



LJL - Arquitectura e Engenharia, Lda  
Rua da Gandra, 291 | 4445-122 Alfena  
tel e fax: 22 967 22 07  
NIF: 502 462 400  
e-mail: lj.lda@gmail.com  
www.ljlprojectos.com

# ACUSTICALC

**Versão 3 (Nov/2011)**

**Manual de Utilização**

## Índice

1 . Introdução.....	2
2 . Instalação do programa .....	2
Instalar programa e criar atalho .....	2
Instalar a chave HASP (de protecção ao programa).....	3
Registar componentes no sistema .....	4
Actualização de chave .....	4
3 . Instruções gerais .....	6
4 . Menu de escolha de zona e ficheiro de dados .....	8
7. Cálculo de Isolamento ao som aéreo (elementos verticais exteriores) .....	12
8. Cálculo de Isolamento ao som aéreo (elementos verticais interiores).....	14
9. Cálculo de Isolamento ao som aéreo (elementos horizontais exteriores) .....	15
10. Cálculo de Isolamento ao som aéreo (elementos horizontais interiores) .....	17
11 . Cálculo de Isolamento a sons de percussão (simplificado).....	18
12 . Cálculo de Isolamento a sons de percussão (detalhado).....	20
13 . Cálculo de Incomodidade devido a equipamentos colectivos .....	22
14. Editor de Ficheiros.....	23
15. Calculadora.....	24
16. Ejectar folha de impressão.....	24
17. Memória descritiva .....	24
18. Manual Técnico .....	27
19. Bibliografia.....	27
20. Exemplo de Cálculo de uma moradia .....	28

## 1 . Introdução

A presente versão do **ACUSTICALC** (versão 3), foi totalmente revista, tendo-se alterado os pressupostos de cálculo, de acordo com o **Regulamento Geral Sobre o Ruído** (Decreto-Lei nº 9/2007 de 17 de Janeiro) em conjugação com o **Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios** (Decreto-Lei nº 96/2008 de 9 de Junho). Para o cálculo foram utilizadas fórmulas do livro Acústica de Edifícios de Jorge Patrício da Verlag Dashofer e os Apontamentos da Universidade do Algarve (UALg-EST-ADEC) de Luís Bramão.

As soluções testadas foram retiradas do livro Manual de Alvenaria de Tijolo editado pela APICER em 2000 e da empresa DANOSA.

Foram reprogramados os módulos de cálculo das condições acústicas de elementos verticais (interior e exterior) e de elementos verticais (interior e exterior). Acrescentou-se um módulo de verificação aos sons de percussão pelo método simplificado, ruídos de estaleiro, ruídos de equipamentos colectivos. Mantém-se o módulo de verificação à percussão pelo método detalhado.

As listas de materiais, soluções testadas, equipamentos, etc., podem ser aumentadas pelo utilizador, caso disponha de dados para o efeito.

## 2 . Instalação do programa

### Instalar programa e criar atalho

Para instalar o programa, copie (arraste) a pasta ACUSTICO\_3 do disco para a raiz do disco C no seu computador, mantendo a pasta com este nome.

De seguida, faça um atalho para ACUSTICO\_3, fazendo os seguintes passos (figura 1):

*Coloque o ponteiro do rato sobre o ficheiro ACUSTICO\_3.exe;*

*Clique com o botão direito do rato;*

*Escolha "Enviar para";*

*"Ambiente de trabalho (criar atalho)";*

*O atalho fica concluído.*

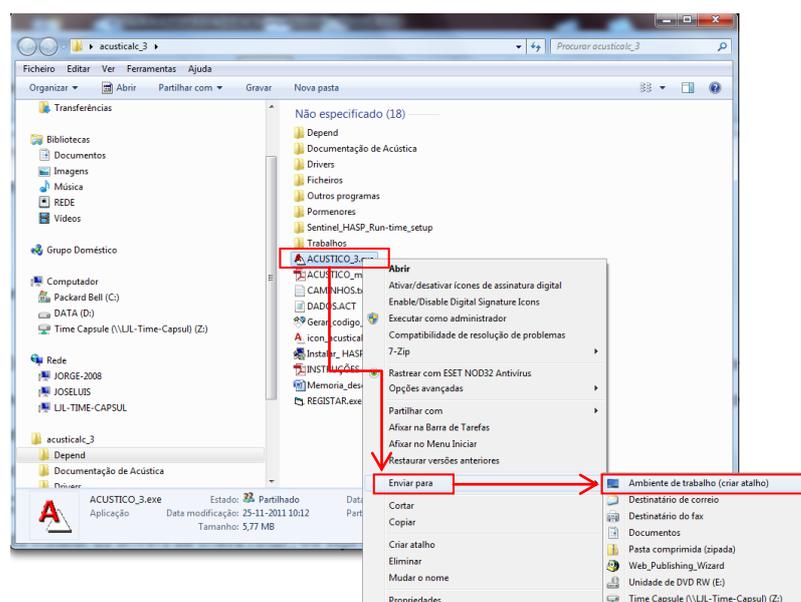


Figura 1 – Criar atalho no ambiente de trabalho

## Instalar a chave HASP (de protecção ao programa)

Quando se tratar da primeira instalação de um dos nossos programas terá de fazer os seguintes passos:

- Instalar os drivers da chave de protecção do programa, executando o programa Instalar\_HASP.exe

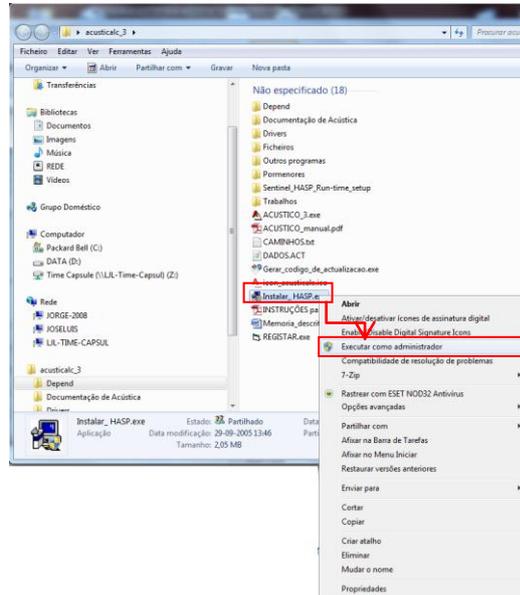


Figura 2 – Instalar chave de protecção

Clique sobre o programa Instalar\_Hasp, com botão direito do rato, fazendo “Executar como Administrador” (ver figura 2).

*Escolha o idioma “U.S. English”*

*Com o rato clique em “OK”*

*Aceite as condições de instalação e clique em “Install”*

*A seguir clique em “Next”*

*Finalmente clique em “Finish”*

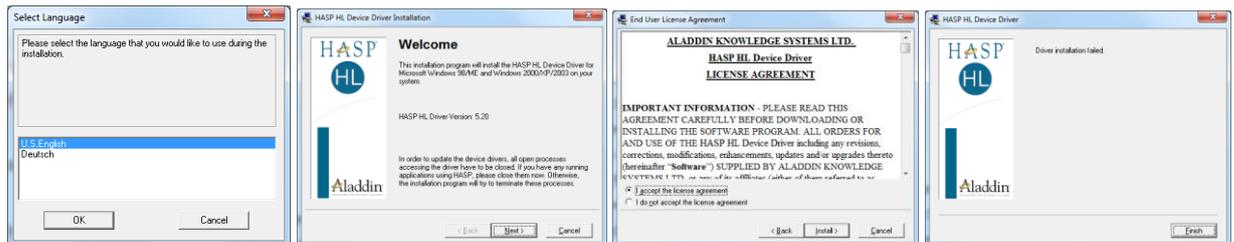


Figura 3 – Passos para instalar a chave de protecção (drivers mais antigos)

Com os drivers mais actuais o procedimento é idêntico (figura 4).



Figura 4 - Passos para instalar a chave de protecção (drivers mais recentes)

Para actualizar a chave, clique no ficheiro (só para clientes que já possuam a chave)

### Registar componentes no sistema

Coloque o ponteiro do rato sobre o programa "REGISTAR.exe" e com o botão direito do rato clique em "Executar como Administrador". Se não correr como Administrador o programa não irá funcionar.

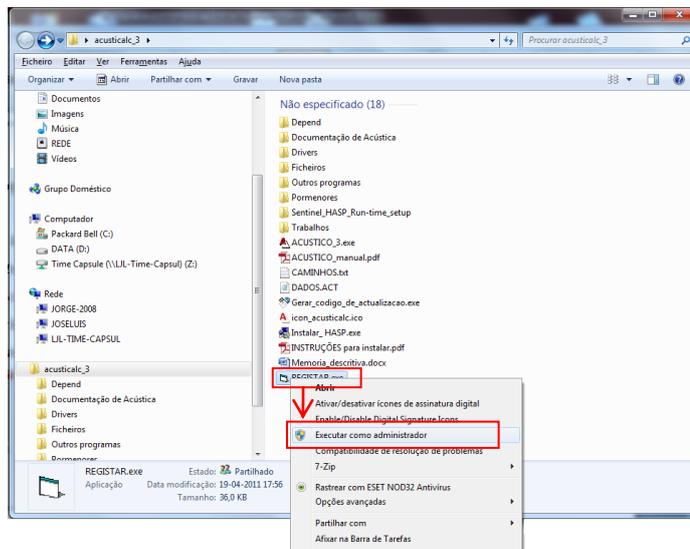


Figura 5 - Registo de Componentes (Executar como Administrador)

Vai abrir o programa de Registo de componentes e clique em "Registar" e aparece a mensagem do meio da figura 6. Confirme a instalação clicando em "OK" (6 vezes) e depois clique em "Sair".



Figura 6 - Processo de registo de componentes

Para actualizar a chave (só para clientes possuidores da chave Hasp HL).

### Actualização de chave

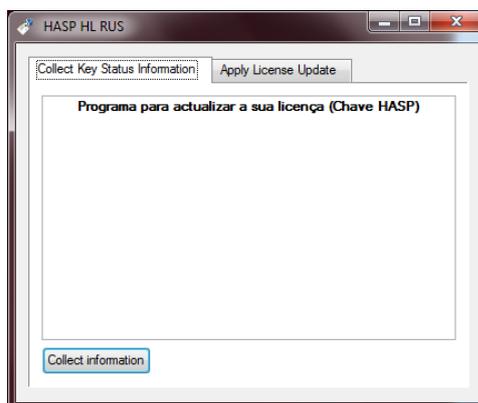


Figura 7 - Programa para gerar código para actualizar a chave (Collect information)

Para gerar a senha para nos enviar, deve correr o programa "Gerar\_Codigo\_atualizacao.exe" e fazer o seguinte:

*Aparece uma janela e clique sobre o comando "Collect information";*

*Em seguida abre uma pasta, onde terá de escrever o ficheiro que o programa vai gerar;*

*Coloque o nome no local devido.*

*Envie-nos o ficheiro que o programa vai gravar (com a extensão .c2V), via Internet.*

*Após recepção nós devolvemos, via correio electrónico, outro ficheiro para actualizar a chave.*

*A chave fica actualizada, mesmo que utilize o programa noutra computador.*

Para instalar a autorização (colocar a contra senha que lhe enviamos), descarregue do correio electrónico o ficheiro com a extensão .v2c e correndo o programa "Gerar\_Codigo\_atualizacao.exe", faça do seguinte modo:

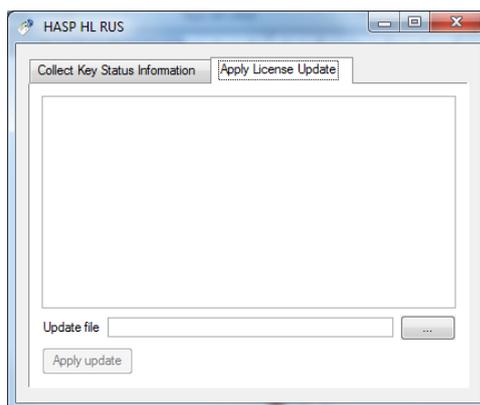


Figura 8 - Programa para gerar código para actualizar a chave (apply)

*Aparece uma janela e clique sobre o comando "Aply license updade" e clique no comando com três pontinhos ...*

*Em seguida abre uma pasta, onde terá de escolher o ficheiro que lhe enviamos via Internet (com a extensão .v2c), e o programa fica autorizado a trabalhar.*

Estes dois passos, podem ser dispensados mas terá de nos devolver a sua chave para actualização, e como é lógico demora mais tempo e é mais dispendioso.

