE

ENVIRONNEMENT

Le feutre compact des panneaux SlimPanel contient 50% de fibres de polyester recyclées issues des bouteilles plastiques. Après transformation, les chutes du produit sont à nouveau réutilisées pour une autre fonction.

COV A+ : très faible émission, conception respectueuse de la qualité de l'air intérieur.
Feutre compact label Oeko-tex.

LARGEUR DE L'OFFRE

5 typologies de produits (mural, îlot, baffle, grille, totem) déclinées en 24 modèles de panneaux, à utiliser seuls ou à combiner.

Il existe différents montages et fixations avec de nombreuses options de finitions.
L'offre SlimColor est composée de 15 couleurs.

DES SOLUTIONS DE LUMINAIRES PRÊTES A POSER

Double fonction : les baffles et les îlots se transforment en objets acoustiques lumineux spécialement étudiés pour répondre à divers objectifs : éclairer, dynamiser, baliser ou encore décorer l'espace.

Des rampes lumineuses ou des bandes de rétroéclairage LED avec transformateurs, durables et très faibles en consommation d'énergie, sont montées sur le panneau directement en atelier afin de permettre une mise en œuvre simple et en toute sécurité.

UN PRODUIT TECHNIQUE PERFORMANT

Aire d'absorption moyenne équivalente allant de 0,45m² à 3,86m², alpha w de 0,40 à 0,85.

Excellent classement au feu : B s2 d0

Luminaires LED : rétroéclairage = 4,5W / baffles et îlots = 18W et 35W

Fixations des grilles : en acier laqué ou polycarbonate, permettant la pose en milieu humide.

Entretien : nettoyer à l'aide d'un aspirateur ou d'un chiffon humide.

Facilité d'installation : en pose murale comme en plafond, tous les systèmes de fixation sont simples, réglables et rapides à mettre en œuvre, permettant une installation sans interruption d'exploitation de l'espace.

UNE CONCEPTION DESIGN

L'offre murale « Concept » propose 4 compositions décoratives s'adaptant aux surfaces murales disponibles et à la correction acoustique recherchée.

Un système de rétroéclairage des panneaux allie fonctionnalité et esthétique.

Des fixations en polycarbonate transparent apportent aux grilles acoustiques une légèreté à la structure tout en mettant en valeur le jeu de formes et de couleurs des lames.

Des élingues blanches ou noires permettent de rendre presque invisibles les câbles de suspension en fonction de la couleur du plafond.





SlimPanel,

Une gamme de solutions acoustiques fonctionnelles et design, en feutre compact éco-conçu

AMÉLIOREZ LE CONFORT DE VOS ESPACES

Les solutions acoustiques SlimPanel absorbent efficacement les ondes sonores, contribuant à réduire le niveau de bruit dans un espace, améliorant ainsi le confort des occupants.

Les bénéfices apportés par la qualité de l'absorbant en feutre compact de polyester sont divers, selon l'usage du lieu : converser librement dans un restaurant, améliorer l'intelligibilité de la parole dans un lieu d'échange, rendre l'espace feutré et intime pour garantir la concentration dans le lieu de travail.

SlimPanel propose une large offre de solutions acoustiques à adapter à chaque projet, selon la configuration de l'espace, l'ambiance esthétique et le bénéfice acoustique recherché. Très léger et de faible encombrement, chaque produit de la gamme est facile et rapide à installer, au mur, au plafond ou au sol.

Des produits idéalement conçus pour tous les ERP : bureaux et administrations, restaurants, hôtels, espaces de réception, bâtiments fonctionnels, scolaires et sportifs, agencement commercial.

DÉCOREZ VOS INTÉRIEURS

5 typologies de produits déclinés en 24 modèles de panneaux. Une multitude de combinaisons pour créer des ambiances singulières : jouez avec les associations de couleurs et de formats pour dynamiser un espace ou alors sélectionnez des couleurs neutres et discrètes pour une atmosphère feutrée intemporelle.

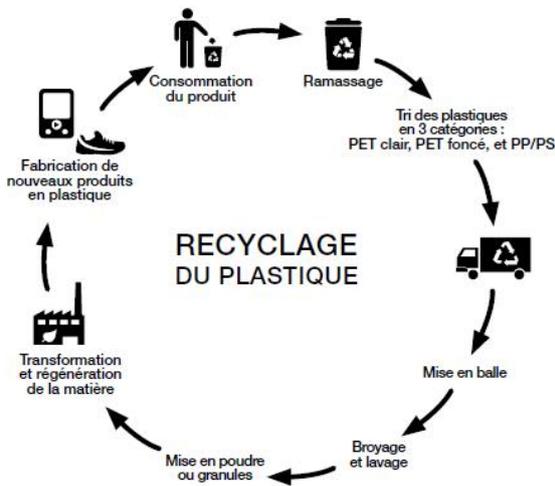
La chaleur du feutre compact, créé par le mélange de ses fibres comme par son toucher textile, contribue à l'impression de confort et de bien-être.



RÉDUISEZ LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DE VOS PROJETS

Le feutre 100% polyester, utilisé comme absorbant est une matière éco-conçue aux multiples bénéfices :

- Economie circulaire : contient 50% de fibre polyester recyclées issues des bouteilles plastiques.



- Le panneau constitué de fibres calandrées obtient d'excellentes propriétés acoustiques même à faible épaisseur.

- Satisfait les exigences réglementaires les plus strictes en terme sécuritaire : classement au feu B s2 d0

- Les panneaux acoustiques SlimPanel sont conçus et assemblés en France 🇫🇷

- Grande durabilité :

Entretien facile et résistant aux chocs. La longévité des panneaux SlimPanel en fait une solution rentable pour le maître d'ouvrage, avec des impacts environnementaux réduits pour la collectivité.



SlimPanel Mural

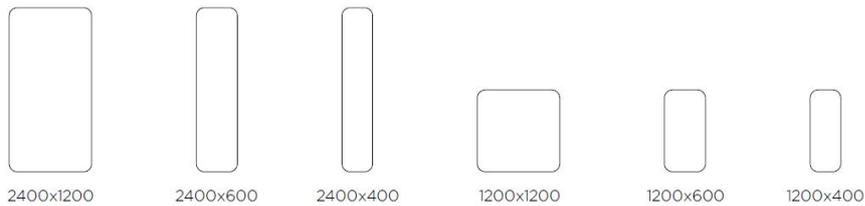
SlimPanel Mural propose une déclinaison de 6 formats de panneaux rectangulaires ou carrés aux coins arrondis. A fixer sur supports rails, ils sont décalés de 30 mm du mur permettant d’y insérer en option un système de rétroéclairage et d’améliorer les performances acoustiques grâce à son plenum*. De part sa légèreté et sa fine épaisseur, SlimPanel est simple à poser et à manipuler. Un système de rails autobloquant permet de sécuriser le panneau en cas de choc. Des raidisseurs sont installés en périphérie du panneau pour rigidifier sa structure et dissimuler les fixations au dos.

A l’horizontale, comme à la verticale, le SlimPanel mural peut être installé librement permettant d’associer technicité et volume.

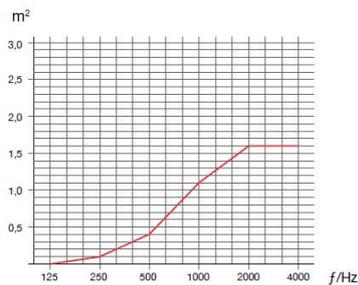
* vide d’air entre le mur et le panneau



Les formats



Les valeurs acoustiques



Fréquences (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Aire d'absorption du panneau carré 1200x1200 avec plenum de 30mm	0	0.1	0.4	1.1	1.6	1.6

	AEQ	Alpha w
Carré 1200 x 1200 mm	1,03 m ²	0,4

Tableau des aires d'absorption équivalentes

Panneaux (en mm)	Aire d'absorption équivalente (en m ²)
1200 x 400 x 9	0.343 m ²
1200 x 600 x 9	0.515 m ²
1200 x 1200 x 9	1.03 m ²
2400 x 400 x 9	0.686 m ²
2400 x 600 x 9	1.03 m ²
2400 x 1200 x 9	2.06 m ²

Rétroéclairage mural / plafond

SlimPanel n'est pas seulement un panneau acoustique, il est également un objet lumineux décoratif. Chaque format a été étudié de manière à ce qu'un phénomène optique de halo produit par la diffusion du bandeau lumineux crée un effet de volume, au panneau ou à son ensemble.

Intégré dans un concept mural, d'un objet fonctionnel SlimPanel devient un objet décoratif qui signe l'espace. Dans un îlot suspendu au plafond ou dans un panneau mural, le rétroéclairage crée une lumière indirecte douce et diffuse, apportant de la chaleur à votre intérieur.



Chaque panneau est muni d'une bande LED montée en atelier sur un dissipateur, garantissant une durée de vie optimale. De couleur blanc neutre 3000K et muni de son convertisseur adapté, le panneau lumineux conviendra à un grand nombre d'espaces.

Pour le simple panneau mural, comme pour les concepts ou les îlots, le système de rétroéclairage est adapté à chacune des configurations*, assurant un usage simple et une pose rapide. Ces solutions fonctionnelles et décoratives sont livrées prêtes à installer.

* Valable sur toutes les couleurs hors 9162 10 63 et 9162 10 51

Téléchargez les brochures,
et les documentations techniques
Commandez vos échantillons gratuits

sur www.texdecor.com



texdecor

Date de publication : Septembre 2020
Texdecor, 2 rue d'Hem, 59780 Willems

Tel : + 33 (0)3 20 61 78 37 - Fax : + 33 (0)3 20 61 75 64 - www.texdecor.com

Catálogo PVAC-SLIMPANEL-MURAL-FR

page 1 sur 10

Daidalos Peutz bouwfysisch ingenieursbureau
 Vital Decosterstraat 67A – bus 1
 B-3000 Leuven
 Belgium
 TVA: BE 0454.276.239
www.daidalospeutz.be



N° 451-TEST
 NBN EN ISO 17025:2017
 EA MLA signatory

NOISE LAB
RAPPORT D'ESSAIS N° A-2020LAB-011-08-44028_F

Demandeur: Texdecor
 Rue d'Hem, 2
 59780 Willems
 France

Personnes contactées: Demandeur: Julie Truquet
 Noise lab : Els Meulemans

Essais effectués : Mesurage de l'absorption acoustique en salle réverbérante
Nom du produit: SlimPanel carré 1200x1200mm, avec plenum de 30 mm

Références :
NBN EN ISO 354:2003 Acoustique - Mesurage de l'absorption acoustique en salle réverbérante (ISO 354:2003)

NBN EN ISO 11654:1997 Acoustique - Absorbants pour l'utilisation dans les bâtiments -
 Évaluation de l'absorption acoustique
NBN ISO 9613-1:1996 Acoustique – Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre
 Partie 1: Calcul de l'absorption atmosphérique
ISO 12999-2:2020 Acoustique - Détermination et application des incertitudes de mesure dans l'acoustique des bâtiments -
 Partie 2: Absorption acoustique

Pour les mesures dans ce rapport, le laboratoire de Daidalos Peutz est accrédité par BELAC, "l'organisme Belge d'accréditation", sous le numéro de certificat N° 451-TEST. Les activités reprises sous ce certificat d'accrédité sont couvertes par EA MLA. BELAC est signataire de tous les agréments et accords de reconnaissance conclus dans le cadre de l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). Ainsi, les rapports émis par les organismes accrédités sous le couvert de BELAC jouissent d'une reconnaissance internationale.

Date et référence de la demande:	21/02/2020	2020LAB-011
Date de réception de(des) échantillon(s):	16/07/2020	08
Date de construction:	16/07/2020	
Date de l'essai:	16/07/2020	
Date de préparation du rapport:	16/12/2020	

Ce rapport contient 10 pages Il ne peut être reproduit que dans son ensemble.

