SERVIÇOS DE ENGENHARIA

Rua Major Miguel Ferreira, n.º50 – 1º

4820-276 FAFE

TEL: 253 495 844 FAX: 253 495 845

pn10engenharia@gmail.com

PROJECTO DE CONDICIONAMENTO ACÚSTICO

DONO DE OBRA: SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE ÁGUA E SANEAMENTO DE VISEU

OBRA: TRATAMENTO ACÚSTICO DA SALA DE COMANDO DA ETA DE MAEIRA

LOCAL: MAEIRA - VISEU

Outubro de 2018

PROJECTO DE CONDICIONAMENTO ACÚSTICO
TERMO DE RESPONSABILIDADE

David Magalhães, engenheiro civil, licenciado pela Universidade do Minho, morador no 5ºandar do n.º 177 da Rua Eça de Queirós, freguesia da Costa em Guimarães, contribuinte nº 229191231, inscrito na Região Norte da Ordem dos Engenheiros com o nº44034 declara, na qualidade de técnico da empresa PN10 – Serviços de Engenharia, Unipessoal, para efeitos do disposto no nº1 do artigo 10º do Decreto-Lei nº555/99 de 16 de Dezembro, na redação que lhe foi conferida pelo Decreto-Lei nº136/2014 de 09 de Setembro, que o **projecto de condicionamento acústico**, de que é autor, relativo ao tratamento acústico da sala de comando da ETA de Maeira, cujo projecto de execução foi requerido pelos **Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Viseu**, observa as normas legais e regulamentares aplicáveis, designadamente, o Regulamento Geral do Ruído aprovado pelo Decreto-Lei 9/2007, de 17 de Janeiro e o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios aprovado pelo Decreto-Lei nº 96/2008, de 9 de Junho.

Fafe, Outubro de 2018



David Magalhães
(Engenheiro Civil)

Nº Contribuinte 229191231
ID Civil Nº 12278536 válido até 01.09.2019

PN10–SERVIÇOS DE ENGENHARIA, UNIP, LDA ▪ RUA MAJOR MIGUEL FERREIRA, 50 ▪ 4820-276 FAFE ▪ TEL: 253 495 844 ▪ FAX: 253 495 845 ▪ geral@pn10engenharia.com

ORDEM DOS ENGENHEIROS REGIÃO NORTE

DECLARAÇÃO

O Conselho Diretivo da Região Norte da Ordem dos Engenheiros declara que o Engenheiro DAVID MAGALHAES está como Membro Efetivo, nesta associação pública profissional, sendo portador da Cédula Profissional n.º 44304, titular do curso de Engenharia Civil pelo(a) Universidade do Minho em 25-09-2002, agrupado na(s) Especialidade(s) de Civil desde 14-01-2003, com o título de qualificação de Sénior , está na efetividade dos seus direitos como Engenheiro.

Validade

Nos termos do disposto no Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de dezembro, a que se refere o n.º 3 do artigo 10.º, com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei nº 136/2014, de 9 de Setembro; nos termos previstos no Regulamento Geral do Ruído aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro; e nos termos do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, aprovado pelo Decreto-Lei nº 129/2002, de 11 de Maio, a que se refere o n.º 2 do artigo 3.º, com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei nº 96/2008, de 9 de Junho, o membro está habilitado a elaborar e subscrever projetos de condicionamento acústico de edifícios, excluindo-se os edifícios enquadrados nas Categorias IV.
A presente declaração destina-se a ser exibida perante as entidades competentes, apenas para efeitos da prática do(s) ato(s) de engenharia nela descritos e é válida pelo prazo de 1 ano.

Assinatura

Porto, 12 de julho de 2018.

José Manuel Reis Lima Freitas
Vice-Presidente do Conselho Diretivo

Elementos de validação
Código: VBA5A2AA
Ref.ª: PA_C30001_18
Declaração n.º: RN13276/2018

Rua Rodrigues Sampaio, N.º 123
222071300
www.oern.pt

Para efeitos de validação desta declaração, aceder sigoe.ordemdosengenheiros.pt e introduzir na pesquisa o código de validação acima mencionado, verificando que o documento obtido corresponde a esta declaração.