Dispõe dos Manuais e da memória descritiva, e o programa fará a sua abertura, utilizando os atalhos para o Microsoft Word e para o Adobe Acrodat Reader. Caso não possua este último programa poderá fazer dowload gratuito na Internet.



### 3 . Instruções gerais

O programa pode ser utilizado com o rato, clicando nos campos a preencher. O método mais correcto será de através do teclado fazer o seu preenchimento, e com ENTER ou TAB passar para outro campo. Este método também tem a vantagem de não deixar campos por preencher, pois o programa vai percorrendo todos os campos, ordenadamente.

*Para recuar de campo (células) carregue em simultâneo o SHIFT + TAB.*

Pode editar o conteúdo das células que aparecem com fundo amarelo, clicando sobre as mesmas.

Para escolher dentro de um conjunto de Option com as setas do teclado posicione-se e para escolher faça ENTER ou TAB.

Para seleccionar campos de Escolha clique num dos botões ou carregue no ESPAÇO.

Para arrancar com programa clique em cima do comando "Continuar" da imagem seguinte, ou "Sair" para abandonar o programa.

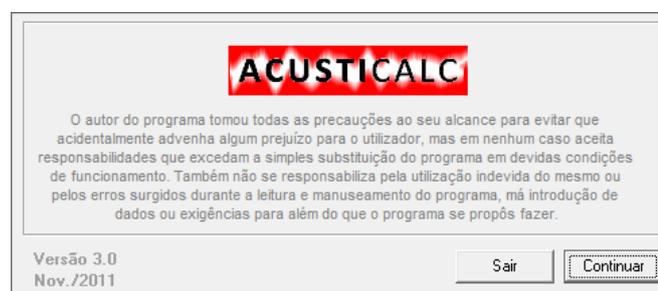


Figura 9 - Imagem inicial do programa

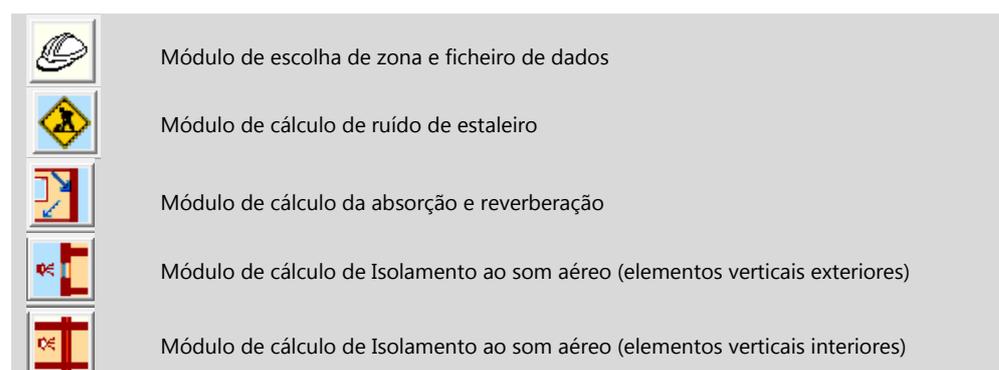
Menu de ligação com os diversos módulos – Menu de fundo. Tanto pode aceder aos Menus através do sistema de menus do Windows (figura 10) como pode aceder através dos atalhos (figura 11).



Figura 10 - Acesso ao programa por menus do Windows



Figura 11 - Acesso ao programa por ícones





Aspecto do ecrã principal (completo)

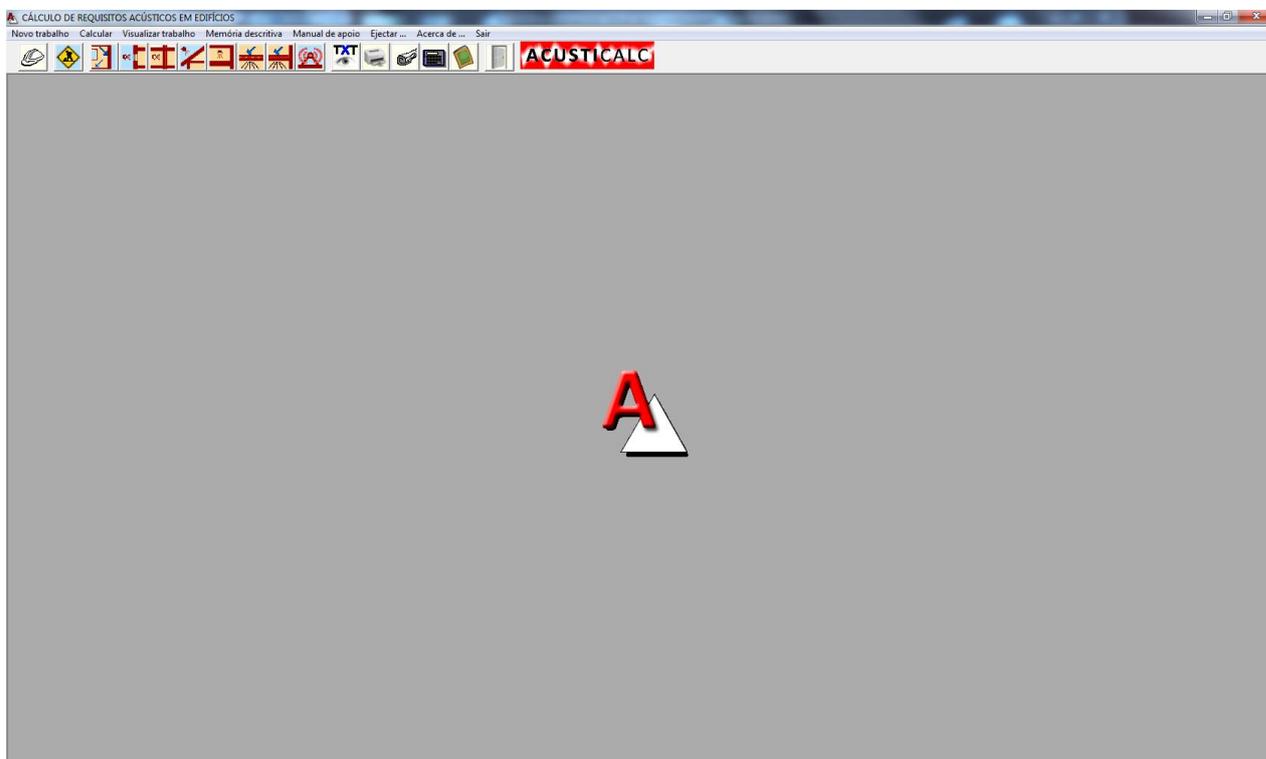


Figura 12 - Ambiente de trabalho do programa ACUSTICALC 3



## 4 . Menu de escolha de zona e ficheiro de dados

O **ACUSTICALC** tem a possibilidade de, ao imprimir, guardar em ficheiro o que vai sendo impresso. Esse ficheiro poderá ser editado através do Editor de Ficheiros. Para isso ao iniciar o programa, terá de alterar o nome do ficheiro de dados, caso contrário o programa gravará no ficheiro anterior.

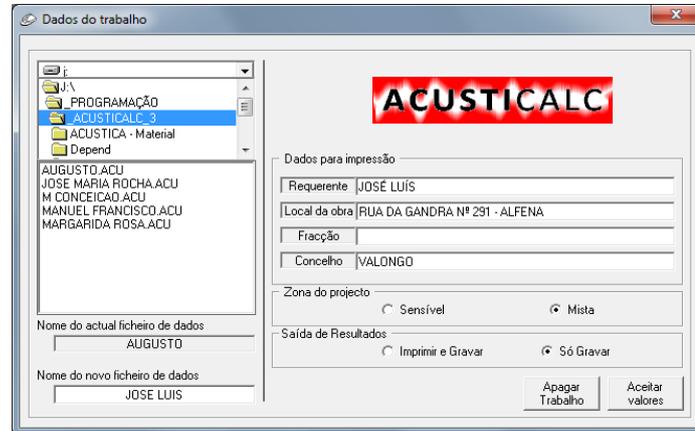


Figura 13 - Módulo de inserção e escolha de dados

Introduza o nome do ficheiro de dados. O programa cria dentro da pasta "Trabalhos\" uma outra com o nome que escolheu e dentro dela grava os vários ficheiros relativos ao trabalho a efectuar.

Também possui a possibilidade de escolher entre

- ❖ Imprimir e Gravar
- ❖ Só gravar

No primeiro caso imprime na impressora definida no Windows e grava no ficheiro que estiver a utilizar, e na segunda opção só grava em ficheiro, permitindo também a posterior manipulação dos dados na memória descritiva do Word. Salienta-se o facto de, se optar pela escolha "Imprimir e Gravar", o comando dos diversos módulos passa a indicar "Imprimir", caso contrário passará a indicar "Gravar".

Escolha a zona onde se situa o projecto: Zona sensível ou Zona mista, conforme estipulado no Regulamento.

Depois faça "**Aceitar Valores**" para Sair. Se a directoria do trabalho já existir aparece a mensagem da figura 14 (à esquerda) e pode continuar a trabalhar. Caso a mesma directoria não exista aparece então a mensagem da figura 14 (ao centro).

Também pode apagar um trabalho, escolhendo-o e em seguida carregar no comando "Apagar Trabalho" e confirma a opção na figura 14 (da direita).

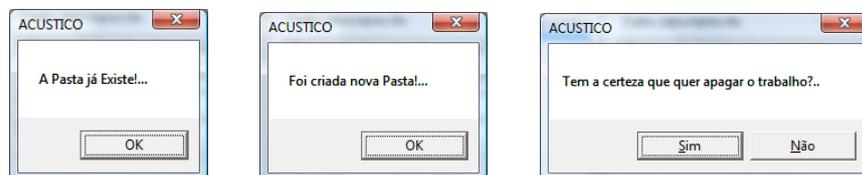


Figura 14 - Mensagens de manuseamento de pasta de trabalho



## 5 . Módulo de cálculo de incomodidade em estaleiros

Neste módulo, comece por escolher o período de funcionamento do estaleiro

Período diurno e entardecer (entre as 7,00 e as 20 horas e entre as 20 e 23 horas)

Período nocturno (entre 20 e 23 horas)

Trabalho 24 horas por dia (contínuo)

De seguida escolha a zona em que se situa o caso em estudo

Zona mista ou zona sensível, sendo apresentado o valor de  $L_{Aeq}$  para a zona em causa.

**Actividades ruidosas temporárias**

Período de funcionamento do estaleiro

- Período diurno e entardecer (7-20 h e 20-23 h)
- Período nocturno (20-23 h)
- Trabalho 24 horas trabalho/dia

Escolha da zona onde se situa o caso de estudo

- Zona mista  $L_{Aeq} = 65,00$  dB
- Zona sensível

Valor do D (função relação percentual entre duração acumulada ocorrência e duração total período referência)

q		DIURNO	NOCTURNO	24 horas/dia
T <=	1,00 horas	D= 4	D= 2	D= 3
T <=	2,00 horas	D= 3	D= 2	D= 2
T <=	4,00 horas	D= 2	D= 2	D= 2
T <=	6,00 horas	D= 1	D= 1	D= 1
T <=	8,00 horas	D= 0	D= 0	D= 0

Duração total do período de referência: 8,00 horas

Distância: 20,00 metros

Equipamentos no estaleiro	Lw	h/dia	D	K1	K2	VERIFICAÇÃO	
						Lar	Máximo
Guindaste com lagartas de 30 kW (remoção de entulho)	108	4	2	3	3	70,98 <	73,00 VERIFICA
Serra eléctrica (corte de madeira)	110	5	1	3	3	72,98 <	72,00 NÃO VERIFICA
	0	0	0	0	0	<	
	0	0	0	0	0	<	
	0	0	0	0	0	<	

Botões: Ejectar, Gravar, Sair

Figura 15 - Módulo de cálculo de actividades ruidosas

Tem de inserir, ou confirmar a duração do período de referência, ou seja o tempo do dia de trabalho. À direita aparecem os valores de D em função do tempo de trabalho do equipamento em obra, que afectarão o cálculo seguinte.

Valor do D (função relação percentual entre duração acumulada ocorrência e duração total período referência)

q		DIURNO	NOCTURNO	24 horas/dia
T <=	1,00 horas	D= 4	D= 2	D= 3
T <=	2,00 horas	D= 3	D= 2	D= 2
T <=	4,00 horas	D= 2	D= 2	D= 2
T <=	6,00 horas	D= 1	D= 1	D= 1
T <=	8,00 horas	D= 0	D= 0	D= 0

Duração total do período de referência: 8,00 horas

Figura 16 - Quadro dos valores D em função de q

Indique a distância do estaleiro à habitação mais próxima.