Le responsable Technique

Paul Mees

L'ingénieur de laboratoire

Els Meulemans

Template: blanco_report_belac_ISO354
 v15_20200715

Rapport A-2020LAB-011-08-44028_F

Daidalos Peutz bouwfysisch ingenieursbureau
 Vital Decosterstraat 67A – bus 1
 B-3000 Leuven
 Belgium
 TVA: BE 0454.276.239
www.daidalospeutz.be



N° 451-TEST
 NBN EN ISO 17025:2017
 EA MLA signatory

NOISE LAB
RAPPORT D'ESSAIS N° A-2020LAB-011-08-44028_F

APPAREILLAGE DE MESURE

Signal

Brüel & Kjaer - 4292 : source de bruit omnidirectionnelle

Microphones

Brüel & Kjaer - 4189-L-001 : un microphone 1/2" avec un préamplificateur
 Brüel & Kjaer - 4189 : un microphone 1/2", 6Hz to 20kHz
 Brüel & Kjaer - 2869 : un préamplificateur pour microphone 1/2"
 Brüel & Kjaer - 4231 : un calibrateur 94&114dB SPL-1000Hz, IEC 60942(2003)Class1

Nombre de postes source:	2	(Distance entre la position de microphone d'au moins 3m.
Nombre de positions de microphone:	8	Distance entre la position de la source d'au moins 1,5m.
Nombre de courbes de décroissance évalué:	3	Positions de microphone au moins 2 mètres de la source.
Nombre total de mesures avec différentes positions pour le microphone et la source:	16	Positions de microphone d'au moins 1 m tous les parois réfléchissantes et l'objet du test.)

Signal

Brüel & Kjaer - 2718C : amplificateur
 Brüel & Kjaer - 3050-A-8/0: générateur de signaux, 6-ch. Inputmodule LAN-XI
 Brüel & Kjaer - 3160-A-042: générateur de signaux, 4/2-ch. Input/output module LAN-XI
 Brüel & Kjaer : PULSE Labshop Version 13.5
 Un ordinateur avec les logiciels propriétaires

La salle réverbérante

Dimensions :	Volume total :	298,31 m³
	Longueur :	9,99 m
	Largeur :	4,97 m
	Hauteur :	5,98 m
	Volume niche de la porte :	1,32 m³
	Superficie totale:	278 m²
	$l_{max} = 12,65 \text{ m} < 1,9 \text{ V}^h$	

Diffuseurs ont été présents dans la salle
 La superficie maximale autorisée de l'échantillon en fonction du volume = 15,62 m²

Daidalos Peutz bouwfysisch ingenieursbureau
 Vital Decosterstraat 67A – bus 1
 B-3000 Leuven
 Belgium
 TVA: BE 0454.276.239
www.daidalospeutz.be



N° 451-TEST
 NBN EN ISO 17025:2017
 EA MLA signatory

NOISE LAB
RAPPORT D'ESSAIS N° A-2020LAB-011-08-44028_F

METHODE DE MESURE

L'indice d'absorption acoustique est déterminé selon la norme EN ISO 354:2003. Une description détaillée de la méthode de mesure se retrouve dans cette norme.

Ci-dessous une description simplifiée de la méthode de mesure :

A l'aide de mesures de réverbération, le temps de réverbération en salle réverbérante est déterminé selon deux situations :

- Une salle réverbérante vide
- Une salle réverbérante avec le matériel d'essai à examiner, lequel est installé selon les prescriptions de la norme et selon un montage qui correspond au mieux à la situation réelle.

Le fait d'introduire le matériel à analyser, le temps de réverbération dans la salle réverbérante sera en général plus court. La diminution du temps de résonance est une mesure pour la quantité d'absorption introduite.

Sur base des mesures de réverbération de la salle réverbérante vide, la surface d'absorption acoustique équivalente (A1) (par bande de fréquence), présente dans la salle réverbérante vide, est calculée selon la comparaison reprise ci-dessous (1) et exprimée en m².

$$A_1 = 55,3 V / (c_1 T_1) - 4Vm_1 \quad [m^2] \quad (1)$$

De façon analogue, la surface d'absorption acoustique équivalente (A2), après l'apport du matériel d'essai à analyser, est calculée selon la comparaison reprise ci-dessous (2) et exprimée en m².

$$A_2 = 55,3 V / (c_2 T_2) - 4Vm_2 \quad [m^2] \quad (2)$$

La surface d'absorption acoustique équivalente (AT) de l'échantillon analysé, est calculée selon la comparaison (3) et exprimée en m².

$$A_T = A_2 - A_1 = 55,3 V (1/c_2 T_2 - 1/c_1 T_1) - 4V(m_2 - m_1) \quad [m^2] \quad (3)$$

Selon la norme, l'indice d'absorption par tiers d'octave déterminé, selon Sabine, est alors obtenu par comparaison (4) :

$$\alpha_S = A_T / S \quad (4)$$

NOTE Pour les objets discrets, on utilise A_{obj} au lieu de α_S
 Pour un ensemble spécifique d'objets, le résultat est donné

La surface d'absorption acoustique équivalente des absorbeurs discrets ou des objets individuels est calculée selon la comparaison (5) :

$$A_{obj} = A_T / n \quad n \text{ est les nombres d'objets testés} \quad (5)$$

- Avec:
- A_2, A_1 = la surface d'absorption (acoustique) équivalente de, respectivement, la salle réverbérante vide et avec l'objet de l'essai en m².
 - V = le volume de la salle réverbérante en m³
 - c_1, c_2 = la vitesse du son dans l'air en m/s, calculée respectivement, dans la salle réverbérante vide et ensuite après la mise en place de l'objet de l'essai, exprimée et calculée selon : (en fonction de la température ambiante)
 $c = 331 + 0,6 t$ avec $t =$ température en °C ; cette comparaison est valable lorsque la température se situe entre 15 et 30°C
 - T_1, T_2 = les durées de réverbération, respectivement, dans la salle réverbérante vide et après mise en place de l'objet de l'essai en [s]
 - m_1, m_2 = le coefficient d'absorption par l'air, par mètre réciproque, calculé selon ISO 9613-1:1993
 - A_T = la surface d'absorption (acoustique) équivalente de l'objet de l'essai en m²
 - S = la surface de l'objet de l'essai en m²
 - α_S = le coefficient d'absorption de l'objet de l'essai en Sabine
 - A_{obj} = la surface d'absorption (acoustique) équivalente par l'objet de l'essai en m²
 - n = le nombre d'objets discrets ou individuels testés

CONDITIONS À MESURE UNIQUE

-
-
-
-
-

n/a

Daidalos Peutz bouwfysisch ingenieursbureau
Vital Decosterstraat 67A – bus 1
B-3000 Leuven
Belgium
TVA: BE 0454.276.239
www.daidalospeutz.be



daidalos peutz
laboratoire d'acoustique



N° 451-TEST
NBN EN ISO 17025:2017
EA MLA signatory

NOISE LAB RAPPORT D'ESSAIS N° A-2020LAB-011-08-44028_F

INDICATIONS DES VALEURS UNIQUES

α_p LE COEFFICIENT PRATIQUE D'ABSORPTION ACOUSTIQUE

Les calculs et mesures sont réalisés selon les normes, par bandes tiers d'octave, avec une largeur de bande de 100 Hz à 5000 Hz. Là où c'est applicable, on calcule les valeurs de bandes d'octave au départ des mesures par bandes tiers d'octave. Les résultats des bandes d'octaves proviennent de la moyenne arithmétique des résultats des bandes tiers d'octave. Le calcul se fait jusqu'à 2 chiffres après la virgule, selon un accord particulier sur l'arrondi, repris dans la norme EN ISO 11654:1997.

α_w INDICATEUR A VALEUR UNIQUE (INDICE D'ABSORPTION ACOUSTIQUE PESE)

L'indicateur à valeur unique est déterminé selon EN 11654:1997. Le calcul s'appuie sur les coefficients d'absorption pratiques. Cette méthode de calcul se retrouve sous cette norme.

LES INDICATEURS DE FORME L,M,H

A chaque fois qu'un indicateur d'absorption acoustique pratique dépasse le courbe de référence de 0,25, il y a lieu d'ajouter un ou plusieurs indicateurs de forme (L,M,H) à l'indice d'absorption acoustique pesé.

- lors d'un dépassement de 250 Hz, il y a lieu d'ajouter l'indicateur de forme L.
- lors d'un dépassement de 500 Hz ou de 1000 Hz, il y a lieu d'ajouter l'indicateur de forme M
- lors d'un dépassement de 2000 Hz ou de 4000 Hz, il y a lieu d'ajouter l'indicateur de forme H

NRC NOISE REDUCTION COEFFICIENT

Le coefficient de réduction de bruit (NRC) est déterminé dans un test de laboratoire et fournit une valeur unique pour l'absorption acoustique. La valeur est comprise entre 0 (réflexion totale) et 1,00 (l'absorption totale). Il s'agit d'une moyenne mathématique du coefficient d'absorption acoustique mesuré aux fréquences de 250, 500, 1000 et 2000 Hz, arrondi au plus proche de 5%.

SAA SOUND ABSORPTION AVERAGE

Le NRC est remplacé par le SAA, qui est décrit dans le courant ASTM C423-09a. Le SAA est une valeur unique pour l'absorption acoustique des matériaux, similaire au NRC, à l'exception que les valeurs d'absorption acoustique utilisées dans la moyenne sont prises au douze bandes de tiers d'octave de 200 Hz à 2500 Hz, inclusivement, et l'arrondissement est au plus proche multiple de 0,01.

Les résultats NRC et SAA se situent en dehors de l'accréditation.

Les valeurs d'absorption (acoustique) communiquées ne peuvent pas être considérées comme des constantes du matériau, car l'absorption (acoustique) ne dépend pas uniquement du matériau lui-même. La façon de le monter, la superficie du matériau et l'emplacement dans la salle influencent l'absorption acoustique.

PRECISION DE MESURE

La précision des coefficients d'absorption acoustique calculés peut être exprimée numériquement en termes de répétabilité (dans un laboratoire) et en termes de reproductibilité (entre plusieurs laboratoires)

La répétabilité est calculée sur base de la déviation standard des mesures de durées de réverbération et des calculs de coefficients d'absorption acoustique.

La déviation standard des mesures de durées de réverbération T20, détournée par une baisse de pression acoustique de 20 dB, peut être estimée par la formule au point 8.2.2. de ISO 354:2003.

Ces déviations standards ont été calculées et sont reprises dans l'annexe 1

La reproductibilité des calculs de coefficients d'absorption acoustique fait encore toujours l'objet de la recherche internationale et n'est pas encore connue.

La valeur d'incertitude spécifique est disponible sur demande.