PN10–SERVIÇOS DE ENGENHARIA, UNIP, LDA ▪ RUA MAJOR MIGUEL FERREIRA, 50 ▪ 4820-276 FAFE ▪ TEL: 253 495 844 ▪ FAX: 253 495 845 ▪ geral@pn10engenharia.com



Contribuinte n.º
229 191 231

Apólice n.º
006407119310

Linha Exclusiva
21 794 30 20| 22 608 11 20
dias úteis,
das 8h30 às 19h00

engenheiros@ageas.pt
www.ageas.pt/engenheiros

Declaração de Seguro de Responsabilidade Civil Profissional
Membros da Ordem dos Engenheiros

A Ageas Portugal, Companhia de Seguros, S.A. declara, para os devidos efeitos, que foi realizado o contrato de seguro para os membros da Ordem dos Engenheiros, com as seguintes características:

- Ramo: Responsabilidade Civil Profissional
- Tomador de Seguro: Ordem dos Engenheiros
- N.º Apólice: 0084 07119310
- Início: 01 de janeiro de 2002
- Termo: 31 de dezembro 2018
- Pessoa Segura: DAVID MAGALHAES
- N.º de Cédula Profissional: 44304
- Âmbito da Cobertura: conforme Condições Particulares e Especiais anexas.

Informa-se que o seguro identificado regula-se pela Lei do Contrato de Seguro e, segundo o artigo 59.º, a garantia de cobertura de riscos é válida após o recebimento do valor total a pagar pela mesma.
Prevalecerão sempre os termos e condições da apólice 006407119310.

Lisboa, 19 de dezembro de 2017

Elias Leal
Diretor Geral

Ageas Portugal, Companhia de Seguros, S.A.
Ageas Portugal, Companhia de Seguros de Vida, S.A.

ÍNDICE

1. OBJECTO 7
2. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO 7
2.1. ÍNDICES DE ISOLAMENTO MEDIDOS "IN SITU" 8
2.2. CRITÉRIOS EXIGENCIAIS 8
3. MÉTODO DE CÁLCULO 8
3.1. ISOLAMENTO SONORO A RUÍDOS DE CONDUÇÃO AÉREA 8
3.1.1. Paredes simples 9
3.1.2. Índice de isolamento sonoro a ruídos de condução aérea ponderado 11
3.1.3. Índice de isolamento sonoro a ruídos de condução aérea entre compartimentos interiores 11
3.2. TEMPO DE REVERBERAÇÃO 12
4. DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS ADOPTADAS 13
4.1. PAREDE DIVISÓRIA DO TIPO PD 01 13
4.2. TECTO DO TIPO TEC 01 16
4.3. REVESTIMENTO DO TIPO REV 01 (SALA DE EQUIPAMENTOS) 17
4.4. PAVIMENTO 17
5. SEGURANÇA 17

PN10–SERVIÇOS DE ENGENHARIA, UNIP, LDA ▪ RUA MAJOR MIGUEL FERREIRA, 50 ▪ 4820-276 FAFE ▪ TEL: 253 495 844 ▪ FAX: 253 495 845 ▪ geral@pn10engenharia.com

PROJECTO DE CONDICIONAMENTO ACÚSTICO
MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

1. OBJECTO

Destina-se a presente memória à descrição do projecto de condicionamento acústico efectuado para o **tratamento acústico da sala de comando da ETA de Maeira,** que os **Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Viseu,** pretendem realizar.

O estudo visa definir um conjunto de soluções construtivas capazes garantir um nível de conforto acústico adequado para os utilizadores da sala de comando.

Pretendem-se apresentar as soluções adoptadas e suas justificações, as condicionantes observadas assim como a regulamentação e normalização consideradas.

2. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

As características principais do edifício bem como a indicação de quais as verificações a efectuar para o dimensionamento dos elementos da envolvente, de acordo com o Regulamento dos Requisitos Acústicos do Edifícios, encontram-se sintetizadas nos quadros seguintes:

Local	Maeira - Viseu
Tipo de Edifício	Tratamento acústico da sala de comando da ETA de Maeira
Classificação do Edifício	De acordo com o disposto no n.º2 do artigo 1º do Decreto-Lei 96/2008 o edifício deverá ser classificado e observar o disposto para **Edifícios comerciais e de serviços, e partes similares em edifícios industriais.**

PN10–SERVIÇOS DE ENGENHARIA, UNIP, LDA ▪ RUA MAJOR MIGUEL FERREIRA, 50 ▪ 4820-276 FAFE ▪ TEL: 253 495 844 ▪ FAX: 253 495 845 ▪ geral@pn10engenharia.com

Descrição genérica das soluções Construtivas	O edifício tem uma estrutura de suporte porticada mista em betão armado e aço. As envolventes exteriores e as paredes divisórias interiores são realizadas com recurso a paredes de alvenaria de blocos de betão.

2.1. ÍNDICES DE ISOLAMENTO MEDIDOS "IN SITU"

Foram realizados medições de isolamento "in situ" de forma a poder caracterizar a situação existente. Os resultados obtidos foram:

- D_{nTw} (Separação entre sala de comando e sala dos equipamentos): 30dB
- L'_{nTw} (Separação entre sala de comando e sala dos equipamentos): 54dB

2.2. CRITÉRIOS EXIGENCIAIS

Conforme solicitado pelo cliente, o objetivo da intervenção é aumentar o D_{nTw} (Separação entre sala de comando e sala dos equipamentos) em pelo menos 10dB de forma a garantir um nível de conforto acústico adequado para os utilizadores da sala de comando.

3. MÉTODO DE CÁLCULO

3.1. ISOLAMENTO SONORO A RUÍDOS DE CONDUÇÃO AÉREA

A definição de isolamento sonoro, bruto ou normalizado, não é passível de ser directamente aplicada à actividade de projecto, pela impossibilidade de conhecer, nesta fase, os níveis de pressão sonora que serão estabelecidos nos compartimentos receptor e emissor.

Define-se então a noção de redução sonora de um elemento, que traduz o isolamento sonoro desse elemento, por bandas de frequência, medido em laboratório, sem que se considerem os efeitos de transmissões marginais. Este parâmetro poderá ser considerado, ainda que de modo simplificado, constante para um dado elemento construtivo, independentemente da sua localização.

PN10–SERVIÇOS DE ENGENHARIA, UNIP, LDA ▪ RUA MAJOR MIGUEL FERREIRA, 50 ▪ 4820-276 FAFE ▪ TEL: 253 495 844 ▪ FAX: 253 495 845 ▪ geral@pn10engenharia.com

$$D = L_1 - L_2 = R + 10.\log\left(\frac{A}{S}\right) \quad (dB)$$

em que,

D é o isolamento sonoro bruto

L_1 é o nível sonoro no compartimento emissor, em dB

L_2 é o nível sonoro no compartimento receptor, em dB

R é a redução sonoro do elemento construtivo, em dB

A é a área de absorção sonora equivalente existente no compartimento receptor, em m^2