Na lista pendente escolha o tipo de máquinas e equipamentos a laborar no estaleiro. Os ficheiros, com os dados das características das máquinas podem ser editados e adaptados com novos valores que o utilizador pretenda.

Equipamento

Equipamentos no estaleiro

- Guindaste com lagartas de 30 kW (remoção de entulho)
- Guindaste com lagartas de 30 kW (remoção de entulho)
- Guindaste com lagartas de 42 kW (em elevação)
- Guindaste com lagartas de 42 kW (em arrastamento)
- Guindaste com lagartas de 56 kW (em descanso)
- Guindaste com lagartas de 58 kW (em descarga)
- Serra eléctrica (corte de madeira)
- Serra de mão eléctrica (corte de madeira) lâmina 150 mm
- Serra de mão eléctrica (corte de madeira) lâmina 225 mm

Figura 17 - Lista de máquinas

No presente cálculo, o guindaste verifica a regulamentação, atendendo à sua potência sonora ( $L_w$ ), ao tempo de trabalho por dia. O valor D é em função percentual entre a duração acumulada da ocorrência e a duração total do tempo de referência; os valores de K1 e K2 referem-se à correcção tonal. A serra eléctrica não verifica, pelo que se tem de afastar mais da habitação próxima, colocar barreiras acústicas ou reduzir o tempo de trabalho por dia.

Equipamento	Lw	h/dia	D	K1	K2	VERIFICAÇÃO			
						Lar	Máximo		
Guindaste com lagartas de 30 kW (remoção de entulho)	108	4	2	3	3	70,98	<	73,00	VERIFICA
Serra eléctrica (corte de madeira)	110	5	1	3	3	72,98	<	72,00	NÃO VERIFICA
	0	0	0	0	0		<		
	0	0	0	0	0		<		
	0	0	0	0	0		<		

Figura 18 - Escolha das máquinas em estaleiro e verificação regulamentar

No final do cálculo pode Gravar ou Imprimir, conforme opção escolhida no início do trabalho (Menu de Escolha do Trabalho), ou Sair.



## 6 . Cálculo da área de ocupação sonora equivalente e tempo de reverberação

Cálculo de área de ocupação sonora equivalente															
Dados do compartimento															
Referência	Área		Pé-direito		Volume		<input checked="" type="radio"/> Habitação <input type="radio"/> Outros casos								
QUARTO	15,00 m <sup>2</sup>		2,60 m		39,00 m <sup>3</sup>										
Cálculo da área de ocupação sonora equivalente															
REVESTIMENTOS	Área	FREQÜÊNCIAS EM Hz													
		125 Hz		250 Hz		500 Hz		1000 Hz		2000 Hz		4000 Hz			
		$\alpha_1$	A (m <sup>2</sup> )	$\alpha_1$	A (m <sup>2</sup> )	$\alpha_1$	A (m <sup>2</sup> )	$\alpha_1$	A (m <sup>2</sup> )	$\alpha_1$	A (m <sup>2</sup> )	$\alpha_1$	A (m <sup>2</sup> )		
Pavimento de soalho de madeira	15,00	0,10	1,50	0,10	1,50	0,10	1,50	0,10	1,50	0,10	1,50	0,10	1,50		
Estuque liso (tecos)	15,00	0,02	0,30	0,02	0,30	0,03	0,45	0,03	0,45	0,03	0,45	0,03	0,45		
Portas de madeira	4,00	0,10	0,40	0,10	0,40	0,10	0,40	0,10	0,40	0,10	0,40	0,10	0,40		
Envidraçada corrente	2,00	0,03	0,06	0,03	0,06	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04		
Estuque liso (paredes)	35,68	0,02	0,71	0,02	0,71	0,03	1,07	0,03	1,07	0,03	1,07	0,03	1,07		
	0,00														
	0,00														
	0,00														
	0,00														
OCUPAÇÃO															
	N#	Ai	A (m <sup>2</sup> )	Ai	A (m <sup>2</sup> )	Ai	A (m <sup>2</sup> )	Ai	A (m <sup>2</sup> )	Ai	A (m <sup>2</sup> )	Ai	A (m <sup>2</sup> )		
	0														
	0														
	0														
SOMA DAS ÁREAS (de ocupação sonora equivalentes)								3,46		3,46		3,46			
MÉDIA DAS ÁREAS (das bandas regulamentares)										3,46		m <sup>2</sup>			
Tempo de reverberação (para as bandas de oitava regulamentares)															
FREQÜÊNCIAS EM Hz															
500 Hz				1000 Hz				2000 Hz				MÉDIA		VERIFICAÇÕES	
Fórmula de SABINE	1,84 s	1,84 s	1,84 s	1,84 s	1,84 s	1,84 s	1,84 s	1,84 s	1,84 s	1,84 s	1,84 s	1,84 s	1,84 s	MÉTODO VÁLIDO	
Fórmula de EYRING	1,54 s	1,54 s	1,54 s	1,54 s	1,54 s	1,54 s	1,54 s	1,54 s	1,54 s	1,54 s	1,54 s	1,54 s	1,54 s	MÉTODO NÃO VÁLIDO	
Fórmula de MILLINGTON e SETTE	1,77 s	1,77 s	1,77 s	1,77 s	1,77 s	1,77 s	1,77 s	1,77 s	1,77 s	1,77 s	1,77 s	1,77 s	1,77 s	MÉTODO VÁLIDO	
Limite Regulamentar												N/A s	VERIFICA		

Figura 19 - Aspecto da imagem do módulo com exemplo calculado

Neste módulo, comece por introduzir o nome do aposento que está a estudar, a sua área e o pé-direito e escolher se é habitação ou outros casos. O programa calcula o volume. De seguida terá de descrever os materiais visíveis, escolhendo nas listas pendentes debaixo do título REVESTIMENTOS. Faça a escolha para cada material diferente. O computador assume o valor de alfa1. Terá de indicar cada uma das áreas desse revestimento, como se ilustra na figura seguinte.

REVESTIMENTOS	Área
Pavimento de soalho de madeira	15,00
Estuque liso (tectos)	15,00
Portas de madeira	4,00
Envidraçado corrente	2,00
Estuque liso (paredes)	35,60
	0,00
	0,00
	0,00
	0,00
	0,00

Figura 20 - Revestimentos e respectivas áreas visíveis

Pode de seguida colocar elementos de ocupação. Tenha atenção pois no cálculo de habitações não entram estas ocupações.

OCUPAÇÃO
Pessoa de pé
Pessoa sentada
Criança de pé
Músico de orquestra (incluindo o instrumento)
Cadeira de madeira vazia ou pequena mesa
Cadeira de madeira ocupada
Banco de igreja com almofada vazio
Banco de igreja com almofada ocupado

Figura 21 - Ocupação que ocupa o aposento (não utilizável em habitação)

Além da área de ocupação sonora equivalente, o programa efectua o cálculo do tempo de reverberação. Nas habitações não existem limites máximos para o tempo de reverberação, pelo que aparece no local do valor N/A , (não aplicável).

Os métodos de cálculo do tempo de reverberação, que o programa verifica são

- Fórmula de Sabine
- Fórmula de Eyring
- Fórmula de Millington & Sette

Para cada método é verificado se o método é válido ou não e indicado à frente de cada um. Cada um destes métodos tem condições de aplicação. No caso de existir um dos métodos válidos aparecerá a verificação regulamentar abaixo.

	FREQUÊNCIAS EM Hz				MÉDIA	VERIFICAÇÕES
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz			
Fórmula de SABINE	1,84 s	1,84 s	1,84 s	1,84 s	MÉTODO VÁLIDO	
Fórmula de EYRING	1,54 s	1,54 s	1,54 s	1,54 s	MÉTODO NÃO VÁLIDO	
Fórmula de MILLINGTON e SETTE	1,77 s	1,77 s	1,77 s	1,77 s	MÉTODO VÁLIDO	
Limite Regulamentar	N/A s				VERIFICA	

Figura 22 - Cálculo do tempo de reverberação pelos três métodos

No final do cálculo pode Gravar ou Imprimir, conforme opção escolhida no início do trabalho (Menu de Escolha do Trabalho), ou Sair.

Os ficheiros, com os dados de área de absorção dos revestimentos e da ocupação podem ser editados e adaptados com novos valores que o utilizador pretenda.



## 7. Cálculo de Isolamento ao som aéreo (elementos verticais exteriores)

Este módulo destina-se a verificar os requisitos regulamentares aos sons aéreos de elementos verticais exteriores, por exemplo: elementos simples e elementos mistos. Os elementos mistos podem ter até três elementos diferentes

Elemento opaco

Elemento envidraçado

Outro elemento (portas, grelhas de ventilação)

Quando se tratar de elemento misto será calculada a média ponderada, entre o elemento opaco (parede) e o envidraçado ou elemento opaco (parede), o envidraçado e a grelha de ventilação, por exemplo.

Figura 23 - Imagem do módulo de Cálculo de Elemento Vertical de separação entre exterior e compartimento receptor

Inicia-se por descrever a referência do elemento em estudo, neste caso PAR\_EXTERIOR.

Escolhe-se o elemento opaco. Temos duas hipóteses ou a escolha é feita de uma lista de soluções testadas (figura 24) ou formamos o elemento com as várias constituições (figura 25 e figura 26)

Figura 24 - Lista pendente com soluções testadas para paredes

Figura 25 - Constituição de um elemento (paredes)

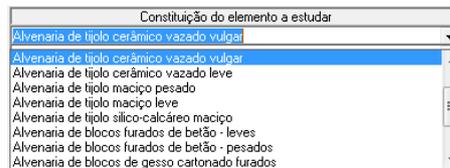


Figura 26 - Lista pendente dos elementos, que pode adicionar ao elemento a formar

Se optar pelas soluções testadas o valor do  $R_w'$  da solução adoptada aparece automaticamente. SE a opção for a de constituir um elemento terá de entrar no Ábaco das Massas e estimar o valor do L1-L2.

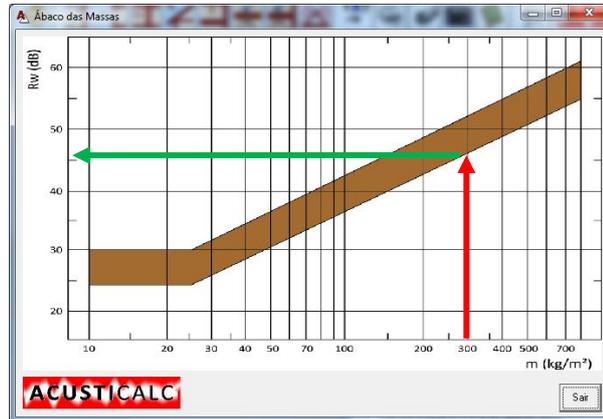


Figura 27 - Ábaco das Massas

Exemplo para uma massa de 300 kg temos um  $L_2-L_1 = 46$  dB (se considerar a linha inferior, os valores estão pelo dado da segurança) – ver figura 27.

A lista pendente de elementos envidraçados é a da figura 28, onde pode escolher soluções retiradas do livro “Manual do Vidro” da Saint Gobain e do livro “Acústica em Edifícios” de Jorge Patrício.

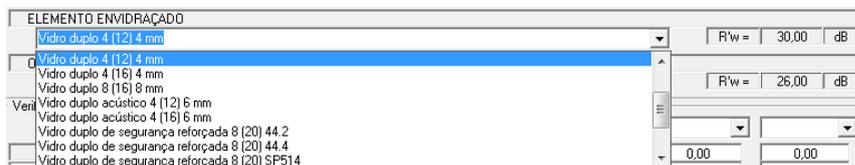


Figura 28 - Lista pendente de elementos envidraçados

A lista pendente de outros elementos (figura 29), onde pode escolher soluções retiradas das “Tabelas Técnicas” de Brazão Farinha e outros e do livro “Acústica em Edifícios” de Jorge Patrício.



Figura 29 - Lista pendente de outros elementos

Em todas estas listas pode acrescentar valores de outras soluções, caso disponha dos dados para o efeito.

De seguida escolha na lista pendente dos compartimentos, qual o compartimento a calcular (figura 30). Esta lista é construída quando calcula os compartimentos no módulo de Absorção/Reverberação (figura 19) – capítulo 6. Ao escolher o compartimento, o valor do volume é assumido, tendo que introduzir os restantes dados: Área do elemento opaco, área de envidraçado e área de outro elemento. Se não tiver escolhido o envidraçado ou o outro elemento (figuras 28 e 29), não aparecerá esta linha para introduzir esses elementos, por não existirem. O cálculo é efectuado e é indicada a verificação “Verifica” ou “Não Verifica” (figura 31).