Daidalos Peutz bouwfysisch ingenieursbureau
 Vital Decosterstraat 67A – bus 1
 B-3000 Leuven
 Belgium
 TVA: BE 0454.276.239
www.daidalospeutz.be



N° 451-TEST
 NBN EN ISO 17025:2017
 EA MLA signatory

NOISE LAB
RAPPORT D'ESSAIS N° A-2020LAB-011-08-44028_F

A_{obj}

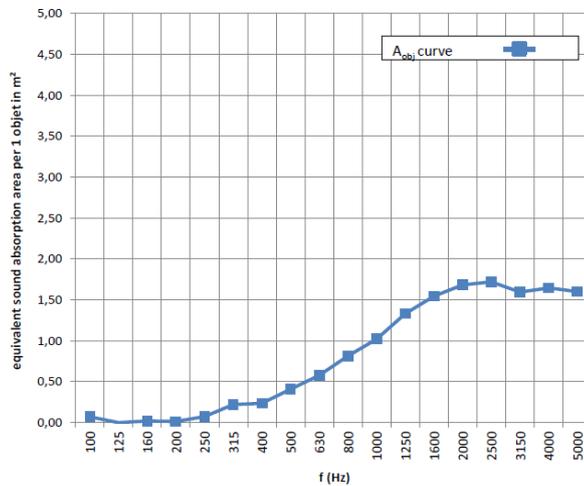
SURFACE D'ABSORPTION EQUIVALENTE PAR OBJET

EN ISO 354:2003 Acoustique - Mesurage de l'absorption acoustique en salle réverbérante (ISO 354:2003)
 EN ISO 11654:1997 Acoustique - Absorbants pour l'utilisation dans les bâtiments - Evaluation de l'absorption acoustique

N° de l'élément d'essai : 08 **Date:** 16/07/2020
Salle de réverbération: V = 298,3 m³ S_{tot} = 279,9 m²
Conditions pendant les mesures: la salle réverbérante vide avec du matériel d'essai
Température : T = 20,9 °C
Pression atmosphérique : p = 101,4 kPa
Humidité atmosphérique : h_r = 67,7 %
Type d'élément de test: objet discret
Caractéristiques de construction :
 * en utilisant plan absorbant: Nombre d'objets testés: 4
 Nombre d'emplacements dans la salle de réverbération: 1

f(Hz)	T ₁ (s)	T ₂ (s)	A _{obj} (m ²)
50			
63			
80			
100	11,28	10,59	0,1
125	9,65	9,67	0,0
160	9,69	9,56	0,0
200	10,17	10,10	0,0
250	9,72	9,21	0,1
315	10,16	8,59	0,2
400	8,97	7,65	0,2
500	8,95	6,89	0,4
630	9,26	6,42	0,6
800	9,33	5,73	0,8
1000	8,89	5,08	1,0
1250	8,49	4,38	1,3
1600	7,64	3,87	1,5
2000	6,79	3,49	1,7
2500	5,83	3,20	1,7
3150	4,89	2,99	1,6
4000	4,10	2,65	1,6
5000	3,24	2,29	1,6

f(Hz)	A _{obj} (m ²)
125	0,0
250	0,1
500	0,4
1000	1,1
2000	1,6
4000	1,6



Demandeur: Texdecor, Rue d'Hem, 2,59780 Willems
ELEMENT D'ESSAI: (description sommaire par l'entreprise, détails: voir annexe 2)
SlimPanel carré 1200x1200mm, avec plenum de 30 mm

Daidalos Peutz bouwfysisch ingenieursbureau
 Vital Decosterstraat 67A – bus 1
 B-3000 Leuven
 Belgium
 TVA: BE 0454.276.239
www.daidalospeutz.be



N° 451-TEST
 NBN EN ISO 17025:2017
 EA MLA signatory

NOISE LAB
RAPPORT D'ESSAIS N° A-2020LAB-011-08-44028_F

ANNEXE 1: PRECISION DE MESURE

La déviation standard des mesures de durée de réverbération T20

f	T ₁ (s)	ε ₂₀ (S)	T ₂ (s)	ε ₂₀ (S)
50				
63				
80				
100	11,28	0,55	10,59	0,53
125	9,65	0,45	9,67	0,45
160	9,69	0,40	9,56	0,40
200	10,17	0,37	10,10	0,37
250	9,72	0,32	9,21	0,31
315	10,16	0,29	8,59	0,27
400	8,97	0,24	7,65	0,22
500	8,95	0,22	6,89	0,19
630	9,26	0,20	6,42	0,16
800	9,33	0,18	5,73	0,14
1000	8,89	0,15	5,08	0,12
1250	8,49	0,13	4,38	0,10
1600	7,64	0,11	3,87	0,08
2000	6,79	0,09	3,49	0,07
2500	5,83	0,08	3,20	0,06
3150	4,89	0,06	2,99	0,05
4000	4,10	0,05	2,65	0,04
5000	3,24	0,04	2,29	0,03

ε₂₀ = La déviation standard des mesures de durée de réverbération T20, détournée par une baisse de pression acoustique de 20 dB, peut être calculé par la formule suivante (selon ISO 354:2003 - point 8.2.2.):

$$\varepsilon_{20}(T) = T \sqrt{\frac{2,42 + 3,59/N}{f T}}$$

- T₁ (s) = Le temps de réverbération mesuré dans la salle vide
- T₂ (s) = le temps de réverbération mesuré dans la salle avec l'échantillon.
- f (Hz) = la fréquence centrale de la bande de tiers d'octave
- N = la quantité de mesures de baisse de pression acoustique par point mesuré

The relative standard deviation of the sound absorption coefficient

f	A _{obj} (m²)	ε _{Aobj}	δ ₉₅ (A _{obj})
50			
63			
80			
100	0,1	0,1	0,0
125	0,0	0,1	0,0
160	0,0	0,1	0,0
200	0,0	0,1	0,0
250	0,1	0,1	0,0
315	0,2	0,1	0,0
400	0,2	0,1	0,0
500	0,4	0,1	0,0
630	0,6	0,1	0,0
800	0,8	0,1	0,0
1000	1,0	0,1	0,0
1250	1,3	0,1	0,0
1600	1,5	0,1	0,0
2000	1,7	0,1	0,0
2500	1,7	0,1	0,0
3150	1,6	0,1	0,0
4000	1,6	0,1	0,0
5000	1,6	0,1	0,0

ε(A_{obj}) = La déviation standard des mesures de coefficients d'absorption acoustique

$$\varepsilon(A_{obj}) = \frac{55,3 V}{c S} \sqrt{\left(\frac{\varepsilon_{20}(T_2)}{T_2^2}\right)^2 + \left(\frac{\varepsilon_{20}(T_1)}{T_1^2}\right)^2}$$

δ₉₅ (A_{obj}) = 95% limite de confiance

$$\delta_{95}(A_{obj}) = \frac{1,96 \varepsilon(\alpha)}{\sqrt{N}}$$

- T₁ (s) = Le temps de réverbération mesuré dans la salle vide
- T₂ (s) = le temps de réverbération mesuré dans la salle avec l'échantillon.
- V = volume de la salle réverbérante en m³
- c = la vitesse du son dans l'air en m/s
- N = la quantité de mesures de baisse de pression acoustique par point mesuré
- S = surface de l'objet de l'essai en m²

Daidalos Peutz bouwfysisch ingenieursbureau
 Vital Decosterstraat 67A – bus 1
 B-3000 Leuven
 Belgium
 TVA: BE 0454.276.239
www.daidalospeutz.be



N° 451-TEST
 NBN EN ISO 17025:2017
 EA MLA signatory

NOISE LAB
RAPPORT D'ESSAIS N° A-2020LAB-011-08-44028_F

ANNEXE 2: description détaillée des éléments d'essai par le fabricant

Cette description est obtenue auprès du fabricant et est vérifiée, autant que possible, par le laboratoire.
 L'équivalence entre l'élément d'essai et le produit commercialisé est de la responsabilité unique de la société.

SlimPanel carré 1200x1200mm, avec plenum de 30 mm

SlimPanel - Feutre au fibre de polyester recyclée (PET)
 Epaisseur : 9mm
 Masse surfacique : 1900 g/m²

Square panel of 1200 x 1200 mm, avec air plenum de 30mm
 Dans ce test, un objet = 1 élément de panneau de 1200x1200mm, avec un espace d'air de 30mm
 Les bords latéraux étaient ouverts

Les spécifications des produits sont basées sur la déclaration du client



Daidalos Peutz bouwfysisch ingenieursbureau
Vital Decosterstraat 67A – bus 1
B-3000 Leuven
Belgium
TVA: BE 0454.276.239
www.daidalospeutz.be



daidalos peutz
laboratoire d'acoustique



N° 451-TEST
NBN EN ISO 17025:2017
EA MLA signatory

NOISE LAB
RAPPORT D'ESSAIS N° A-2020LAB-011-08-44028_F

ANNEXE 3: Les fiches techniques du produit testé

Cette description est obtenue auprès du fabricant et est vérifiée, autant que possible, par le laboratoire.
L'équivalence entre l'élément d'essai et le produit commercialisé est de la responsabilité unique de la société.

Veuillez demander au fournisseur

Vital Decosterstraat 67A – bus 1
 B-3000 Leuven
 Belgium
 TVA: BE 0454.276.239
www.daidalospeutz.be



NOISE LAB
 RAPPORT D'ESSAIS N° A-2020LAB-011-08-44028_F

ANNEXE 4: photos et détails

Description de montage - ou dessin - ou photos

Quatre éléments carrés ont été testés comme des objets individuels, disposés au hasard dans la salle de réverbération, conformément à la norme EN ISO 354
 Dans ce test, un objet = 1 élément de panneau de 1200x1200mm, avec un espace d'air de 30mm

Pour la mesure, 4 éléments ont été disposés au hasard sur le sol dans la salle de réverbération
 Les produits sont installés pour le test en laboratoire de la même manière qu'ils sont généralement installés dans la pratique : couchés sur une structure de support, d'une hauteur de 30 mm, au-dessus du sol de la salle de réverbération.
 Les bords latéraux étaient ouverts

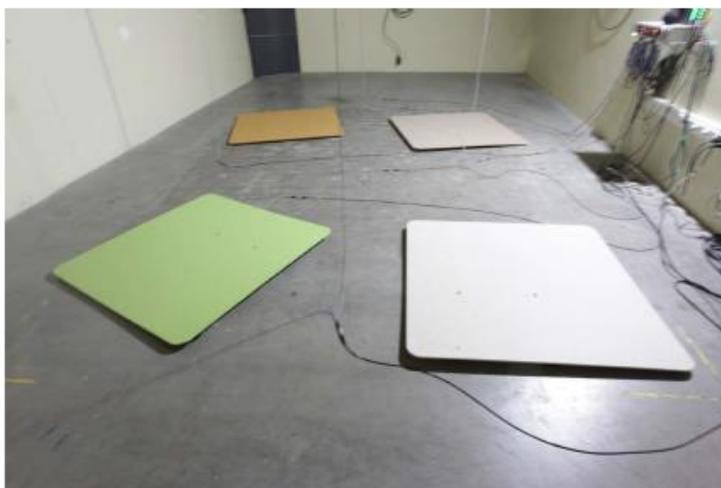


photo : arrangement d'essai avec 4 objets sur configuration 1

Daidalos Peutz bouwfysisch ingenieursbureau
 Vital Decosterstraat 67A – bus 1
 B-3000 Leuven
 Belgium
 TVA: BE 0454.276.239
www.daidalospeutz.be

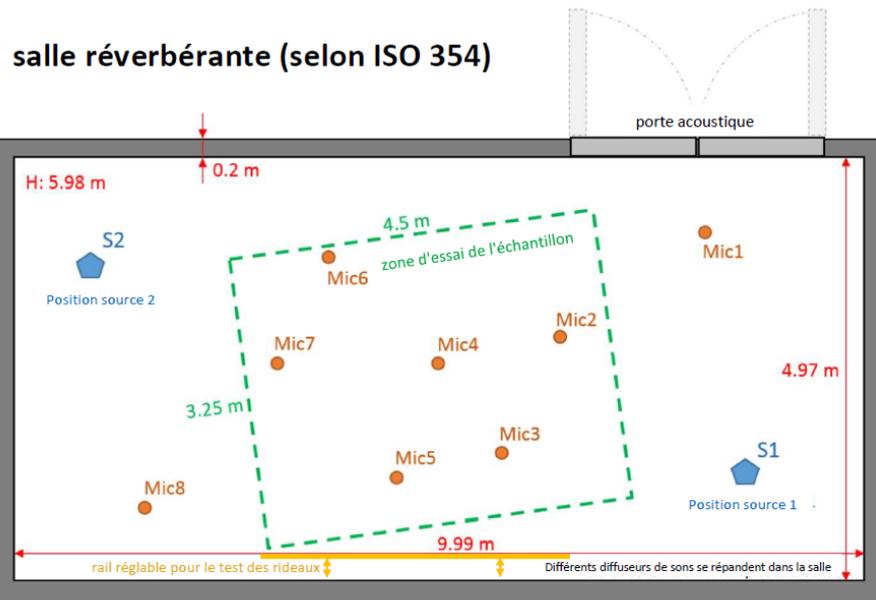


N° 451-TEST
 NBN EN ISO 17025:2017
 EA MLA signatory

NOISE LAB
RAPPORT D'ESSAIS N° A-2020LAB-011-08-44028_F

ANNEXE 5: PLAN DU POSTE D'ESSAIS

La chambre de mesure est construit et terminé aux lignes directrices de la norme ISO 354.