S é a área do elemento de separação, em m^2

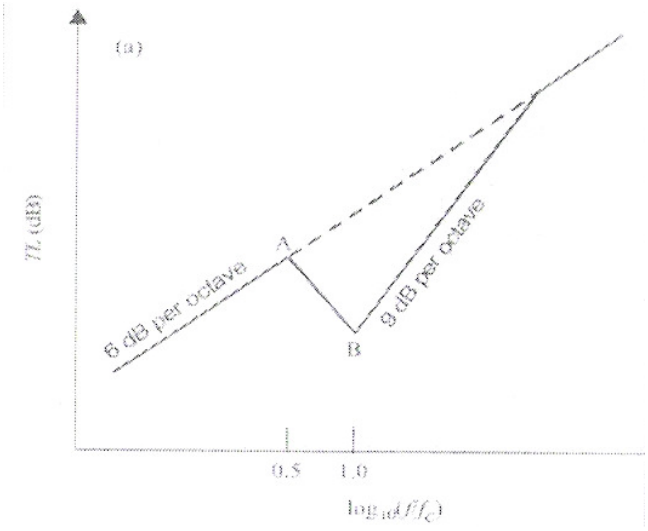
Para a determinação da redução sonora de um elemento, e uma vez que as características acústicas dos materiais de construção geralmente utilizados em Portugal ainda não se encontram devidamente caracterizados laboratorialmente, é necessário recorrer a métodos de cálculo que permitam estimar os parâmetros acústicos necessários para a análise dos elementos a estudar.

Os métodos utilizados neste estudo encontram-se descritos nos pontos seguintes.

3.1.1. PAREDES SIMPLES

O método de cálculo do isolamento sonoro a ruídos de condução aérea em paredes simples é baseado na publicação "A study to increase the sound insulation of building elements" – Wyle Laboratories Report WR73-S, 1973 de Ben Sharp.

PN10–SERVIÇOS DE ENGENHARIA, UNIP, LDA ▪ RUA MAJOR MIGUEL FERREIRA, 50 ▪ 4820-276 FAFE ▪ TEL: 253 495 844 ▪ FAX: 253 495 845 ▪ geral@pn10engenharia.com



O comportamento teórico de uma parede simples pode ser considerado análogo ao observado na figura anterior, em que se distinguem várias zonas perfeitamente delimitadas.

Sabendo que a frequência crítica (f_c) é obtida pela expressão:

$$f_c = \frac{c^2}{1{,}5.C_L.e} \qquad (Hz)$$

em que,

c é a velocidade de propagação do som no ar (≈343.3 m/s a 20 ºC)

C_L é a velocidade de propagação do som no material do elemento construtivo, em m/s

e é a espessura do elemento construtivo, em m

Tem-se também que:

$$R_A = 20.\log(f_c.m) - 54 \quad (dB) \qquad\qquad R_B = 20.\log(f_c.m) + 10.\log(\eta) - 45 \quad (dB)$$

em que,

m é a massa superficial do elemento construtivo, em Kg/m^2

η é o factor de perdas internas

Para $f \leq 0{,}5\, f_c$

PN10–SERVIÇOS DE ENGENHARIA, UNIP, LDA ▪ RUA MAJOR MIGUEL FERREIRA, 50 ▪ 4820-276 FAFE ▪ TEL: 253 495 844 ▪ FAX: 253 495 845 ▪ geral@pn10engenharia.com

O valor da redução sonora *R* para frequências contidas neste intervalo é dado a partir do valor conhecido do valor da redução sonora para a frequência crítica do elemento *(f_c)* e considerando uma recta com um declive de 6 dB por oitava.

Para $0{,}5\, f_c < f < f_c$

O valor do isolamento sonoro obtém-se por interpolação linear entre os pontos extremos dos outros dois domínios.

Para $f \geq f_c$

O valor da redução sonora *R* para frequências contidas neste intervalo é dado a partir do valor conhecido do valor da redução sonora para a frequência crítica do elemento *(f_c)* e considerando uma variação linear de 9 dB por oitava.

A partir do ponto de intersecção das rectas de declive de 6 e 9 dB por oitava, o valor da redução sonora *R,* é obtido partindo do ponto de intersecção e considerando uma variação linear de 6 dB por oitava.

3.1.2. ÍNDICE DE ISOLAMENTO SONORO A RUÍDOS DE CONDUÇÃO AÉREA PONDERADO

O índice de isolamento sonoro a ruídos de condução aérea ponderado é obtido através dos índices de isolamento sonoro descritos por frequência, referidos anteriormente, pela ponderação das curvas de isolamento através da curva normalizada de referência presente na Norma EN ISO 717-1.