		SALA	QUARTO
Volume do compartimento	m3	39,00	39,00
Área de elemento opaco	m2	7,50	7,50
Área de envidraçado	m2	3,00	1,60
Área de outro elemento	m2	1,60	0,00
R' w ou L2-L1 (elemento opaco)	dB	50,00	50,00
R' w (envidraçados)	dB	30,00	30,00
R' w (outro elemento)	dB	26,00	26,00
DnT,w	dB	35,49	39,56
Verificação dos requisitos entre zonas escolhidas		Verifica	Verifica

Figura 30 - Escolha do compartimento a estudar

		SALA	QUARTO			
Volume do compartimento	m3	52,00	39,00	0,00	0,00	0,00
Área de elemento opaco	m2	9,00	7,50	0,00	0,00	0,00
Área de envidraçado	m2	3,00	1,60	0,00	0,00	0,00
Área de outro elemento	m2	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00
R' w ou L2-L1 (elemento opaco)	dB	50,00	50,00			
R' w (envidraçados)	dB	30,00	30,00			
R' w (outro elemento)	dB	26,00	26,00			
DnT,w	dB	35,49	39,56			
Verificação dos requisitos entre zonas escolhidas		Verifica	Verifica			

Figura 31 - Cálculo efectuado com as verificações regulamentares

Pode repetir para outros elementos em estudo.

No final pode gravar ou imprimir, conforme opção inicial (figura 13).



## 8. Cálculo de Isolamento ao som aéreo (elementos verticais interiores)

Este módulo destina-se a verificar os requisitos regulamentares aos sons aéreos de elementos verticais interiores, por exemplo: elementos simples e elementos mistos. Os elementos mistos só terão interesse quando calcular por exemplo, um consultório ou um quarto de hotel, em que tem de considerar cada compartimento desses como se faz num fogo. Aí podem aparecer elementos envidraçados interiores como na separação de um consultório com uma sala de espera, por exemplo.

Neste módulo, começa-se por escolher a situação em estudo. As opções são

- Entre caso elemento receptor (caso em estudo) e outra habitação
- Entre caso elemento receptor (caso em estudo) e circulação comum – geral
- Entre caso elemento receptor (caso em estudo) e Comunicação comum – escadas e elevadores
- Entre caso elemento receptor (caso em estudo) e Circulação comum - garagens
- Entre caso elemento receptor (caso em estudo) e Comércio, Indústrias e Serviços

O funcionamento deste módulo é igual ao anterior (capítulo 7).



## 9. Cálculo de Isolamento ao som aéreo (elementos horizontais exteriores)

Este módulo destina-se a verificar os requisitos regulamentares aos sons aéreos de elementos horizontais exteriores, por exemplo: elementos simples e elementos mistos. Os elementos mistos podem ter até três elementos diferentes

Elemento opaco

Elemento envidraçado

Outro elemento (portas, grelhas de ventilação)

Quando se tratar de elemento misto será calculada a média ponderada, entre o elemento opaco (parede) e o envidraçado ou elemento opaco (parede), o envidraçado e a grelha de ventilação, por exemplo. Como se trata de elementos horizontais os envidraçados podem ser clarabóias no telhado ou na laje de tecto e os outros elementos podem ser uma abertura de passagem para o sótão ou telhado.

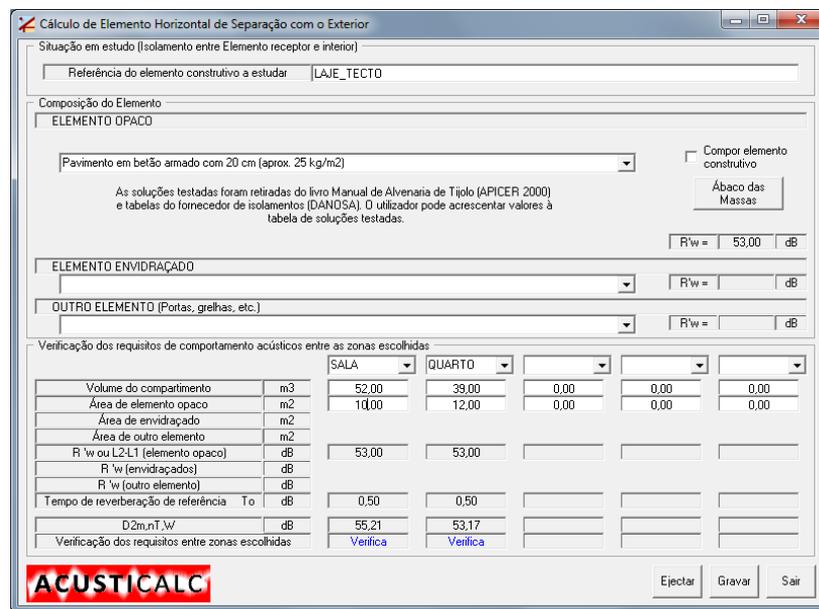


Figura 32 - Imagem do módulo de Cálculo de Elemento Vertical de separação entre exterior e compartimento receptor

Inicia-se por descrever a referência do elemento em estudo, neste caso PAR\_EXTERIOR.

Escolhe-se o elemento opaco. Temos duas hipóteses ou a escolha é feita de uma lista de soluções testadas (figura 33) ou formamos o elemento com as várias constituições (figura 34 e figura 35)

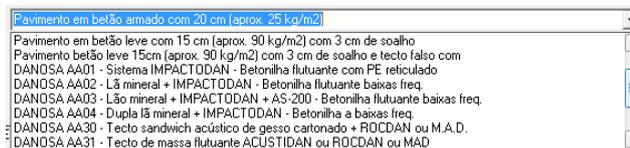


Figura 33 - Lista pendente com soluções testadas para paredes

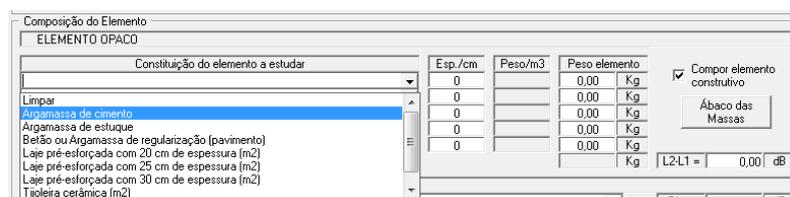


Figura 34 - Constituição de um elemento (pavimentos)

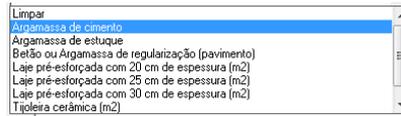


Figura 35 - Lista pendente dos elementos, que pode adicionar ao elemento a formar

Se optar pelas soluções testadas o valor do  $Rw'$  da solução adoptada aparece automaticamente. Se a opção for a de constituir um elemento terá de entrar no **Ábaco das Massas** e estimar o valor do  $L1-L2$ .

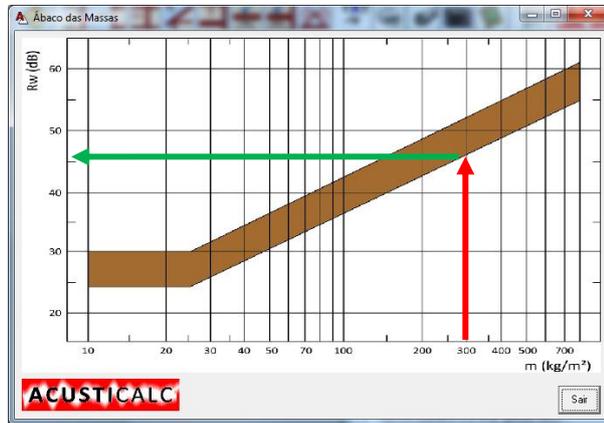


Figura 36 - Ábaco das Massas

Exemplo para uma massa de 300 kg temos um  $L2-L1 = 46$  dB (se considerar a linha inferior, os valores estão pelo dado da segurança) – ver figura 27.

A lista pendente de elementos envidraçados é a da figura 28, onde pode escolher soluções retiradas do livro “Manual do Vidro” da Saint Gobain e do livro “Acústica em Edifícios” de Jorge Patrício, caso se adapte ao elemento em estudo.

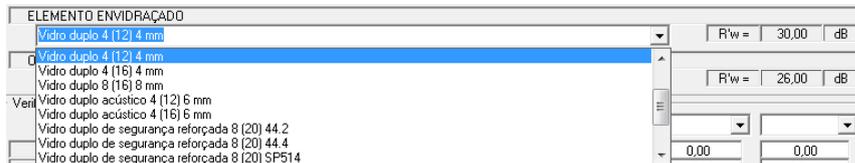


Figura 37 - Lista pendente de elementos envidraçados

A lista pendente de outros elementos (figura 29), onde pode escolher soluções retiradas das “Tabelas Técnicas” de Brazão Farinha e outros e do livro “Acústica em Edifícios” de Jorge Patrício, caso se adapte ao elemento em estudo.



Figura 38 - Lista pendente de outros elementos

Em todas estas listas pode acrescentar valores de outras soluções, caso disponha dos dados para o efeito.

De seguida escolha na lista pendente dos compartimentos, qual o compartimento a calcular (figura 30). Esta lista é construída quando calcula os compartimentos no módulo de Absorção/Reverberação (figura 19) – capítulo 6. Ao escolher o compartimento, o valor do volume é assumido, tendo que introduzir os restantes dados: Área do elemento opaco, área de envidraçado e área de outro elemento. Se não tiver escolhido o envidraçado ou o outro elemento (figuras 28 e 29), não aparecerá esta linha para introduzir esses elementos, por não existirem. O cálculo é efectuado e é indicada a verificação “Verifica” ou “Não Verifica” (figura 39).

Verificação dos requisitos de comportamento acústicos entre as zonas escolhidas

	SALA	QUARTO			
Volume do compartimento	m3	52,00	39,00	0,00	0,00
Área de elemento opaco	m2	9,00	7,50	0,00	0,00
Área de envidraçado	m2	3,00	1,60	0,00	0,00
Área de outro elemento	m2	1,60	0,00	0,00	0,00
R 'w ou L2L1 (elemento opaco)	dB	50,00	50,00		
R 'w (envidraçados)	dB	30,00	30,00		
R 'w (outro elemento)	dB	26,00	26,00		
DnT,w	dB	35,49	39,56		
Verificação dos requisitos entre zonas escolhidas		Verifica	Verifica		

Figura 39 - Cálculo efectuado com as verificações regulamentares

Pode repetir para outros elementos em estudo.

No final pode gravar ou imprimir, conforme opção inicial (figura 13).



## 10. Cálculo de Isolamento ao som aéreo (elementos horizontais interiores)

Este módulo destina-se a verificar os requisitos regulamentares aos sons aéreos de elementos verticais interiores, por exemplo: elementos simples e elementos mistos. Os elementos mistos só terão interesse quando calcular por exemplo, um consultório ou um quarto de hotel, em que tem de considerar cada compartimento desses como se faz num fogo. Aí podem aparecer elementos envidraçados interiores como na separação de um consultório com uma sala de espera, por exemplo.

Neste módulo, começa-se por escolher a situação em estudo. As opções são

- Entre caso elemento receptor (caso em estudo) e outra habitação
- Entre caso elemento receptor (caso em estudo) e circulação comum – geral
- Entre caso elemento receptor (caso em estudo) e Comunicação comum – escadas e elevadores
- Entre caso elemento receptor (caso em estudo) e Circulação comum - garagens
- Entre caso elemento receptor (caso em estudo) e Comércio, Indústrias e Serviços

O funcionamento deste módulo é igual ao anterior (capítulo 9).