NOISE LAB
RAPPORT D'ESSAIS N° A-2020LAB-106-1-44140_F

Demandeur: Texdecor
 Rue d'Hem, 2
 59780 Willems
 France

Personnes contactées: Demandeur: Julie Truquet
 Noise lab : Els Meulemans

Essais effectués : Mesurage de l'absorption acoustique en salle réverbérante

Nom du produit: SlimPanel 9mm - panneaux acoustiques - vide d'air 30mm

Références :
NBN EN ISO 354:2003 Acoustique - Mesurage de l'absorption acoustique en salle réverbérante (ISO 354:2003)

NBN EN ISO 11654:1997 Acoustique - Absorbants pour l'utilisation dans les bâtiments -
 Evaluation de l'absorption acoustique

NBN ISO 9613-1:1996 Acoustique -- Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre
 Partie 1: Calcul de l'absorption atmosphérique

ISO 12999-2:2020 Acoustique - Détermination et application des incertitudes de mesure dans l'acoustique des bâtiments -
 Partie 2: Absorption acoustique

Pour les mesures dans ce rapport, le laboratoire de Daidalos Peutz est accrédité par BELAC, "l'organisme Belge d'accréditation", sous le numéro de certificat N° 451-TEST. Les activités reprises sous ce certificat d'accrédité sont couvertes par EA MLA. BELAC est signataire de tous les agréments et accords de reconnaissance conclus dans le cadre de l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). Ainsi, les rapports émis par les organismes accrédités sous le couvert de BELAC jouissent d'une reconnaissance internationale.

Date et référence de la demande:	7/10/2020	2020LAB-106
Date de réception de(des) échantillon(s):	5/11/2020	1
Date de construction:	5/11/2020	
Date de l'essai:	5/11/2020	
Date de préparation du rapport:	16/12/2020	

Ce rapport contient 9 pages Il ne peut être reproduit que dans son ensemble.

Le responsable Technique



Paul Mees

L'ingénieur de laboratoire



Els Meulemans

Daidalos Peutz bouwfysisch ingenieursbureau
 Vital Decosterstraat 67A – bus 1
 B-3000 Leuven
 Belgium
 TVA: BE 0454.276.239
www.daidalospeutz.be



N° 451-TEST
 NBN EN ISO 17025:2017
 EA MLA signatory

NOISE LAB
RAPPORT D'ESSAIS N° A-2020LAB-106-1-44140_F

APPAREILLAGE DE MESURE

Signal

Brüel & Kjaer - 4292 : source de bruit omnidirectionnelle

Microphones

Brüel & Kjaer - 4189-L-001 : un microphone 1/2" avec un préamplificateur
 Brüel & Kjaer - 4189 : un microphone 1/2", 6Hz to 20kHz
 Brüel & Kjaer - 2669 : un préamplificateur pour microphone 1/2"
 Brüel & Kjaer - 4231 : un calibrateur 94&114dB SPL-1000Hz, IEC 60942(2003)Class1

Nombre de postes source:	2	(Distance entre la position de microphone d'au moins 3m.
Nombre de positions de microphone:	8	Distance entre la position de la source d'au moins 1,5m.
Nombre de courbes de décroissance évalué:	3	Positions de microphone au moins 2 mètres de la source.
Nombre total de mesures avec différentes positions pour le microphone et la source:	16	Positions de microphone d'au moins 1 m tous les parois réfléchissantes et l'objet du test.)

Signal

Brüel & Kjaer - 2716C : amplificateur
 Brüel & Kjaer - 3050-A-6/0: générateur de signaux, 6-ch. Inputmodule LAN-XI
 Brüel & Kjaer - 3160-A-042: générateur de signaux, 4/2-ch. Input/output module LAN-XI
 Brüel & Kjaer : PULSE Labshop Version 13.5
 Un ordinateur avec les logiciels propriétaires

La salle réverbérante

Dimensions :	Volume total :	298,31 m ³
	Longueur :	9,99 m
	Largeur :	4,97 m
	Hauteur :	5,98 m
	Volume niche de la porte :	1,32 m ³
	Superficie totale:	278 m ²
	$I_{max} = 12,65 \text{ m} < 1,9 \sqrt{V}$	

Diffuseurs ont été présents dans la salle

La superficie maximale autorisée de l'échantillon en fonction du volume = 15,62 m²

Daidalos Peutz bouwfysisch ingenieursbureau
 Vital Decosterstraat 67A – bus 1
 B-3000 Leuven
 Belgium
 TVA: BE 0454.276.239
www.daidalospeutz.be



N° 451-TEST
 NBN EN ISO 17025:2017
 EA MLA signatory

NOISE LAB
RAPPORT D'ESSAIS N° A-2020LAB-106-1-44140_F

METHODE DE MESURE

L'indice d'absorption acoustique est déterminé selon la norme EN ISO 354:2003. Une description détaillée de la méthode de mesure se retrouve dans cette norme.

Ci-dessous une description simplifiée de la méthode de mesure :

A l'aide de mesures de réverbération, le temps de réverbération en salle réverbérante est déterminé selon deux situations :

- Une salle réverbérante vide
- Une salle réverbérante avec le matériel d'essai à examiner, lequel est installé selon les prescriptions de la norme et selon un montage qui correspond au mieux à la situation réelle.

Le fait d'introduire le matériel à analyser, le temps de réverbération dans la salle réverbérante sera en général plus court. La diminution du temps de résonance est une mesure pour la quantité d'absorption introduite.

Sur base des mesures de réverbération de la salle réverbérante vide, la surface d'absorption acoustique équivalente (A₁) (par bande de fréquence), présente dans la salle réverbérante vide, est calculée selon la comparaison reprise ci-dessous (1) et exprimée en m².

$$A_1 = 55,3 V / (c_1 T_1) - 4V m_1 \quad [m^2] \quad (1)$$

De façon analogue, la surface d'absorption acoustique équivalente (A₂), après l'apport du matériel d'essai à analyser, est calculée selon la comparaison reprise ci-dessous (2) et exprimée en m².

$$A_2 = 55,3 V / (c_2 T_2) - 4V m_2 \quad [m^2] \quad (2)$$

La surface d'absorption acoustique équivalente (A_T) de l'échantillon analysé, est calculée selon la comparaison (3) et exprimée en m².

$$A_T = A_2 - A_1 = 55,3 V (1/c_2 T_2 - 1/c_1 T_1) - 4V(m_2 - m_1) \quad [m^2] \quad (3)$$

Selon la norme, l'indice d'absorption par tiers d'octave déterminé, selon Sabine, est alors obtenu par comparaison (4) :

$$\alpha_s = A_T / S \quad (4)$$

- Avec:
- A₂, A₁ = la surface d'absorption (acoustique) équivalente de, respectivement, la salle réverbérante vide et avec l'objet de l'essai en m².
 - V = le volume de la salle réverbérante en m³
 - c₁, c₂ = la vitesse du son dans l'air en m/s, calculée respectivement, dans la salle réverbérante vide et ensuite après la mise en place de l'objet de l'essai, exprimée et calculée selon : (en fonction de la température ambiante)
 $c = 331 + 0,6 t$ avec $t =$ température en °C : cette comparaison est valable lorsque la température se situe entre 15 et 30°C
 - T₁, T₂ = les durées de réverbération, respectivement, dans la salle réverbérante vide et après mise en place de l'objet de l'essai en [s]
 - m₁, m₂ = le coefficient d'absorption par l'air, par mètre réciproque, calculé selon ISO 9613-1:1993
 - A_T = la surface d'absorption (acoustique) équivalente de l'objet de l'essai en m²
 - S = la surface de l'objet de l'essai en m²
 - α_s = le coefficient d'absorption de l'objet de l'essai en Sabine

CONDITIONS À MESURE UNIQUE

-
-
-
-
-

n/a

Daidalos Peutz bouwfysisch ingenieursbureau
 Vital Decosterstraat 67A – bus 1
 B-3000 Leuven
 Belgium
 TVA: BE 0454.276.239
www.daidalospeutz.be



daidalos peutz
 laboratoire d'acoustique



NBN EN ISO 17025:2017
 EA MLA signatory

NOISE LAB
RAPPORT D'ESSAIS N° A-2020LAB-106-1-44140_F

INDICATIONS DES VALEURS UNIQUES

α_p LE COEFFICIENT PRATIQUE D'ABSORPTION ACOUSTIQUE

Les calculs et mesures sont réalisés selon les normes, par bandes tiers d'octave, avec une largeur de bande de 100 Hz à 5000 Hz. Là où c'est applicable, on calcule les valeurs de bandes d'octave au départ des mesures par bandes tiers d'octave. Les résultats des bandes d'octaves proviennent de la moyenne arithmétique des résultats des bandes tiers d'octave. Le calcul se fait jusqu'à 2 chiffres après la virgule, selon un accord particulier sur l'arrondi, repris dans la norme EN ISO 11654:1997.

α_w INDICATEUR A VALEUR UNIQUE (INDICE D'ABSORPTION ACOUSTIQUE PESE)

L'indicateur à valeur unique est déterminé selon EN 11654:1997. Le calcul s'appuie sur les coefficients d'absorption pratiques. Cette méthode de calcul se retrouve sous cette norme.

LES INDICATEURS DE FORME L,M,H

A chaque fois qu'un indicateur d'absorption acoustique pratique dépasse le courbe de référence de 0,25, il y a lieu d'ajouter un ou plusieurs indicateurs de forme (L,M,H) à l'indice d'absorption acoustique pesé.

- lors d'un dépassement de 250 Hz, il y a lieu d'ajouter l'indicateur de forme L.
- lors d'un dépassement de 500 Hz ou de 1000 Hz, il y a lieu d'ajouter l'indicateur de forme M
- lors d'un dépassement de 2000 Hz ou de 4000 Hz, il y a lieu d'ajouter l'indicateur de forme H

NRC NOISE REDUCTION COEFFICIENT

Le coefficient de réduction de bruit (NRC) est déterminé dans un test de laboratoire et fournit une valeur unique pour l'absorption acoustique. La valeur est comprise entre 0 (réflexion totale) et 1,00 (l'absorption totale). Il s'agit d'une moyenne mathématique du coefficient d'absorption acoustique mesuré aux fréquences de 250, 500, 1000 et 2000 Hz, arrondi au plus proche de 5%.

SAA SOUND ABSORPTION AVERAGE

Le NRC est remplacé par le SAA, qui est décrit dans le courant ASTM C423-09a. Le SAA est une valeur unique pour l'absorption acoustique des matériaux, similaire au NRC, à l'exception que les valeurs d'absorption acoustique utilisées dans la moyenne sont prises au douze bandes de tiers d'octave de 200 Hz à 2500 Hz, inclusivement, et l'arrondissement est au plus proche multiple de 0,01.