3.1.3. ÍNDICE DE ISOLAMENTO SONORO A RUÍDOS DE CONDUÇÃO AÉREA ENTRE COMPARTIMENTOS INTERIORES

O índice de isolamento a sons de condução aérea entre compartimentos interiores é obtido a partir do valor do índice de isolamento sonoro ponderado considerando o efeito das transmissões marginais, pela utilização da expressão seguinte.

$$D_{n,w} = R'_w + 10.\log\left(\frac{A_0}{S}\right) \quad (dB)$$

em que,

$D_{n,w}$ é o índice de isolamento a sons de condução aérea entre compartimentos interiores

PN10–SERVIÇOS DE ENGENHARIA, UNIP, LDA ▪ RUA MAJOR MIGUEL FERREIRA, 50 ▪ 4820-276 FAFE ▪ TEL: 253 495 844 ▪ FAX: 253 495 845 ▪ geral@pn10engenharia.com

3.2. TEMPO DE REVERBERAÇÃO

O tempo de reverberação é o tempo, expresso em segundos, que seria necessário para que o nível de pressão sonora decresça 60 dB a um ritmo de diminuição dado pela regressão linear da curva de decaimento determinada a partir de um nível 5 dB inferior ao nível inicial até um nível 35 dB inferior – T_{30}.

O tempo de reverberação poderá ser definido a partir de um decaimento de 20 dB, a partir de um nível 5 dB inferior ao nível inicial até um nível 35 dB inferior, definindo-se T_{20}.

Área de absorção

O valor da área de absorção sonora equivalente (A), é obtido a partir do tempo médio de reverberação pela utilização da fórmula de *Sabine*:

$$T = \frac{0{,}16 \times V}{A}$$

em que,

T é o tempo de reverberação, em segundos

V é o volume do compartimento, em metros cúbicos

A é a área de absorção sonora equivalente, em metros quadrados

PN10–SERVIÇOS DE ENGENHARIA, UNIP, LDA ▪ RUA MAJOR MIGUEL FERREIRA, 50 ▪ 4820-276 FAFE ▪ TEL: 253 495 844 ▪ FAX: 253 495 845 ▪ geral@pn10engenharia.com

4. DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS ADOPTADAS

4.1. PAREDE DIVISÓRIA DO TIPO PD 01

Propõe-se substituir a caixilharia e o vidro existente e substituí-los por novas com elevado desempenho acústico. A parte opaca da parede deverá ser mantida e reforçada pelo interior da sala de controlo por uma divisória multicamadas em gesso cartonado.



- Divisória existente (vista do exterior da sala de comando)

PN10–SERVIÇOS DE ENGENHARIA, UNIP, LDA ▪ RUA MAJOR MIGUEL FERREIRA, 50 ▪ 4820-276 FAFE ▪ TEL: 253 495 844 ▪ FAX: 253 495 845 ▪ geral@pn10engenharia.com



- Divisória existente (vista do interior da sala de comando)

O reforço será constituído por 2 painéis de gesso cartonado de 12,5 + 12,5 mm intercalados com membrana acústica do tipo MAD4 da Danosa de 4mm, ou equivalente, fixos a montante de 48 mm de espessura preenchida por um painel multicamadas do tipo SONODAN PLUS da Danosa. A fixação dos painéis de gesso ao montante deverá ser efetuada com interposição de banda flexível autoadesiva, com espessura não inferior a 2 mm, em ambos os topos dos montantes. Recomenda-se que não fiquem embutidas eventuais tomadas elétricas nessa parede. Esta divisória deverá terminar ao nível da laje estrutural de teto.

Os vãos envidraçados deverão ser constituídos por dois vidros de elevado desempenho acústico aplicados em duas caixilharias independentes. A distância entre as caixilharias deverá ser a máxima permitida pela espessura da parede com um mínimo de 10cm. Os envidraçados a colocar serão: primeiro pano do tipo 55.2A e segundo do tipo 44.2A(tipo STADIP SILENCE da Saint Gobain ou equivalente), com caixilhos de elevada estanquidade (classe de permeabilidade ao ar tipo A4).