## 11 . Cálculo de Isolamento a sons de percussão (simplificado)

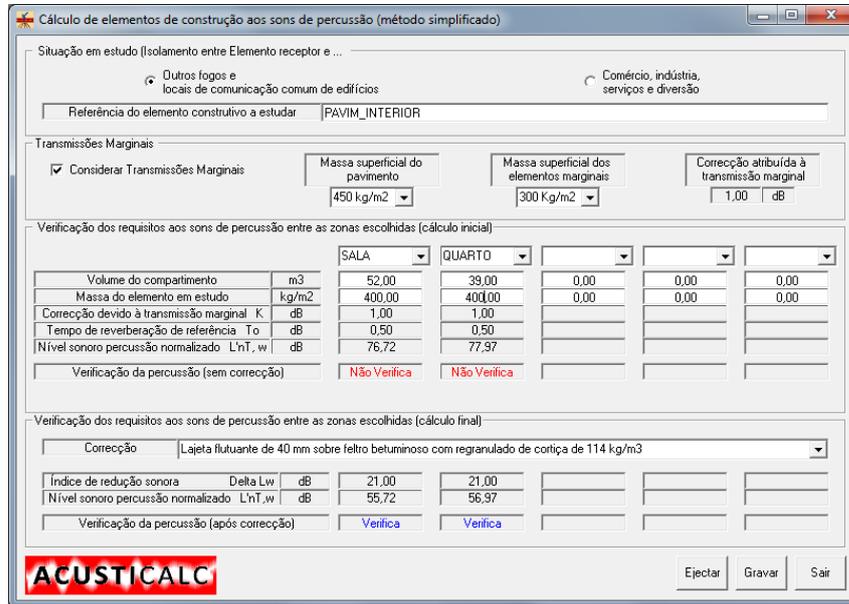


Figura 40 - Aspecto da imagem do módulo de percussão (método simplificado)

Neste módulo, começa-se por escolher a situação em estudo. As opções são

Outros Fogos e locais de comunicação comum dos edifícios

Comércio, Indústria, serviços e diversão

Também deverá escrever a referência do elemento em estudo, no campo próprio, por exemplo: PAVIMENTO SEPARAÇÃO, etc.

Pode optar por considerar as transmissões marginais, que serão calculadas em função da massa do pavimento e das paredes.

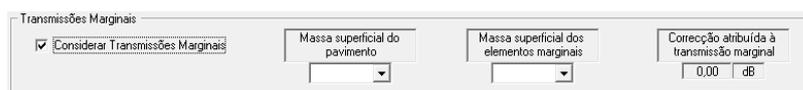


Figura 41 - Opção de escolha do cálculo das transmissões marginais

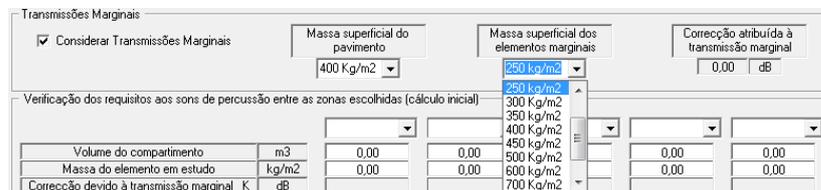


Figura 42 - Escolha das massas do pavimento e elementos marginais

De seguida escolha na lista pendente dos compartimentos, qual o compartimento a calcular (figura 43). Esta lista é construída quando calcula os compartimentos no módulo de Absorção/Reverberação (figura 19) – capítulo 6. Ao escolher o compartimento, o valor do volume é assumido, tendo que introduzir a massa do pavimento. O cálculo é efectuado e é indicada a verificação “Verifica” ou “Não Verifica” (figura 31).

Verificação dos requisitos aos sons de percussão entre as zonas escolhidas (cálculo inicial)

		SALA	QUARTO			
Volume do compartimento	m <sup>3</sup>	52,00	39,00	0,00	0,00	0,00
Massa do elemento em estudo	kg/m <sup>2</sup>	400,00	400,00	0,00	0,00	0,00
Correcção devido à transmissão marginal	K	1,00	1,00			
Tempo de reverberação de referência	T <sub>0</sub>	0,50	0,50			
Nível sonoro percussão normalizado	L <sub>nT,w</sub>	76,72	77,97			
Verificação da percussão (sem correcção)		Não Verifica	Não Verifica			

Verificação dos requisitos aos sons de percussão entre as zonas escolhidas (cálculo final)

Correcção: Lajeta flutuante de 40 mm sobre feltro betuminoso com regranulado de cortiça de 114 kg/m<sup>3</sup>

Índice de redução sonora	Delta L <sub>w</sub>	dB	21,00	21,00		
Nível sonoro percussão normalizado	L <sub>nT,w</sub>	dB	55,72	56,97		
Verificação da percussão (após correcção)			Verifica	Verifica		

Figura 43 – Cálculo aos sons de percussão

No presente caso a solução não verifica os requisitos regulamentares, pelo que se vai escolher uma correcção da lista pendente.

Verificação dos requisitos aos sons de percussão entre as zonas escolhidas (cálculo final)

Correcção: Limpar

Índice de redução sonora: Lajeta flutuante de 40 mm sobre aglomerado negro de cortiça de 95 kg/m<sup>3</sup> c/ 10 cm de espessura

Nível sonoro percussão normalizado: Lajeta flutuante de 40 mm sobre aglomerado negro de cortiça de 100 kg/m<sup>3</sup> c/ 20 cm de espessura

Verificação da percussão: Lajeta flutuante de 40 mm sobre aglomerado negro de cortiça de 100 kg/m<sup>3</sup> c/ 10 cm de espessura

Lajeta flutuante de 40 mm sobre aglomerado negro de cortiça de 102 kg/m<sup>3</sup> c/ 6 cm de espessura

Lajeta flutuante de 40 mm sobre aglomerado negro de cortiça de 112 kg/m<sup>3</sup> c/ 20 cm de espessura

Lajeta flutuante de 40 mm sobre aglomerado negro de cortiça de 120 kg/m<sup>3</sup> c/ 40 cm de espessura

Figura 44 - Lista pendente com várias soluções de correcção

A solução adoptada agora verifica, mas a solução inicial com a condição de não verificação mantém-se escrita. Não se trata de erro, é mesmo assim.

De seguida pode Imprimir ou Gravar, de acordo com a opção inicial.



## 12 . Cálculo de Isolamento a sons de percussão (detalhado)

Este módulo calcula o pavimento a sons de percussão, pelo método do Invariante.

**Cálculo de elementos de construção aos sons de percussão (método detalhado)**

Situação em estudo (Isolamento entre Elemento receptor e ...)

Outros fogos e locais de comunicação comum de edifícios  Comércio, indústria, serviços e diversão

Referência do elemento construtivo a estudar: PAV\_SEPARAÇÃO

Tipo de pavimento: Pavimento de vigotas pré-esforçadas | Resistência acústica do elemento:  $(L2-L1) = 50$  dB

Transmissões Marginais

Considerar Transmissões Marginais

Massa superficial do pavimento: 400 Kg/m<sup>2</sup> | Massa superficial dos elementos marginais: 300 Kg/m<sup>2</sup> | Correção atribuída à transmissão marginal: 0,00 dB

Verificação dos requisitos aos sons de percussão entre as zonas escolhidas (cálculo inicial)

	ALA	QUARTO			
Volume do compartimento	m <sup>3</sup>	52,00	39,00	0,00	0,00
$(L1-L2) + Li$	dB	125,00	125,00		
$(L1-L2) + R'w$	dB	50,00	50,00		
Nível sonoro médio $L_i$	dB	75,00	75,00		
Correção devido à transmissão marginal $K$	dB	0,00	0,00		
Tempo de reverberação $T$	dB	1,92	1,91		
Tempo de reverberação de referência $T_0$	dB	0,50	0,50		
Nível sonoro percussão normalizado $L'_{nT,w}$	dB	80,84	80,82		
Verificação da percussão (sem correção)		Não Verifica	Não Verifica		

Verificação dos requisitos aos sons de percussão entre as zonas escolhidas (cálculo final)

Correção: Lajeta flutuante de 40 mm sobre leito betuminoso com regranulado de cortiça de 114 kg/m<sup>3</sup>

Índice de redução sonora $\Delta L_w$	dB	21,00	21,00		
Nível sonoro percussão normalizado $L'_{nT,w}$	dB	59,84	59,82		
Verificação da percussão (após correção)		Verifica	Verifica		

Buttons: Ejectar, Gravar, Sair

Figura 45 - Aspecto geral da imagem do módulo de percussão (método detalhado)

Neste módulo, começa-se por escolher a situação em estudo. As opções são

Outros Fogos e locais de comunicação comum dos edifícios

Comércio, Indústria, serviços e diversão

Também deverá escrever a referência do elemento em estudo, no campo próprio, por exemplo: PAVIMENTO SEPARAÇÃO, etc. (figura 46)

Figura 46 - Escolha de situação de estudo e nome do elemento a estudar

Escolha o tipo de pavimento a estudar, bem como a sua resistência acústica (figura 47 e 48).

Figura 47 - Escolha de tipo de pavimento e Resistência acústica do elemento

Figura 48 - Lista de elementos possíveis para pavimentos

Pode optar por considerar as transmissões marginais, que serão calculadas em função da massa do pavimento e das paredes.

Transmissões Marginais

Considerar Transmissões Marginais

Massa superficial do pavimento

Massa superficial dos elementos marginais

Correcção atribuída à transmissão marginal 0,00 dB

Figura 48 - Opção de escolha do cálculo das transmissões marginais

Transmissões Marginais

Considerar Transmissões Marginais

Massa superficial do pavimento 400 Kg/m<sup>2</sup>

Massa superficial dos elementos marginais 250 kg/m<sup>2</sup>

Correcção atribuída à transmissão marginal 0,00 dB

Verificação dos requisitos aos sons de percussão entre as zonas escolhidas (cálculo inicial)

Volume do compartimento	m <sup>3</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00
Massa do elemento em estudo	kg/m <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00
Correcção devido à transmissão marginal	K				

Figura 49 - Escolha das massas do pavimento e elementos marginais

De seguida escolha na lista pendente dos compartimentos, qual o compartimento a calcular (figura 50). Esta lista é construída quando calcula os compartimentos no módulo de Absorção/Reverberação (figura 19) – capítulo 6. Ao escolher o compartimento, o cálculo é efectuado, é preenchida a tabela e é indicada a verificação “Verifica” ou “Não Verifica”

Escreva o nome do compartimento em estudo, bem como da área de absorção dessa divisão (calculada anteriormente)

Verificação dos requisitos aos sons de percussão entre as zonas escolhidas (cálculo inicial)

		ALA	QUARTO			
Volume do compartimento	m <sup>3</sup>	52,00	39,00	0,00	0,00	0,00
(L1-L2) + Li	dB 1/3ok	125,00	125,00			
(L1-L2) ou R'w	dB	50,00	50,00			
Nível sonoro médio Li	dB	75,00	75,00			
Correcção devido à transmissão marginal K	dB	0,00	0,00			
Tempo de reverberação T	dB	1,92	1,91			
Tempo de reverberação de referência To	dB	0,50	0,50			
Nível sonoro percussão normalizado L'nT, w	dB	80,84	80,82			
Verificação da percussão (sem correcção)		Não Verifica	Não Verifica			

Verificação dos requisitos aos sons de percussão entre as zonas escolhidas (cálculo final)

Correcção Lajeta flutuante de 40 mm sobre feltro betuminoso com regrunulado de cortiça de 114 kg/m<sup>3</sup>

Índice de redução sonora Delta Lw	dB	21,00	21,00			
Nível sonoro percussão normalizado L'nT, w	dB	59,84	59,82			
Verificação da percussão (após correcção)		Verifica	Verifica			

Figura 50 – Cálculo à percussão

No presente caso a solução não verifica os requisitos regulamentares, pelo que se vai escolher uma correcção da lista pendente.

- Lajeta flutuante de 40 mm sobre aglomerado negro de cortiça de 95 kg/m<sup>3</sup> c/ 10 cm de espessura
- Lajeta flutuante de 40 mm sobre aglomerado negro de cortiça de 100 kg/m<sup>3</sup> c/ 20 cm de espessura
- Lajeta flutuante de 40 mm sobre aglomerado negro de cortiça de 101 kg/m<sup>3</sup> c/ 10 cm de espessura
- Lajeta flutuante de 40 mm sobre aglomerado negro de cortiça de 102 kg/m<sup>3</sup> c/ 5 cm de espessura
- Lajeta flutuante de 40 mm sobre aglomerado negro de cortiça de 112 kg/m<sup>3</sup> c/ 20 cm de espessura
- Lajeta flutuante de 40 mm sobre aglomerado negro de cortiça de 120 kg/m<sup>3</sup> c/ 40 cm de espessura
- Lajeta flutuante de 40 mm sobre aglomerado negro de cortiça de 140 kg/m<sup>3</sup> c/ 12 cm de espessura
- Lajeta flutuante de 40 mm sobre aglomerado negro de cortiça de 194 kg/m<sup>3</sup> c/ 5 cm de espessura

Figura 51 – Lista de tipos de correcção

A solução adoptada agora verifica, mas a solução inicial com a condição de não verificação mantém-se escrita. Não se trata de erro, é mesmo assim.

De seguida pode Imprimir ou Gravar, de acordo com a opção inicial.