Les résultats NRC et SAA se situent en dehors de l'accréditation.

Les valeurs d'absorption (acoustique) communiquées ne peuvent pas être considérées comme des constantes du matériau, car l'absorption (acoustique) ne dépend pas uniquement du matériau lui-même. La façon de le monter, la superficie du matériau et l'emplacement dans la salle influencent l'absorption acoustique.

PRECISION DE MESURE

La précision des coefficients d'absorption acoustique calculés peut être exprimée numériquement en termes de répétabilité (dans un laboratoire) et en termes de reproductibilité (entre plusieurs laboratoires)

L'incertitude élargie dans les conditions de reproductibilité, U, a été calculée selon la norme ISO 12999-2 pour un intervalle de confiance de 95%, pour un facteur d'élargissement k=2

$$U = u \cdot k$$

met u = l'incertitude dans les conditions de reproductibilité
 k = facteur d'élargissement (k=2 pour un intervalle de confiance de 95%)
 U = l'incertitude élargie dans les conditions de reproductibilité

Cette norme ISO 12999-2 fournit le calcul pour :

- l'incertitude de mesure du coefficient d'absorption et de la surface d'absorption acoustique d'équivalence mesurée selon la norme ISO 354
- l'incertitude de mesure des coefficients d'absorption acoustique pratiques et pondérés déterminés selon la norme ISO 11654

Les chiffres indiqués proviennent de mesures interlaboratoires effectuées avec différents types d'échantillons, notamment des plafonds suspendus, de la laine minérale et des mousses.

Daidalos Peutz bouwfysisch ingenieursbureau
 Vital Decosterstraat 67A – bus 1
 B-3000 Leuven
 Belgium
 TVA: BE 0454.276.239
www.daidalospeutz.be



N° 451-TEST
 NBN EN ISO 17025:2017
 EA MLA signatory

NOISE LAB
RAPPORT D'ESSAIS N° A-2020LAB-106-1-44140_F

α_s

COEFFICIENT D'ABSORPTION ACOUSTIQUE

EN ISO 354:2003 Acoustique - Mesurage de l'absorption acoustique en salle réverbérante (ISO 354:2003)
 EN ISO 11654:1997 Acoustique - Absorbants pour l'utilisation dans les bâtiments - Évaluation de l'absorption acoustique
 ISO 12999-2:2020 Acoustique - Détermination et application des incertitudes de mesure dans l'acoustique des bâtiments - Partie 2: Absorption acoustique

N° de l'élément d'essai : 1 **Date:** 5/11/2020

Salle de réverbération: V = 298,3 m³ S_{tot} = 279,9 m²

Conditions pendant les mesures: la salle réverbérante vide avec du matériel d'essai

Température : T = 17,5 °C

Pression atmosphérique : p = 103,6 103,7 kPa

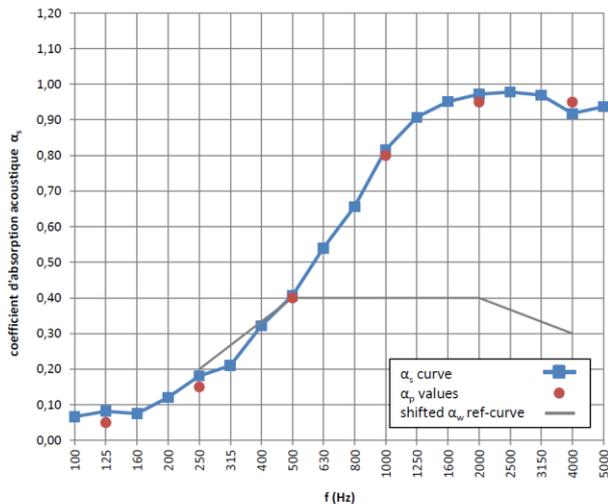
Humidité atmosphérique : h_r = 64 58,3 %

Type d'élément de test: Absorbateur de surface plane

Caractéristiques de construction :

- * en utilisant plan absorbteur: Surface de l'échantillon : 12,40 m²
- Epaisseur totale (mm) : 39 mm
- Nombre de couches, vide d'air inclus : 2
- Connection des couches : 0

f(Hz)	T1 (s)	T2 (s)	α_s	$\pm U$ (k=2)
50				
63				
80				
100	12,44	10,23	0,07	$\pm 0,06$
125	10,03	8,27	0,08	$\pm 0,06$
160	9,81	8,23	0,08	$\pm 0,05$
200	9,66	7,41	0,12	$\pm 0,06$
250	10,27	6,93	0,18	$\pm 0,06$
315	10,18	6,55	0,21	$\pm 0,06$
400	9,36	5,26	0,32	$\pm 0,07$
500	9,13	4,66	0,41	$\pm 0,07$
630	9,81	4,14	0,54	$\pm 0,08$
800	9,74	3,68	0,66	$\pm 0,08$
1000	9,69	3,19	0,82	$\pm 0,10$
1250	8,91	2,88	0,91	$\pm 0,10$
1600	7,87	2,68	0,95	$\pm 0,10$
2000	6,86	2,51	0,97	$\pm 0,10$
2500	5,75	2,33	0,98	$\pm 0,09$
3150	4,71	2,13	0,97	$\pm 0,09$
4000	3,81	1,96	0,92	$\pm 0,09$
5000	2,98	1,68	0,94	$\pm 0,08$



f(Hz)	α_p	$\pm U$ (k=2)
125	0,05	
250	0,15	$\pm 0,05$
500	0,40	$\pm 0,08$
1000	0,80	$\pm 0,08$
2000	0,95	$\pm 0,08$
4000	0,95	$\pm 0,10$

$\alpha_{0,40} = 0,40$ (MH)* $\pm 0,07$ (k=2)
 Geluidsabsorptieklasse: D

NRC = 0,6 **
 SAA = 0,59 **

Demandeur: Texdecor, Rue d'Hem, 2,59780 Willems
ELEMENT D'ESSAI: (description sommaire par l'entreprise, détails: voir annexe 2)
 SlimPanel 9mm - panneaux acoustiques - vide d'air 30mm

* Il est recommandé d'utiliser cette seule note de valeur en combinaison avec la courbe complète de l'absorption acoustique.
 ** Ces résultats se situent en dehors de l'accréditation

Daidalos Peutz bouwfysisch ingenieursbureau
Vital Decosterstraat 67A – bus 1
B-3000 Leuven
Belgium
TVA: BE 0454.276.239
www.daidalospeutz.be



daidalos peutz
laboratoire d'acoustique



N° 451-TEST
NBN EN ISO 17025:2017
EA MLA signatory

NOISE LAB
RAPPORT D'ESSAIS N° A-2020LAB-106-1-44140_F

ANNEXE 1: description détaillée des éléments d'essai par le fabricant

Cette description est obtenue auprès du fabricant et est vérifiée, autant que possible, par le laboratoire.
L'équivalence entre l'élément d'essai et le produit commercialisé est de la responsabilité unique de la société.

SlimPanel 9mm - panneaux acoustiques - vide d'air 30mm

SlimPanel - feutre en fibres de polyester recyclées (PET)

Épaisseur : 9mm

Masse par unité de surface : 1900 g/m²

Panneaux acoustiques de 1200 x 900 mm en SlimPanel 9mm

La hauteur totale de spécimen d'essai était de 39 mm

Daidalos Peutz bouwfysisch ingenieursbureau
Vital Decosterstraat 67A – bus 1
B-3000 Leuven
Belgium
TVA: BE 0454.276.239
www.daidalospeutz.be



N° 451-TEST
NBN EN ISO 17025:2017
EA MLA signatory

NOISE LAB
RAPPORT D'ESSAIS N° A-2020LAB-106-1-44140_F

ANNEXE 2: Les fiches techniques du produit testé

Cette description est obtenue auprès du fabricant et est vérifiée, autant que possible, par le laboratoire.
L'équivalence entre l'élément d'essai et le produit commercialisé est de la responsabilité unique de la société.

Veillez demander au fournisseur

Daidalos Peutz bouwfysisch ingenieursbureau
 Vital Decosterstraat 67A – bus 1
 B-3000 Leuven
 Belgium
 TVA: BE 0454.276.239
www.daidalospeutz.be



daidalos peutz
 laboratoire d'acoustique



N° 451-TEST
 NBN EN ISO 17025:2017
 EA MLA signatory

NOISE LAB
RAPPORT D'ESSAIS N° A-2020LAB-106-1-44140_F

ANNEXE 3: photos et détails

Description de montage - ou dessin - ou photos

L'échantillon d'essai est monté avec un espace aérien derrière lui, conform à un montage de type E de la norme ISO 354.
 Les bords n'étaient pas parallèles au bord le plus proche de la salle de réverbération.
 Une armature métallique d'une hauteur de 30mm a été placée en vrac sur la sol de la salle de réverbération.
 Les panneaux acoustiques SlimPanel de 9mm ont été posés librement sur le cadre, les uns contre les autres.
 Le dispositif de montage (le cadre métallique) enferme l'espace d'air derrière l'échantillon.
 Les joints entre le cadre métallique et la surface de l'échantillon ont été scellés avec un ruban adhésif pour empêcher les fuites d'air entre la vide d'air et l'extérieur.
 Le cadre métallique couvre le périmètre des bords de l'échantillon d'essai. Les joints entre le cadre et la sol de la salle et entre le cadre et l'échantillon d'essai ont été scellés avec un ruban adhésif.
 La hauteur totale de construction d'essai était de 39mm.



photo : le cadre métallique avec une hauteur de 20 mm

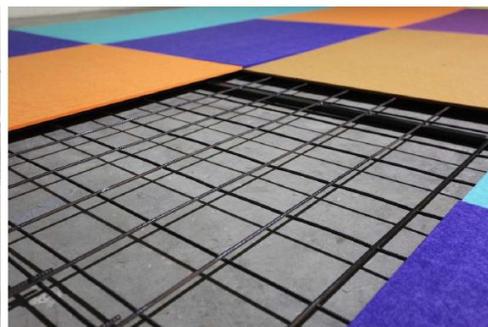


photo : détail du SlimPanel de 9mm sur le cadre métallique avec une espace d'air de 20mm

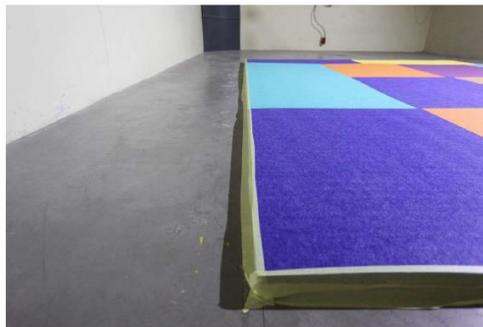


photo : détail du périmètre du spécimen d'essai

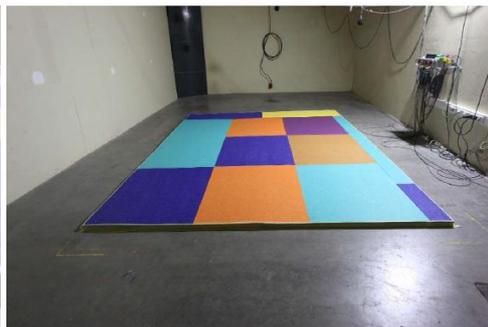


photo : dispositif d'essai SlimPanel 9mm avec une espace d'air de 2

Daidalos Peutz bouwfysisch ingenieursbureau
 Vital Decosterstraat 67A – bus 1
 B-3000 Leuven
 Belgium
 TVA: BE 0454.276.239
www.daidalospeutz.be