O conjunto deverá garantir um Rw mínimo de 48dB.

Propõe-se reforçar as divisórias laterais existentes com uma solução idêntica à acima apresentada.

As portas existentes deverão ser substituídas por portas acústicas com Rw≥ 48 dB, conforme peças desenhadas, ou com dimensão a definir pelo requerente.

PN10–SERVIÇOS DE ENGENHARIA, UNIP, LDA ▪ RUA MAJOR MIGUEL FERREIRA, 50 ▪ 4820-276 FAFE ▪ TEL: 253 495 844 ▪ FAX: 253 495 845 ▪ geral@pn10engenharia.com

A janela basculante existente numa dessas paredes deverá ser retirada e o espaço preenchido com a solução construtiva idêntica à restante parede.



- Parede lateral esquerda

PN10–SERVIÇOS DE ENGENHARIA, UNIP, LDA ▪ RUA MAJOR MIGUEL FERREIRA, 50 ▪ 4820-276 FAFE ▪ TEL: 253 495 844 ▪ FAX: 253 495 845 ▪ geral@pn10engenharia.com



- Parede lateral direita

4.2. TECTO DO TIPO TEC 01

Nas zonas assinaladas nas peças desenhadas, sob a laje do tecto, será realizado um tecto falso modular com características absorventes do tipo “Rockfon Ekla” com 20mm de espessura ou equivalente, com estrutura em perfilados metálicos próprios.

Acima desse tecto e de forma a reforçar a absorção sonora do mesmo, será aplicado 60 mm de lã mineral tipo “Ultracoustic P”.

A estrutura de fixação dos painéis deve ser realizada em perfilados de chapa galvanizada com as medidas, espessuras e configurações apropriadas, com ligação estrutural adequada ao tecto real de modo a garantir perfeita estabilidade em função das indicações do fabricante e em conformidade com as indicações da planta específica, em projecto.

Todos os acessórios, de montagem, de fixação, de selagem e de acabamento serão os que forem recomendados pelo fabricante.

PN10–SERVIÇOS DE ENGENHARIA, UNIP, LDA ▪ RUA MAJOR MIGUEL FERREIRA, 50 ▪ 4820-276 FAFE ▪ TEL: 253 495 844 ▪ FAX: 253 495 845 ▪ geral@pn10engenharia.com

4.3. REVESTIMENTO DO TIPO REV 01 (SALA DE EQUIPAMENTOS)

Propõe-se, de forma a melhorar o desempenho acústico das paredes/tectos e reduzir o ruído no interior do compartimento, a aplicação de um painel fono-absorvente do tipo Neto da ISOVER ou equivalente, com 50 mm de espessura.

A fixação dos painéis deve ser realizada por intermédio de buchas apropriadas, com ligação adequada às paredes de modo a garantir perfeita estabilidade em função das indicações do fabricante.

4.4. PAVIMENTO

Propõe-se a aplicação de um soalho flutuante com base em cortiça aplicado sobre um elemento resiliente do tipo Confordan da Danosa com 3mm de espessura. O conjunto deverá ser capaz de garantir um ΔLw igual ou superior a 20dB.

Todas aberturas geradas pela passagem de calhas de através de partições que separam a sala de comando e sala de equipamentos deverão ser "seladas" através de lã de rocha compactada.

5. SEGURANÇA

Em todos os trabalhos necessários para a execução das envolventes projectadas deverão ser observadas, em matéria de segurança, todas as medidas de prevenção previstas na legislação aplicável bem como aquelas que se encontrem presentes no Plano de Segurança e Saúde implementado na obra.

Fafe, Outubro de 2018

O técnico responsável



David Magalhães, engenheiro civil

PN10–SERVIÇOS DE ENGENHARIA, UNIP, LDA ▪ RUA MAJOR MIGUEL FERREIRA, 50 ▪ 4820-276 FAFE ▪ TEL: 253 495 844 ▪ FAX: 253 495 845 ▪ geral@pn10engenharia.com