## 13 . Cálculo de Incomodidade devido a equipamentos colectivos

Este módulo calcula o ruído de equipamentos colectivos, como elevadores, bombas de água, motores de portões, etc. (incomodidade)

Inicia-se por escolher o tipo de equipamento

- Funcionamento intermitente
- Funcionamento contínuo
- Equipamento de emergência

De seguida escolha na lista pendente dos compartimentos, qual o compartimento a calcular (figura 52). Esta lista é construída quando calcula os compartimentos no módulo de Absorção/Reverberação (figura 19) – capítulo 6. Ao escolher o compartimento, são assumidos os valores do volume, pé-direito, superfície visível, alfa médio, raio da esfera que se consegue inscrever dentro do compartimento emissor, (em geral metade do pé-direito<sup>1</sup>), e o valor de R.

Figura 52 - Ambiente do módulo de cálculo de incomodidade

Também tem de escolher o factor de direccionalidade

- Máquina colocada a meio do compartimento
- Máquina colocada num canto do compartimento
- Máquina colocada num vértice do compartimento

Terá de introduzir o Equipamento instalado, o valor de ruído produzido pela máquina ( $L_w^2$ ), a resistência acústica do elemento de separação (calculado nos módulos anteriores) e o valor de correcção tonal (3 para máquinas e zero para os outros casos).

O cálculo é efectuado, é preenchida a tabela e é indicada a verificação "Verifica" ou "Não Verifica". Se tivermos mais do que um equipamento será calculado o ruído global, calculado somando os ruídos, bem como a verificação global. Chama-se a atenção que não é a soma aritmética dos ruídos parcelares.

<sup>1</sup> Alguns autores consideram a distância da fonte de ruído à habitação mais próxima

<sup>2</sup> Valores conseguidos nos fabricantes das máquinas, ou lidos nas características das máquinas

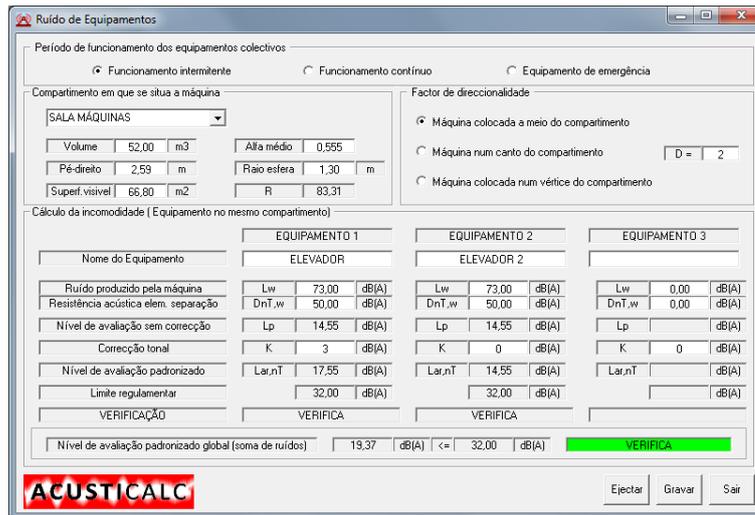


Figura 52 - Ambiente do módulo de cálculo de incomodidade com mais do que um equipamento



## 14. Editor de Ficheiros

O editor de ficheiros, que é o **Editor do Windows**, permite em qualquer momento, aceder ao ficheiro de resultados. Para o fazer clique sobre o ícone. Para correcta visualização pode ter necessidade de aumentar a largura da janela e de mudar o tamanho de letra para 8. A partir deste ficheiro, pode exportar para Word, fazendo a manipulação dos dados, inserindo-os na memória descritiva, ou gravando o ficheiro na directoria de trabalho do projecto, por exemplo.

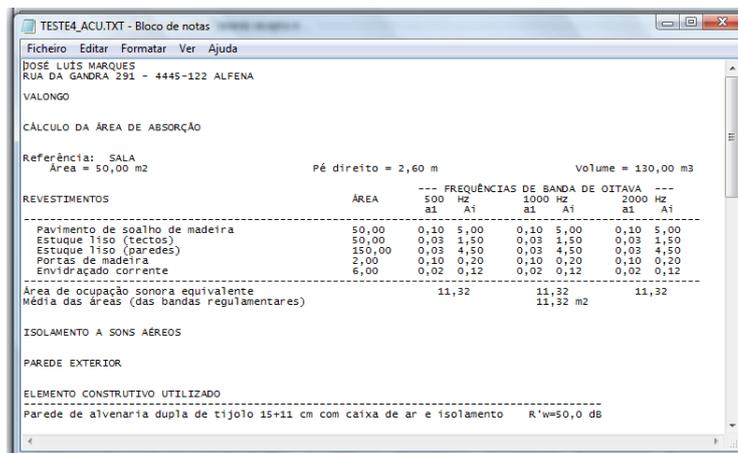


Figura 53 – Abertura do ficheiro de resultados em Notepad



## 15. Calculadora

Também pode utilizar a calculadora do sistema do Windows, para efectuar qualquer cálculo extra programa.



Figura 54 – Calculadora do sistema



## 16. Ejectar folha de impressão

Ao imprimir os dados, a impressora assume os valores e só no fim do cálculo é que “despeja” os valores – isto é característica do Windows e do método utilizado pelas impressoras.

O método que se pretende implementar é o seguinte:

- Faça dois cálculos e em seguida carregue no ícone, para Ejectar a folha, Mais dois cálculos e novamente no Ejectar. É uma questão de hábito. Pode sempre verificar os dados no ficheiro como foi dito no capítulo 14.

- Caso não faça o ejectar quando terminar a utilização do programa os cálculos completos saem seguidos, mas com a desvantagem das quebras de página.



## 17. Memória descritiva

Juntamos ao programa uma Memória descritiva em formato WORD para utilizar nos seus trabalhos. Acerte a mesma actualizando-a ou eliminando o que não se ajustar ao seu projecto. Também pelo programa pode aceder á mesma (caso os atalhos estejam correctos).

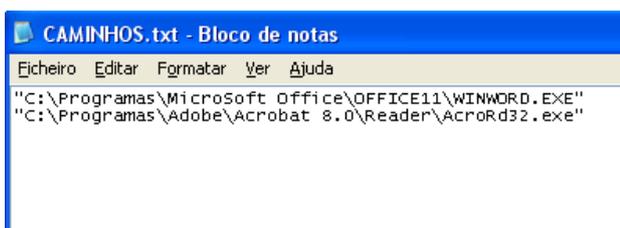


Figura 55 – Ficheiro de atalhos para Word e Acrobat Reader

Caminho assumido para leitura do Microsoft Word

"C:\Programas\Microsoft Office\OFFICE11\WINWORD.EXE"

Este caminho pode ser alterado, mas atenção às aspas e ao nome correcto do caminho, caso contrário o programa poderá não abrir o Word. Também pode aceder à memória descritiva, caso clique sobre ela (dentro da directoria) e possua o Word instalado.

Forma de introduzir o ficheiro de texto na Memória descritiva

1 - Abra a memória descritiva, através do programa ou através do Word.

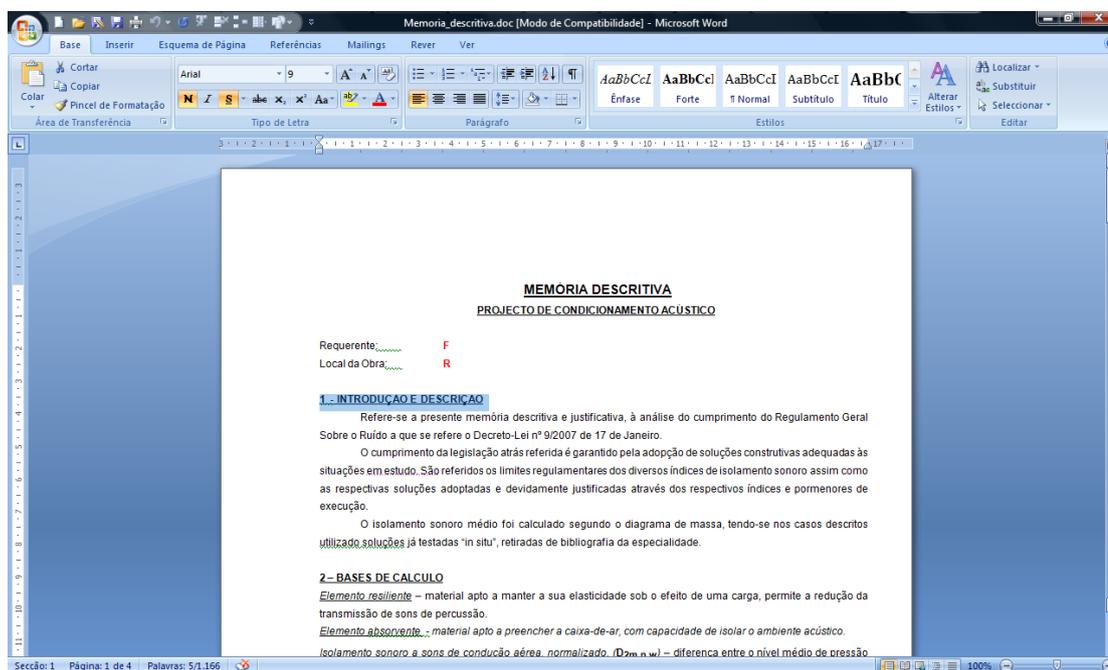


Figura 56 – Abertura em Microsoft WinWord da Memória Descritiva (parte inicial)

2 – Altere o que pretender e posicione-se no final da mesma

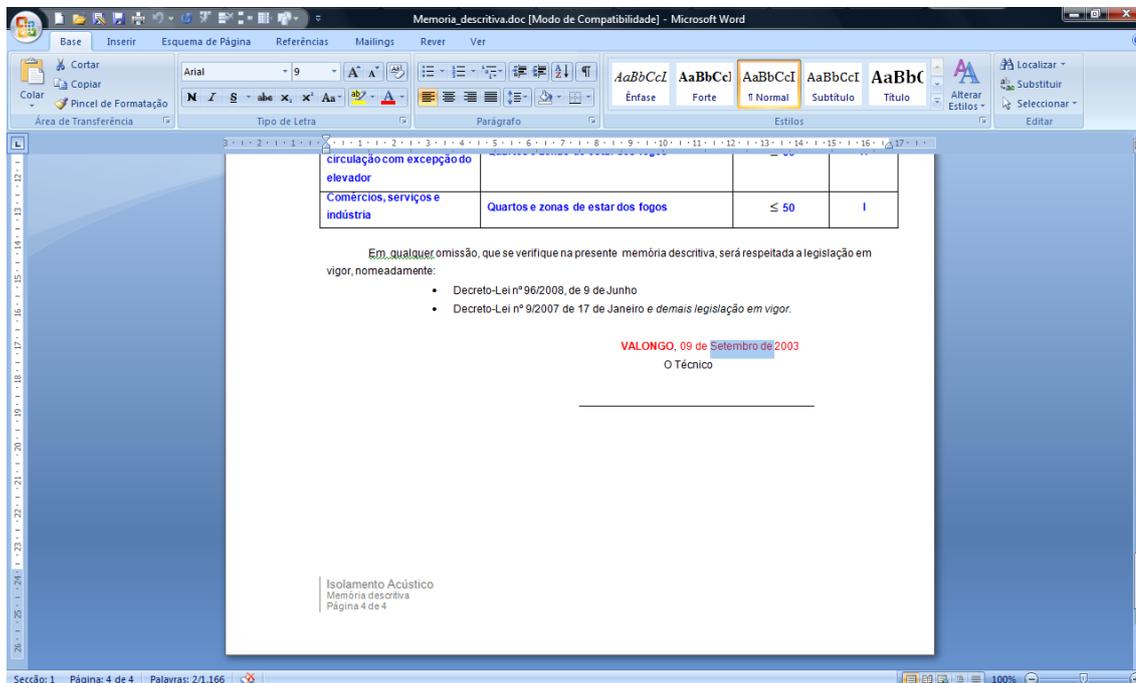


Figura 57 – Abertura em Microsoft WinWord da Memória Descritiva (parte final)

3 – Vá a Inserir → Ficheiro

4 – Escolher Tipo de ficheiros para **Todos os ficheiros (\*.\*)**

5 – Escolher a Directoria **\Trabalhos** no disco onde tem o programa instalado

6 – Escolher a Directoria com nome do trabalho

- 7 – Clicar sobre Ficheiro com NOME\_DO\_TRABALHO.TXT e em Seguida Inserir no comando em baixo à direita
- 8 – Seleccione todo o texto – parte de resultados
- 9 - Escolha letra **Courier New** e tamanho 8. Coloque Margem direita nos 17 e está pronto a imprimir.

Os cálculos justificativos devem ser introduzidos em letra Courier New com tamanho 8.