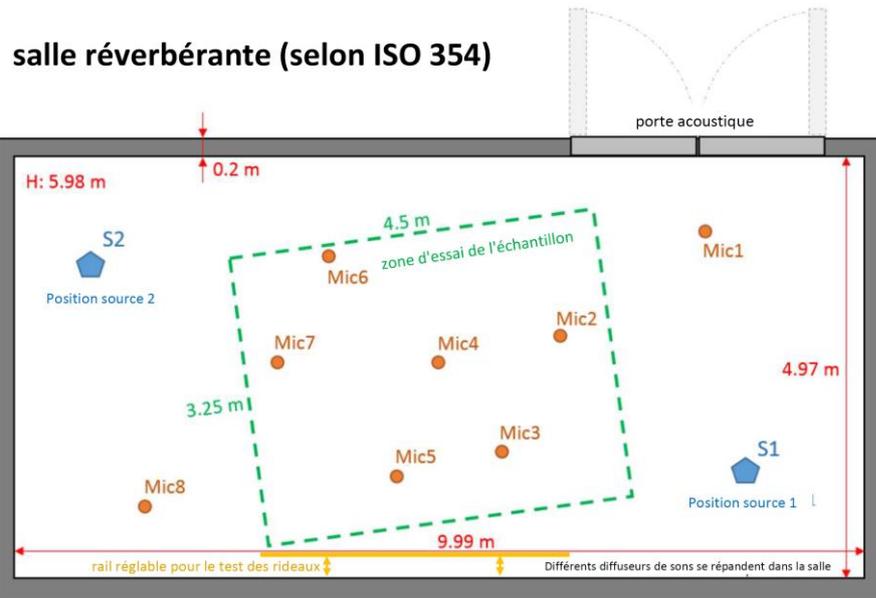


N° 451-TEST
 NBN EN ISO 17025:2017
 EA MLA signatory

NOISE LAB
RAPPORT D'ESSAIS N° A-2020LAB-106-1-44140_F

ANNEXE 4: PLAN DU POSTE D'ESSAIS

La chambre de mesure est construit et terminé aux lignes directrices de la norme ISO 354.



B. Anexo – Procedimento Instrução e Ensaio

Procedimento de Instrução de Ensaio			
Versão 08	PIE-Enga.03.4		
Fevereiro 2020	Tempo de Reverberação em Salas		

1. Objectivo

Descrever os métodos e procedimentos do ensaio, assim como a metodologia de análise dos resultados para as medições *in situ* do tempo de reverberação.

3. Definições

- **Curva de decaimento:** gráfico representativo do decaimento do nível de intensidade sonora num compartimento em função do tempo depois da fonte sonora ter parado.
- **Método do som interrompido:** método de obtenção das curvas de decaimento do nível de pressão sonora depois de excitar um compartimento com uma banda extensa ou com bandas limites de ruído.
- **Tempo de reverberação:** Tempo, expresso em segundos, necessário para que o nível de pressão sonora decalca 60 dB, que é dado pela linha de regressão e da curva de medição entre os 5 dB e os 35 dB, deve de ser chamado de T30. Usando o intervalo entre 5 e 25 dB, o resultado deve de ser chamado de T20 e similar a outros intervalos de medição.
- **T20:** é o resultado da multiplicação x3 do tempo, expresso em segundos, necessário para que o nível de pressão sonora diminua 20 dB.
- **T:** é o tempo de reverberação no compartimento a ensaiar.

2. Campo de aplicação

O presente procedimento aplica-se aos ensaios *in situ* realizados para a obtenção do tempo de reverberação.

4. Referências

- PTM-Enga.03.4-Tempo de Reverberação em Salas.
- Procedimento n.º 4.3.1-Análise de consultas, Propostas e Contratos.
- PTM-Enga.5.8-1-Manuseamento dos Itens a Ensaiar.
- Mod. 8-Proposta-Orçamento.
- Mod. 15-Folha de consulta de cliente.
- Mod. P03-Medições de Isolamento acústico.
- DL 9/2007 de 17 de Janeiro.
- DL 129/2002 de 11 de Maio - Aprova o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios.
- DL 96/2008 de 9 de Junho -procede a primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 129/2002, de 11 de Maio, que aprova o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, RRAE.

5. Modo de proceder

Actividade	Descrição
1. Procedimentos Preliminares	
1.1 Dia anterior ao ensaio:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ O DT entrega ao OP o <i>Mod. 15-Folha de consulta de cliente</i> e o <i>Mod. 8-Proposta-Orçamento</i>, de acordo com o <i>Procedimento n.º 4.3.1-Análise de consultas, Propostas e Contratos</i>, para este realizar o ensaio na data e hora acordado com o cliente; ✓ O OP elabora e discute com o DT a listagem das medições a efectuar para a edificação em causa, <i>Mod. P03-Medições de Isolamento acústico</i>. Em caso de dúvidas o OP deve ler a presente instrução de ensaio e o <i>PTM-Enga.03.4-Tempo de Reverberação de Salas</i>, e consultar o <i>Dec.-Lei 9/2007</i>, assim como as normas aplicáveis, caso contínuem, deve consultar o DT; ✓ Na véspera da data combinada, o OP contacta o cliente para confirmar a possibilidade de realização, da hora e do local do ensaio, de acordo com o <i>PTM-Enga.5.8-1-Manuseamento dos Itens a Ensaiar</i>; ✓ Confirmada a realização, o OP prepara a documentação e equipamento a transportar e verifica a conformidade do material. <p><i>Nota para OP: em caso de dúvida contactar o DT.</i></p>
1.2 Dia do ensaio:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Completar os dados do <i>Mod. 15-Folha de consulta de cliente</i> e caso não tenha sido possível o envio do <i>Mod. 8-Proposta-Orçamento</i> ou o seu preenchimento em como confirmou a adjudicação do trabalho, o cliente deve lê-lo e assina-lo após concordar com as condições de adjudicação; ✓ O operador do laboratório analisa a lista das medições que tem que efectuar, verificando, se o que esta especificado é igual ás condições no terreno. Para tal, deve fazer uma “pequena visita” pela edificação e verificar se as condições estabelecidas na listagem das medições são iguais às da edificação em causa; <p><i>Nota: Caso existam dúvidas deve consultar o DT;</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Registar todos os dados que se considerem importantes para a elaboração do relatório do ensaio acústico no <i>Mod. P03-Medições de Isolamento acústico</i>; ✓ Descarregar o material de acordo com as boas práticas de utilização.
2. Montagem do material	
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ O material deve ser montado pela seguinte ordem: <ul style="list-style-type: none"> o Montar a fonte sonora (abrir o tripé e colocar a fonte sonora em cima); o Ligar o amplificador e o kit de transmissão aos cabos de alimentação (electricidade, o cabo da fonte sonora ao amplificador e á fonte sonora); o Ligar o cabo do kit de transmissão ao amplificador;

Elaborado por:

Aprovado por:

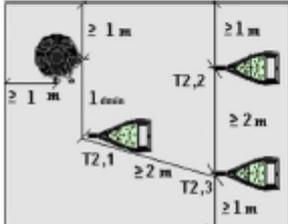
Página 1 de 6

Procedimento de Instrução de Ensaio																																									
Versão 08	PIE-Enga.03.4																																								
Fevereiro 2020	Tempo de Reverberação em Salas																																								
 																																									
Actividade	Descrição																																								
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Montar o sonómetro, (abrir o tripé, colocar na altura correcta, colocar o encaixe para o sonómetro e o sonómetro); ○ No sonómetro colocar o microfone e ligar o kit de transmissão emissor, pelo respectivo cabo. 																																								
2.1 Precauções	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Antes de iniciar a medição verificar se existem ruídos exteriores que produzam níveis sonoros que possam perturbar a medição. Iniciar a medição quando os ruídos exteriores forem diminutos; 																																								
3. Configuração do equipamento EME	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ligar o sonómetro; ✓ Verificar a exactidão do sonómetro com o respectivo calibrador; ✓ Carregar o software do programa para acústica de edifícios BZ 7204; ✓ Criar a pasta que identifica o relatório; ✓ Ir buscar a configuração por defeito à memória interna do sonómetro; ✓ Guardar as medições na pasta criada, definir o Job, partição. <p><i>Nota para OP: caso o sonómetro não apresente valores compreendidos entre last $\pm 0,3$ dB e Initial $\pm 0,7$ dB, contactar o DT.</i></p>																																								
4 Realização do ensaio																																									
4.1 Colocação da fonte	<ul style="list-style-type: none"> ✓ A fonte sonora é colocada de acordo com o <i>PTM-Enga.03.4-Tempo de Reverberação em Salas</i>. ✓ 1 m entre a distância entre os limites do compartimento e o centro geométrico da fonte sonora, podendo ser descuradas pequenas irregularidades dos limites do compartimento. ✓ A distância entre o centro geométrico da fonte sonora e o microfone não é inferior a, tal como quadro tipo: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Área (m²)</th> <th>Volume (m³)</th> <th>d_{min} (m)</th> <th>T(esperado) (s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>15</td><td>45</td><td>1,00</td><td>0,53</td></tr> <tr><td>25</td><td>75</td><td>1,18</td><td>0,63</td></tr> <tr><td>50</td><td>150</td><td>1,49</td><td>0,80</td></tr> <tr><td>75</td><td>225</td><td>1,70</td><td>0,91</td></tr> <tr><td>100</td><td>300</td><td>1,87</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>125</td><td>375</td><td>2,02</td><td>1,08</td></tr> <tr><td>150</td><td>450</td><td>2,15</td><td>1,15</td></tr> <tr><td>200</td><td>600</td><td>2,36</td><td>1,27</td></tr> <tr><td>250</td><td>750</td><td>2,54</td><td>1,36</td></tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Colocar fonte sonora num dos cantos do compartimento de ensaio; ✓ Liga-se a fonte para comprovar a ligação da fonte com o amplificador; ✓ Verificar o job, partição e função T; ✓ São necessárias 2 posições da fonte sonora para a realização do ensaio. <p>Nota: Antes de qualquer medição (ensaio), deverá ser realizado uma pré-análise do ruído de fundo, colocando o amplificador de potência a 45 dB acima do ruído de fundo.</p>	Área (m ²)	Volume (m ³)	d _{min} (m)	T(esperado) (s)	15	45	1,00	0,53	25	75	1,18	0,63	50	150	1,49	0,80	75	225	1,70	0,91	100	300	1,87	1,00	125	375	2,02	1,08	150	450	2,15	1,15	200	600	2,36	1,27	250	750	2,54	1,36
Área (m ²)	Volume (m ³)	d _{min} (m)	T(esperado) (s)																																						
15	45	1,00	0,53																																						
25	75	1,18	0,63																																						
50	150	1,49	0,80																																						
75	225	1,70	0,91																																						
100	300	1,87	1,00																																						
125	375	2,02	1,08																																						
150	450	2,15	1,15																																						
200	600	2,36	1,27																																						
250	750	2,54	1,36																																						
4.2 Colocação do sonómetro	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Colocar o sonómetro no compartimento de ensaio na primeira posição, tendo em conta as distâncias descritas no <i>PTM-Enga.03.4-Tempo de Reverberação em Salas</i>: ✓ 2 m entre posições do sonómetro, evitando-se posições simétricas; ✓ 1 m entre o sonómetro e os limites do compartimento ou de elementos difusores, tais como paredes e pavimentos, podendo ser descuradas pequenas irregularidades dos limites do compartimento. ✓ A posição do sonómetro e os limites do compartimento ou dos elementos difusores devem de respeitar as distâncias mínimas descritas no ponto 4.2 do <i>PTM-Enga.03.4-Tempo de Reverberação em Salas</i>. <p>Nota:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Sempre que possível, usar distâncias maiores que as indicadas; 																																								

Elaborado por:

Aprovado por:

Página 2 de 6

Procedimento de Instrução de Ensaio			
Versão 08	PIE-Enga.03.4		
Fevereiro 2020	Tempo de Reverberação em Salas		
Actividade	Descrição		
	<ul style="list-style-type: none"> o As distâncias de segurança são respeitadas para todas as posições de T; o Verificar figuras seguintes; o Em compartimentos muito pequenos, onde não se possa verificar estas distâncias indicadas, é necessário a colocação de uma barreira entre a fonte e o microfone; <ul style="list-style-type: none"> ✓ Configurar, no sonómetro, o tempo de recolha de dados para 6 segundos; ✓ São necessárias 6 posições do sonómetro para a realização do ensaio. 		
4.3 Obtenção do T	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Medir o T de acordo com o PTM-Enga.03.4-Tempo de Reverberação em Salas; ✓ Colocar a fonte sonora no compartimento de ensaio assim como o sonómetro na primeira posição de ensaio; ✓ Realizar no mínimo 12 medições, correspondentes a 6 posições de sonómetro com 2 leituras de decaimento em cada posição, no compartimento de ensaio, T20. ✓ De modo a verificar o cumprimento do C, serão realizadas posições adicionais do sonómetro. <div style="text-align: center;">  </div> <p>Figura 1 – Esquema das posições do sonómetro e da fonte sonora para a obtenção do tempo de reverberação no compartimento de ensaio.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ O número de posições do sonómetro deve de ser determinado com os requisitos de medição. <p><i>Nota 1:</i> não colocar o sonómetro a distâncias < 1 m da fonte. <i>Nota 2:</i> caso seja identificado algum erro pelo analisador, deverá consultar as resoluções apresentadas no ponto 6 – generalidades.</p>		
5. Critérios de Amostragem	<p>Os critérios gerais de amostragem para ensaios e medições acústicas, a utilizar na avaliação acústica dos edifícios, visando a verificação da sua conformidade com as disposições legais em vigor:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ São realizados os ensaios em todos os espaços/compartimentos fechados objecto de licenciamento, que tenham diferentes configurações geométricas e diferentes soluções de revestimento interior. <p><i>Nota 1</i> - As soluções construtivas a verificar devem ser definidas na fase de avaliação pelo laboratório de ensaio, ou pelo técnico que elabore o Parecer Técnico. Consultar o projecto de condicionamento acústico que poderá recomendar o plano de amostragem. <i>Nota 2</i> - Entende-se por diferente constituição a existência de diferentes materiais e/ou espessuras das soluções construtivas (ex. paredes simples de alvenaria com diferentes espessuras; revestimentos de piso diferentes), e por diferente composição a existência de diferentes geometrias, em termos de área, da solução construtiva (ex. paredes com áreas diferentes; fachadas com zonas translúcidas de diferentes áreas).</p>		
6. Generalidades	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nenhuma medição de overload é permitida em qualquer estado de medição. ✓ A medição do tempo de reverberação é efectuada com o compartimento desocupado, com a presença do OP, caso necessário é permitido estarem duas pessoas no máximo na sala a ensaiar. ✓ As medições podem ser requeridas para diferentes propósitos por isso o número de posições devem ser escolhidos de forma a caracterizar apropriadamente o compartimento. ✓ Para o ensaio é utilizada uma fonte sonora omnidireccional e o sinal na fonte é derivado da banda larga de emissão e ter um espectro contínuo. ✓ A fonte deve de ser capaz de produzir um nível de pressão sonora suficiente para produzir uma curva de decaimento com o intervalo mínimo requerido sem contaminação do ruído de fundo, com a curva começando pelo menos 35 dB acima do ruído na frequência correspondente. ✓ O sinal de excitação deve de ser suficientemente longo para produzir um nível de pressão sonora fixa em todas as bandas de frequências que depois é interrompido. Para 		

Elaborado por:

Aprovado por:

Página 3 de 6

Procedimento de Instrução de Ensaio		 
Versão 08	PIE-Enga.03.4	
Fevereiro 2020	Tempo de Reverberação em Salas	

Actividade	Descrição																																			
	obter um patamar de nível de pressão sonora fixa o tempo de excitação do compartimento deve de ser, no mínimo, metade do tempo de reverberação do compartimento esperado. ✓ Caso ocorra um dos seguintes erros deverá o operador proceder de acordo com as possibilidades apresentadas:																																			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Status Code</th> <th>Problema</th> <th>Resolução</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V</td> <td> Todos os dados se encontram fora da gama de medição do equipamento  </td> <td> a) - esperar que o ruído de fundo no local seja diminuto; b) - reduzir a potência sonora da fonte¹; c) - realizar o ensaio noutra dia devido ao ruído de fundo excessivo. </td> </tr> <tr> <td>N</td> <td> Não foi possível obter um canto do compartimento  </td> <td> a) - repetir o ensaio, com a fonte noutra canto do compartimento¹. </td> </tr> <tr> <td>t</td> <td> O tempo de reverberação (fim da regressão) está próximo do ruído de fundo  </td> <td> a) - esperar que o ruído de fundo no local seja diminuto; b) - reduzir a potência sonora da fonte¹; c) - distanciar o sonómetro da fonte; d) - realizar o ensaio noutra dia devido ao ruído de fundo excessivo. </td> </tr> <tr> <td>T</td> <td> Ruído andar abaixo do limite Y2  </td> <td> Ver a resolução apresentada para t </td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td> Duplo patamar no tempo de reverberação, influência do ruído de fundo  </td> <td> a) - esperar que o ruído de fundo no local seja diminuto; b) - reduzir a potência sonora da fonte¹; c) - distanciar o sonómetro da fonte; d) - realizar o ensaio noutra dia devido ao ruído de fundo excessivo. </td> </tr> <tr> <td>P</td> <td> Apenas foram considerados 2 pontos para a avaliação da regressão, ruído de fundo elevado  </td> <td> a) - esperar que o ruído de fundo no local seja diminuto; b) - reduzir a potência sonora da fonte¹; c) - realizar o ensaio noutra dia devido ao ruído de fundo excessivo. </td> </tr> <tr> <td>F</td> <td> Tempo de reverberação muito baixo, a curva de decaimento pode ter resultados não confiáveis  </td> <td> a) - esperar que o ruído de fundo no local seja diminuto; b) - reduzir a potência sonora da fonte¹; c) - realizar o ensaio noutra dia devido ao ruído de fundo excessivo. </td> </tr> <tr> <td>n</td> <td> Ruído de fundo muito próximo do fim da regressão  </td> <td> Repetir a medição </td> </tr> <tr> <td>p</td> <td> Apenas foram considerados 4 pontos para a avaliação da regressão. Ruído de fundo elevado  </td> <td> a) - aguardar que o ruído de fundo no local seja diminuto; b) - realizar mais pontos de medição; </td> </tr> </tbody> </table>			Status Code	Problema	Resolução				V	Todos os dados se encontram fora da gama de medição do equipamento 	a) - esperar que o ruído de fundo no local seja diminuto; b) - reduzir a potência sonora da fonte ¹ ; c) - realizar o ensaio noutra dia devido ao ruído de fundo excessivo.	N	Não foi possível obter um canto do compartimento 	a) - repetir o ensaio, com a fonte noutra canto do compartimento ¹ .	t	O tempo de reverberação (fim da regressão) está próximo do ruído de fundo 	a) - esperar que o ruído de fundo no local seja diminuto; b) - reduzir a potência sonora da fonte ¹ ; c) - distanciar o sonómetro da fonte; d) - realizar o ensaio noutra dia devido ao ruído de fundo excessivo.	T	Ruído andar abaixo do limite Y2 	Ver a resolução apresentada para t	Z	Duplo patamar no tempo de reverberação, influência do ruído de fundo 	a) - esperar que o ruído de fundo no local seja diminuto; b) - reduzir a potência sonora da fonte ¹ ; c) - distanciar o sonómetro da fonte; d) - realizar o ensaio noutra dia devido ao ruído de fundo excessivo.	P	Apenas foram considerados 2 pontos para a avaliação da regressão, ruído de fundo elevado 	a) - esperar que o ruído de fundo no local seja diminuto; b) - reduzir a potência sonora da fonte ¹ ; c) - realizar o ensaio noutra dia devido ao ruído de fundo excessivo.	F	Tempo de reverberação muito baixo, a curva de decaimento pode ter resultados não confiáveis 	a) - esperar que o ruído de fundo no local seja diminuto; b) - reduzir a potência sonora da fonte ¹ ; c) - realizar o ensaio noutra dia devido ao ruído de fundo excessivo.	n	Ruído de fundo muito próximo do fim da regressão 	Repetir a medição	p	Apenas foram considerados 4 pontos para a avaliação da regressão. Ruído de fundo elevado 	a) - aguardar que o ruído de fundo no local seja diminuto; b) - realizar mais pontos de medição;
Status Code	Problema	Resolução																																		
V	Todos os dados se encontram fora da gama de medição do equipamento 	a) - esperar que o ruído de fundo no local seja diminuto; b) - reduzir a potência sonora da fonte ¹ ; c) - realizar o ensaio noutra dia devido ao ruído de fundo excessivo.																																		
N	Não foi possível obter um canto do compartimento 	a) - repetir o ensaio, com a fonte noutra canto do compartimento ¹ .																																		
t	O tempo de reverberação (fim da regressão) está próximo do ruído de fundo 	a) - esperar que o ruído de fundo no local seja diminuto; b) - reduzir a potência sonora da fonte ¹ ; c) - distanciar o sonómetro da fonte; d) - realizar o ensaio noutra dia devido ao ruído de fundo excessivo.																																		
T	Ruído andar abaixo do limite Y2 	Ver a resolução apresentada para t																																		
Z	Duplo patamar no tempo de reverberação, influência do ruído de fundo 	a) - esperar que o ruído de fundo no local seja diminuto; b) - reduzir a potência sonora da fonte ¹ ; c) - distanciar o sonómetro da fonte; d) - realizar o ensaio noutra dia devido ao ruído de fundo excessivo.																																		
P	Apenas foram considerados 2 pontos para a avaliação da regressão, ruído de fundo elevado 	a) - esperar que o ruído de fundo no local seja diminuto; b) - reduzir a potência sonora da fonte ¹ ; c) - realizar o ensaio noutra dia devido ao ruído de fundo excessivo.																																		
F	Tempo de reverberação muito baixo, a curva de decaimento pode ter resultados não confiáveis 	a) - esperar que o ruído de fundo no local seja diminuto; b) - reduzir a potência sonora da fonte ¹ ; c) - realizar o ensaio noutra dia devido ao ruído de fundo excessivo.																																		
n	Ruído de fundo muito próximo do fim da regressão 	Repetir a medição																																		
p	Apenas foram considerados 4 pontos para a avaliação da regressão. Ruído de fundo elevado 	a) - aguardar que o ruído de fundo no local seja diminuto; b) - realizar mais pontos de medição;																																		

Elaborado por:

Aprovado por:

Procedimento de Instrução de Ensaio			
Versão 08	PIE-Enga.03.4		
Fevereiro 2020	Tempo de Reverberação em Salas		

Actividade	Descrição			
			fundo elevado	c) - realizar o ensaio noutra dia devido ao ruído de fundo excessivo.
k	Correction coefficient too small	Decay is non-linear Decaimento não é linear 	Coefficiente de correção baixo	Repetir a medição. Alterar a posição da fonte e/ou do microfone.
C	Copied data		Dados copiados entre projectos (L1, B2, T2)	Sem acção
E	Excluded data		Dados excluídos no sonómetro para cálculo do resultado final	Sem acção
%	T20,T30 difference >10%	Decay is bent Duplo decaimento 	A diferença entre T20 e T30 é superior a 10%. (qualidade recomendada indicador de ISO3382-2 do anexo B)	Repetir a medição
Y	Noise floor above Y2 limit	Background noise too high Ruído de fundo muito elevado 	Ruído andar acima do limite Y2	Ver a resolução apresentada para y
Y	Noise floor above Y1 limit	Background noise too high Ruído de fundo muito elevado 	Ruído de fundo acima dos limites estipulados na norma (diferença dos 10dB p.ex. para o ruído de fundo)	a) - esperar que o ruído de fundo no local seja diminuto; b) - reduzir a potência sonora da fonte ² ; c) - distanciar o sonómetro da fonte; d) - realizar o ensaio noutra dia devido ao ruído de fundo excessivo.
c	Affected by copied data		Dados copiados	Sem acção
<p>¹ A fonte é sempre colocada num canto, sendo que para a mesma potência sonora, obtemos maior pressão sonora na sala, logo maior excitação dos modos conseguindo excitar melhor a estrutura como também homogeneizar melhor a pressão sonora no espaço em estudo.</p> <p>² A potência sonora da fonte deverá ser reduzida não só devido à distorção mas também devido à excitação excessiva dos modos próprios da sala, logo existindo um decaimento imperfeito.</p> <p>Legenda:   Identificar o problema /Repetir a medição de acordo com a resolução espontada.</p>				
7. Finalização e recolha de dados	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fazer a medição da área e do volume do compartimento ensaiado e registar no Mod. P03-Medições de Isolamento acústico; ✓ Caso relevante, apontar as anotações que sejam importantes para a elaboração do relatório do ensaio acústico; ✓ Apontar e fazer um esboço no Mod. P03-Medições de Isolamento acústico do local do ensaio; ✓ Verificar a exatidão do sonómetro. <p>Nota para OP: caso o sonómetro não apresente valores compreendidos entre $last \pm 0,3$ dB e $initial \pm 0,7$ dB, contatar o DT.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Desligar o sonómetro e desmontar o material; ✓ Acomodar o material de acordo com as boas práticas de manutenção. 			
8. Conclusão	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Carregar e acomodar o material segundo as boas práticas de manutenção para a sede do laboratório; ✓ Entregar o Mod. 15-Folha de consulta de cliente, o Mod. 8-Proposta-Orçamento (caso não tenha sido possível o envio) devidamente assinado e o Mod. P03-Medições de Isolamento acústico ao DT. 			

Elaborado por:

Aprovado por:

Página 5 de 6

Procedimento de Instrução de Ensaio			
Versão 08	PIE-Enga.03.4		
Fevereiro 2020	Tempo de Reverberação em Salas		

6. Registo de alterações

Versão	Descrição	Data
1	Criação do procedimento.	10-11-2006
2	Criação da Versão 2.	22-10-2007
3	Criação da Versão 3 do procedimento – actualização de acordo com o DL 96/2008	01-07-2008
4	Criação da Versão 4 do procedimento – actualização de acordo com a ISO 3382-2:2008	16-02-2009
5	Criação da Versão 5 do procedimento – actualização de acordo com a circular cliente n.º1/2009 - Critérios de amostragem LNEC e validação do tempo de reverberação de acordo com a norma EN ISO 3338-2:2008	08-01-2010
6	Criação da Versão 6 do procedimento – actualização da validação do tempo de reverberação de acordo com a norma EN ISO 3338-2:2008 e sondímetros BK2250/2260/2270	21-02-2011
7	Criação da Versão 7 do procedimento – pequenas correções	02-02-2013
8	Criação da Versão 8 do procedimento - Inclusão de alterações manuscritas	14-02-2020

Elaborado por:

Aprovado por:

Página 6 de 6

C. Anexo – Programação Master do software Catt Acoustics™

GLOBAL SCA = 1
SCALE SCA SCA SCA

ABS teto = < 3 3 3 3 3 > {132 142 113}
ABS pavimento = < 4 4 3 2 3 2 > L <10 10 14 14 14 14 > {228 219 27};
ABS par_lisa = < 3 3 2 2 2 3 > {219 96 36}
ABS baffle = < 21 21 26 29 38 47 > {221 221 0}; “baffles” ensaio insitu

CORNERS

1 4.7220000 0.0000000 0.0000000
2 0.0000000 0.0000000 0.0000000
3 0.0000000 0.0000000 2.4170000
4 1.1700000 0.0000000 2.4170000
5 1.1700000 0.0000000 2.7520000
6 4.7220000 0.0000000 2.7520000
7 0.0000000 9.6340000 0.0000000
8 4.7220000 9.6340000 0.0000000
9 0.0000000 9.6340000 2.4170000
10 4.7220000 9.6340000 2.7520000
11 1.1700000 9.6340000 2.4170000
12 1.1700000 9.6340000 2.7520000
13 2.9610000 3.7227672 2.3184576
14 2.1552723 3.7227672 2.3184576
15 1.7610000 3.7227672 2.3184576
16 1.7610000 3.7227672 2.2184575
17 1.7610000 3.7227672 1.9184576
18 1.8576575 3.7227672 1.9184576
19 2.9610000 3.7227672 1.9184576
20 2.9610000 3.7227672 2.1484577
21 2.9610000 3.9227672 2.3184576
22 2.1552723 3.9227672 2.3184576
23 1.7610000 3.9227672 2.3184576
24 1.7610000 3.9227672 2.2184575
25 1.7610000 3.9227672 1.9184576
26 1.8576575 3.9227672 1.9184576
27 2.9610000 3.9227672 1.9184576
28 2.9610000 3.9227672 2.1484577
29 2.9610000 4.1227672 2.3184576
30 2.1552723 4.1227672 2.3184576
31 1.7610000 4.1227672 2.3184576

32 1.7610000 4.1227672 2.2184575
33 1.7610000 4.1227672 1.9184576
34 1.8576575 4.1227672 1.9184576
35 2.9610000 4.1227672 1.9184576
36 2.9610000 4.1227672 2.1484577
37 2.9610000 4.3227672 2.3184576
38 2.1552723 4.3227672 2.3184576
39 1.7610000 4.3227672 2.3184576
40 1.7610000 4.3227672 2.2184575
41 1.7610000 4.3227672 1.9184576
42 1.8576575 4.3227672 1.9184576
43 2.9610000 4.3227672 1.9184576
44 2.9610000 4.3227672 2.1484577
45 2.9610000 4.5227672 2.3184576
46 2.1552723 4.5227672 2.3184576
47 1.7610000 4.5227672 2.3184576
48 1.7610000 4.5227672 2.2184575
49 1.7610000 4.5227672 1.9184576
50 1.8576575 4.5227672 1.9184576
51 2.9610000 4.5227672 1.9184576
52 2.9610000 4.5227672 2.1484577
53 2.9610000 4.7227672 2.3184576
54 2.1552723 4.7227672 2.3184576
55 1.7610000 4.7227672 2.3184576
56 1.7610000 4.7227672 2.2184575
57 1.7610000 4.7227672 1.9184576
58 1.8576575 4.7227672 1.9184576
59 2.9610000 4.7227672 1.9184576
60 2.9610000 4.7227672 2.1484577
61 2.9610000 4.9227672 2.3184576
62 2.1552723 4.9227672 2.3184576
63 1.7610000 4.9227672 2.3184576
64 1.7610000 4.9227672 2.2184575
65 1.7610000 4.9227672 1.9184576
66 1.8576575 4.9227672 1.9184576
67 2.9610000 4.9227672 1.9184576
68 2.9610000 4.9227672 2.1484577
69 2.9610000 5.1227672 2.3184576
70 2.1552723 5.1227672 2.3184576
71 1.7610000 5.1227672 2.3184576
72 1.7610000 5.1227672 2.2184575
73 1.7610000 5.1227672 1.9184576

74 1.8576575 5.1227672 1.9184576
75 2.9610000 5.1227672 1.9184576
76 2.9610000 5.1227672 2.1484577
77 2.9610000 5.3227672 2.3184576
78 2.1552723 5.3227672 2.3184576
79 1.7610000 5.3227672 2.3184576
80 1.7610000 5.3227672 2.2184575
81 1.7610000 5.3227672 1.9184576
82 1.8576575 5.3227672 1.9184576
83 2.9610000 5.3227672 1.9184576
84 2.9610000 5.3227672 2.1484577
85 2.9610000 5.5227672 2.3184576
86 2.1552723 5.5227672 2.3184576
87 1.7610000 5.5227672 2.3184576
88 1.7610000 5.5227672 2.2184575
89 1.7610000 5.5227672 1.9184576
90 1.8576575 5.5227672 1.9184576
91 2.9610000 5.5227672 1.9184576
92 2.9610000 5.5227672 2.1484577
93 2.9610000 5.7227672 2.3184576
94 2.1552723 5.7227672 2.3184576
95 1.7610000 5.7227672 2.3184576
96 1.7610000 5.7227672 2.2184575
97 1.7610000 5.7227672 1.9184576
98 1.8576575 5.7227672 1.9184576
99 2.9610000 5.7227672 1.9184576
100 2.9610000 5.7227672 2.1484577
101 2.9610000 5.9227672 2.3184576
102 2.1552723 5.9227672 2.3184576
103 1.7610000 5.9227672 2.3184576
104 1.7610000 5.9227672 2.2184575
105 1.7610000 5.9227672 1.9184576
106 1.8576575 5.9227672 1.9184576
107 2.9610000 5.9227672 1.9184576
108 2.9610000 5.9227672 2.1484577

PLANES

[1 / 1 2 3 4 5 6 / par_lisa];/ parede entrada
[2 / 7 2 1 8 / pavimento]; / pavimento
[3 / 7 9 3 2 / par_lisa];/ parede lateral esquerda
[4 / 10 8 1 6 / par_lisa];/ parede lateral direita

[5 / 11 9 7 8 10 12 / par_lisa];/ parede do fundo
[6 / 11 4 3 9 / teto];/ teto mais baixo
[7 / 11 12 5 4 / par_lisa];/ testa dif nivel
[8 / 12 10 6 5 / teto];/ teto mais alto
[9 / 13 14 15 16 17 18 19 20 / baffle]
[10 / 21 22 23 24 25 26 27 28 / baffle]
[11 / 29 30 31 32 33 34 35 36 / baffle]
[12 / 37 38 39 40 41 42 43 44 / baffle]
[13 / 45 46 47 48 49 50 51 52 / baffle]
[14 / 53 54 55 56 57 58 59 60 / baffle]
[15 / 61 62 63 64 65 66 67 68 / baffle]
[16 / 69 70 71 72 73 74 75 76 / baffle]
[17 / 77 78 79 80 81 82 83 84 / baffle]
[18 / 85 86 87 88 89 90 91 92 / baffle]
[19 / 93 94 95 96 97 98 99 100 / baffle]
[20 / 101 102 103 104 105 106 107 108 / baffle]
[21 / 20 19 18 17 16 15 14 13 / baffle]
[22 / 28 27 26 25 24 23 22 21 / baffle]
[23 / 36 35 34 33 32 31 30 29 / baffle]
[24 / 44 43 42 41 40 39 38 37 / baffle]
[25 / 52 51 50 49 48 47 46 45 / baffle]
[26 / 60 59 58 57 56 55 54 53 / baffle]
[27 / 68 67 66 65 64 63 62 61 / baffle]
[28 / 76 75 74 73 72 71 70 69 / baffle]
[29 / 84 83 82 81 80 79 78 77 / baffle]
[30 / 92 91 90 89 88 87 86 85 / baffle]
[31 / 100 99 98 97 96 95 94 93 / baffle]
[32 / 108 107 106 105 104 103 102 101 / baffle]