Exemplo da inserção de resultados em Arial (os valores aparecem todos desformatados):

ISOLAMENTO A SONS AÉREOS

PAREDE EXTERIOR (R/C)

ELEMENTO CONSTRUTIVO UTILIZADO

Parede de alvenaria dupla de tijolo 15+11 cm com caixa de ar e isolamento R'w=50,0 dB

ENVIDRAÇADO UTILIZADO

Vidro duplo acústico 4 (12) 6 mm

R'w=33,0 dB

ELEMENTOS ESTUDADOS

Caso em estudo	SALA	SUITE	QUARTO 1	QUARTO 2
Volume (m3)	105,27	77,83	41,43	41,15
Área de elemento opaco (m2)	23,10	18,80	8,30	16,40
Área de envidraçado (m2)	4,60	2,20	3,80	2,20
Área de outro elemento (m2)	0,00	0,00	0,00	0,00
R'w ou L2-L1 da parede (dB)	50,00	50,00	50,00	50,00
R'w do envidraçado (dB)	33,00	33,00	33,00	33,00
R'w do outro elemento (dB)	0,00	0,00	0,00	0,00
To - Reverberação ref <sup>a</sup> .(dB)	0,50	0,50	0,50	0,50
DnT,w (dB)	42,02	43,34	39,88	40,72
Limite regulamentar (dB)	33,00	33,00	33,00	33,00
Verificação	Verifica	Verifica	Verifica	Verifica

Basta alterar o tipo de letra para Courier New e fica com o seguinte aspecto:

ISOLAMENTO A SONS AÉREOS

PAREDE EXTERIOR (R/C)

ELEMENTO CONSTRUTIVO UTILIZADO

Parede de alvenaria dupla de tijolo 15+11 cm com caixa de ar e isolamento R'w=50,0 dB

ENVIDRAÇADO UTILIZADO

Vidro duplo acústico 4 (12) 6 mm

R'w=33,0 dB

ELEMENTOS ESTUDADOS

Caso em estudo	SALA	SUITE	QUARTO 1	QUARTO 2
Volume (m3)	105,27	77,83	41,43	41,15
Área de elemento opaco (m2)	23,10	18,80	8,30	16,40
Área de envidraçado (m2)	4,60	2,20	3,80	2,20
Área de outro elemento (m2)	0,00	0,00	0,00	0,00
R'w ou L2-L1 da parede (dB)	50,00	50,00	50,00	50,00
R'w do envidraçado (dB)	33,00	33,00	33,00	33,00
R'w do outro elemento (dB)	0,00	0,00	0,00	0,00
To - Reverberação ref <sup>a</sup> .(dB)	0,50	0,50	0,50	0,50
DnT,w (dB)	42,02	43,34	39,88	40,72
Limite regulamentar (dB)	33,00	33,00	33,00	33,00
Verificação	Verifica	Verifica	Verifica	Verifica



## 18. Manual Técnico

Juntamos ao programa um Manual Técnico, com os ficheiros em PDF para sua consulta. Nela está descrito o método de cálculo efectuado. Este manual também está acessível através do menu do programa (necessita do Adobe Acrobat Reader instalado) e se estiver instalado com os caminhos correctos. Caso não possua o Adobe Acrobat Reader pode obtê-lo gratuitamente na Internet no site da Adobe: [www.adobe.com](http://www.adobe.com)

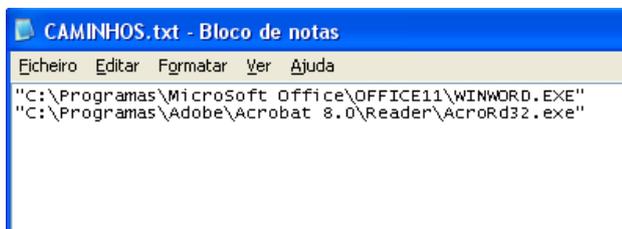


Figura 58 – Caminhos (ficheiro editável)

Caminho assumido para leitura do Acrobat Reader

```
"C:\Programas\Adobe\Acrobat 8.0\Reader\AcroRd32.exe"
```

Este caminho pode ser alterado, mas atenção às aspas e ao nome correcto do caminho, caso contrário o programa poderá não abrir o Acrobat Reader. Também pode aceder ao Manual, caso clique sobre ele (dentro da directoria) e possua o Acrobat Reader instalado. Aqui as alterações geralmente são o número da versão. .... Adobe\Acrobat 8.0\Reader...., .... Adobe\Acrobat 7.0\Reader...., etc.



## 19. Bibliografia

A bibliografia utilizada foi a seguinte:

- Manual de Alvenaria de Tijolo – APICER 2000
- Acústica nos Edifícios – Jorge Patrício
- TABELAS TÉCNICAS – de Brasão Farinha
- Manual do Vidro – Saint-Gobain
- Apontamentos do Curso
- Manual Técnico da DANOSA
- Programa desenvolvido em Visual Basic 6.00 da Microsoft
- Na elaboração do programa utilizei a "Input32X Edit Control" versão 1.6.38 de [www.eoliv.com](http://www.eoliv.com)



## 20. Exemplo de Cálculo de uma moradia

### 1 - Cálculo do coeficiente de absorção

Começamos por medir em cada divisão as áreas dos elementos visíveis. Neste exemplo vou calcular a Sala Comum, Suite, e dois Quartos. Este é o trabalho mais complexo, mas que não pode ser evitado. Assim em cada divisão calculo a área e o pé-direito. Calculo, também, a área visível de cada superfície, nomeadamente área de pavimento, de tecto, de paredes, de madeira das portas e dos vidros das janelas.

#### MEDIÇÕES:

##### Cálculo da área de ocupação sonora equivalente

	SALA COMUM	SUITE	QUARTO 1	QUARTO 2
Área (m <sup>2</sup> )	35,80	19,30	14,20	21,90
Pé-direito	2,60	2,60	2,60	2,60

	Área de material	Área de material	Área de material	Área de material
REVESTIMENTOS	Ai (m <sup>2</sup> )			
Pavimento	35,80	19,30	14,20	21,90
Tectos em estuque	35,80	19,30	14,20	21,90
Paredes em estuque	57,80	32,00	25,70	39,10
Portas (madeira)	2,00	11,00	6,28	6,80
Vidro (janelas)	3,00	2,75	5,40	2,75
OCUPAÇÃO				

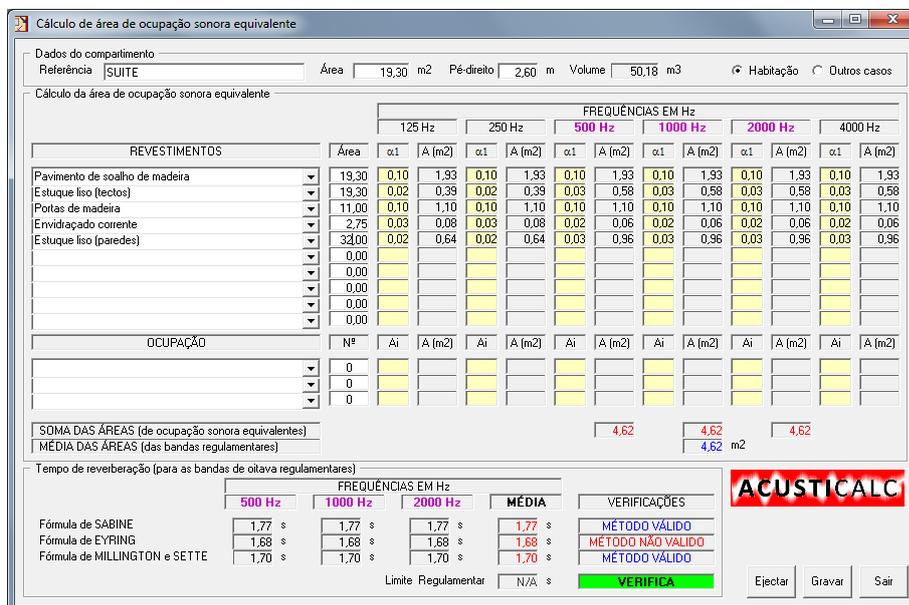
Para cada compartimento que vou estudar necessito de saber a área de parede exterior e do respectivo envidraçado, para introduzir no programa e este determinar a média ponderada.

		SALA	SUITE	QUARTO 1	QUARTO 2
Área de parede	m <sup>2</sup>	11,66	9,47	2,79	7,65
Área de envidraçado	m <sup>2</sup>	3,00	2,75	5,40	2,75

Para a sala, introduzo a área, o pé-direito, e vou escolhendo os diversos revestimentos visíveis e introduzo as respectivas áreas visíveis. O programa apresenta os alfas para as diferentes frequências e calcula as áreas de absorção sonora equivalente. Apenas entram nos cálculos as frequências de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz.

No caso de habitação não entro com nenhum elemento de ocupação. No caso da reverberação, o programa verifica pelos três métodos já indicados no presente manual. O presente caso tem os três métodos válidos e como o limite máximo é N/A (Não aplicável), logo VERIFICA a reverberação.





Após escolher Imprimir ou Gravar vai para o ficheiro de resultados a seguinte informação:

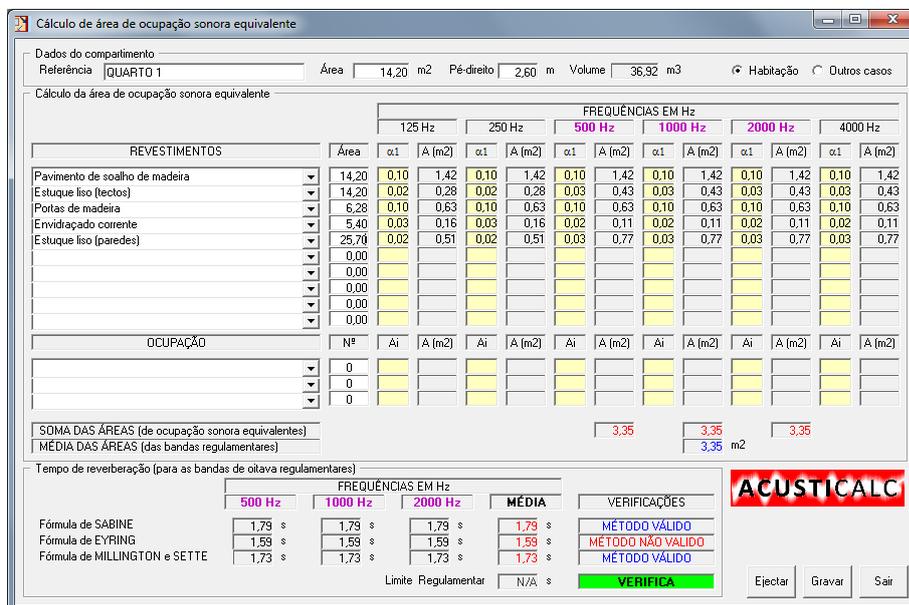
Referência: SUITE  
 Área = 19,30 m<sup>2</sup> Pé direito = 2,60 m Volume = 50,18 m<sup>3</sup>

CÁLCULO DA ÁREA DE ABSORÇÃO

REVESTIMENTOS	ÁREA m <sup>2</sup>	FREQÜÊNCIAS DE BANDA DE OITAVA					
		500 Hz		1000 Hz		2000 Hz	
		a1	Ai	a1	Ai	a1	Ai
Pavimento de soalho de madeira	19,30	0,10	1,93	0,10	1,93	0,10	1,93
Estuque liso (tectos)	19,30	0,03	0,58	0,03	0,58	0,03	0,58
Portas de madeira	11,00	0,10	1,10	0,10	1,10	0,10	1,10
Envidraçado corrente	2,75	0,02	0,06	0,02	0,06	0,02	0,06
Estuque liso (paredes)	32,00	0,03	0,96	0,03	0,96	0,03	0,96
Área de ocupação sonora equivalente		4,62		4,62		4,62	
Média das áreas (das bandas regulamentares)		4,62 m <sup>2</sup>					

CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO

Método utilizado	FREQÜÊNCIAS DE BANDA DE OITAVA				MÉDIA	VERIFICAÇÕES
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	MÉDIA		
SABINE	1,77	1,77	1,77	1,77	Método válido	
EYRING	1,68	1,68	1,68	1,68	Método não válido	
MILLINGTON & SETTE	1,70	1,70	1,70	1,70	Método válido	
Limite regulamentar	N/A				VERIFICADA	A REVERBERAÇÃO



Após escolher Imprimir ou Gravar vai para o ficheiro de resultados a seguinte informação:

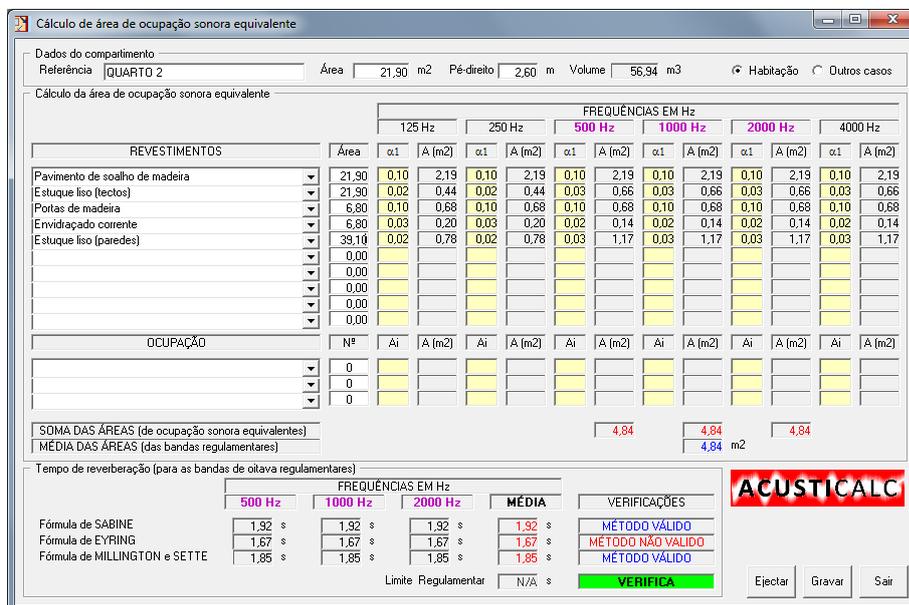
Referência: QUARTO 1  
 Área = 14,20 m<sup>2</sup> Pé direito = 2,60 m Volume = 36,92 m<sup>3</sup>

CÁLCULO DA ÁREA DE ABSORÇÃO

REVESTIMENTOS	ÁREA m <sup>2</sup>	--- FREQUÊNCIAS DE BANDA DE OITAVA ---					
		500 Hz		1000 Hz		2000 Hz	
		a1	Ai	a1	Ai	a1	Ai
Pavimento de soalho de madeira	14,20	0,10	1,42	0,10	1,42	0,10	1,42
Estuque liso (tectos)	14,20	0,03	0,43	0,03	0,43	0,03	0,43
Portas de madeira	6,28	0,10	0,63	0,10	0,63	0,10	0,63
Envidraçado corrente	5,40	0,02	0,11	0,02	0,11	0,02	0,11
Estuque liso (paredes)	25,70	0,03	0,77	0,03	0,77	0,03	0,77
Área de ocupação sonora equivalente		3,35		3,35		3,35	
Média das áreas (das bandas regulamentares)				3,35 m <sup>2</sup>			

CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO

Método utilizado	FREQUÊNCIAS DE BANDA DE OITAVA				MÉDIA	VERIFICAÇÕES
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	MÉDIA		
SABINE	1,79	1,79	1,79	1,79	Método válido	
EYRING	1,59	1,59	1,59	1,59	Método não válido	
MILLINGTON & SETTE	1,73	1,73	1,73	1,73	Método válido	
Limite regulamentar	N/A				VERIFICADA A REVERBERAÇÃO	



Após escolher Imprimir ou Gravar vai para o ficheiro de resultados a seguinte informação:

Referência: QUARTO 2  
 Área = 21,90 m<sup>2</sup>    Pé direito = 2,60 m    Volume = 56,94 m<sup>3</sup>

CÁLCULO DA ÁREA DE ABSORÇÃO

---

REVESTIMENTOS	ÁREA m <sup>2</sup>	--- FREQUÊNCIAS DE BANDA DE OITAVA ---					
		500 Hz		1000 Hz		2000 Hz	
		a1	Ai	a1	Ai	a1	Ai
Pavimento de soalho de madeira	21,90	0,10	2,19	0,10	2,19	0,10	2,19
Estuque liso (tectos)	21,90	0,03	0,66	0,03	0,66	0,03	0,66
Portas de madeira	6,80	0,10	0,68	0,10	0,68	0,10	0,68
Envidraçado corrente	6,80	0,02	0,14	0,02	0,14	0,02	0,14
Estuque liso (paredes)	39,10	0,03	1,17	0,03	1,17	0,03	1,17
Área de ocupação sonora equivalente		4,84		4,84		4,84	
Média das áreas (das bandas regulamentares)		4,84 m <sup>2</sup>					

CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO

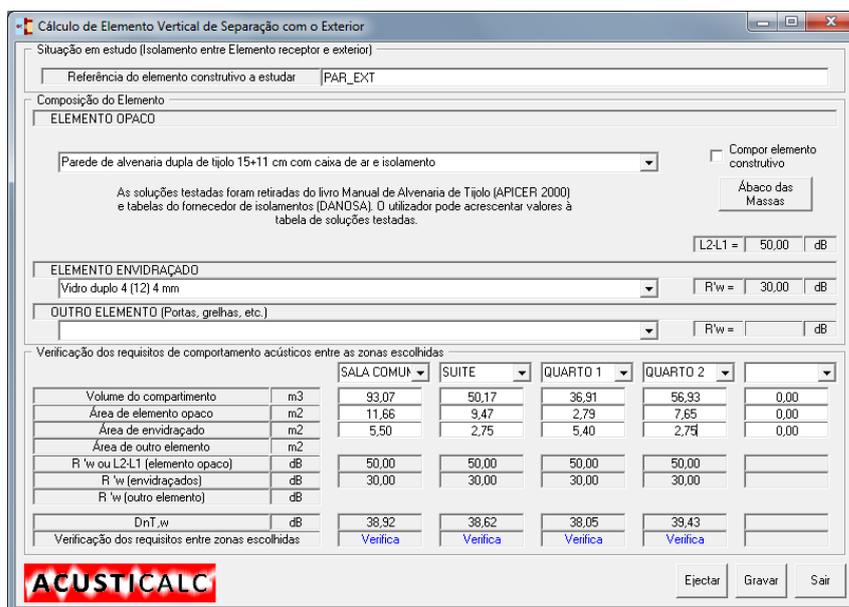
---

Método utilizado	FREQUÊNCIAS DE BANDA DE OITAVA				MÉDIA	
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	MÉDIA		
SABINE	1,92	1,92	1,92	1,92	Método válido	
EYRING	1,67	1,67	1,67	1,67	Método não válido	
MILLINGTON & SETTE	1,85	1,85	1,85	1,85	Método válido	
Limite regulamentar	N/A				VERIFICADA	A REVERBERAÇÃO

Depois destes cálculos o programa memoriza os valores necessários nos cálculos seguintes.

		SALA	SUITE	QUARTO 1	QUARTO 2
Área de absorção	m2	3,55	4,62	3,35	4,76

Depois deste cálculo vou agora calcular a PAREDE EXTERIOR.



ISOLAMENTO A SONS AÉREOS

PAR\_EXT

ELEMENTO CONSTRUTIVO UTILIZADO

Parede de alvenaria dupla de tijolo 15+11 cm com caixa de ar e isolamento R'w=50,0 dB

ENVIDRAÇADO UTILIZADO

Vidro duplo 4 (12) 4 mm R'w=30,0 dB

ELEMENTOS ESTUDADOS

Caso em estudo	SALA COMUM	SUITE	QUARTO 1	QUARTO 2
Volume (m3)	93,07	50,17	36,91	56,93
Área de elemento opaco (m2)	11,66	9,47	2,79	7,65
Área de envidraçado (m2)	5,50	2,75	5,40	2,75
R'w ou L2-L1 da parede (dB)	50,00	50,00	50,00	50,00
R'w do envidraçado (dB)	30,00	30,00	30,00	30,00
To - Reverberação ref <sup>a</sup> . (dB)	0,50	0,50	0,50	0,50
DnT,w (dB)	38,92	38,62	38,05	39,43
Limite regulamentar (dB)	33,00	33,00	33,00	33,00
Verificação	Verifica	Verifica	Verifica	Verifica

Neste exemplo, escolhi a situação em estudo como Isolamento entre Elemento receptor e Exterior e referenciei a parede como PAREDE EXTERIOR. De seguida escolhi uma parede predefinida e escolhi o envidraçado. Introduzi os compartimentos em estudo e forneci as áreas das paredes e dos envidraçados. O computador executa os cálculos e indica a verificação regulamentar em causa.

Se não utilizasse uma parede predefinida então teria a seguinte situação:

Introduzia a composição da parede com as respectivas espessuras

Situação em estudo (Isolamento entre Elemento receptor e exterior)

Referência do elemento construtivo a estudar

Composição do Elemento

ELEMENTO OPACO

Constituição do elemento a estudar	Esp./cm	Peso/m3	Peso elemento	
Argamassa de cimento	2	2100,00	42,00	Kg
Alvenaria de tijolo cerâmico vazado vulgar	15	1400,00	210,00	Kg
Alvenaria de tijolo cerâmico vazado vulgar	11	1400,00	154,00	Kg
Argamassa de estuque	2	1400,00	28,00	Kg
	0		0,00	Kg
			434,00	Kg

Comprar elemento construtivo

Ábaco das Massas

ELEMENTO ENVIDRAÇADO

R'w = dB

OUTRO ELEMENTO (Portas, grelhas, etc.)

R'w = dB

Verificação dos requisitos de comportamento acústicos entre as zonas escolhidas

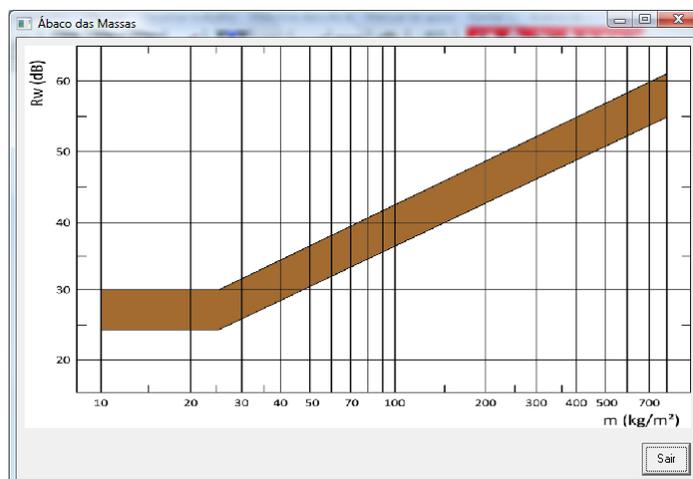
Volume do compartimento	m3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Área de elemento opaco	m2					
Área de envidraçado	m2					
Área de outro elemento	m2					
R'w ou L2L1 (elemento opaco)	dB					
R'w (envidraçados)	dB					
R'w (outro elemento)	dB					
DnT,w	dB					

Verificação dos requisitos entre zonas escolhidas

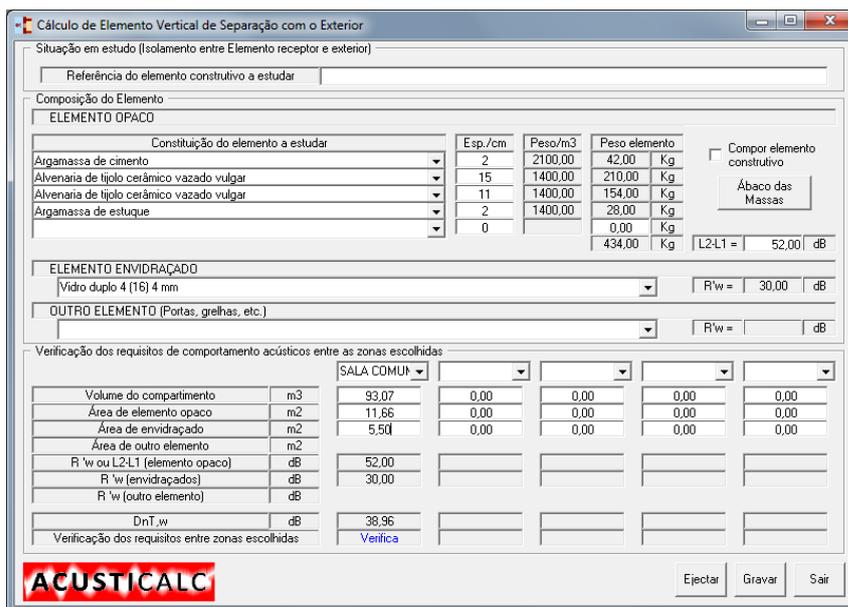
ACUSTICALC

Sair

Clicava no comando Ábaco de Massas e fazia a leitura do L2-L1, que no caso seria 52 dB.



Introduzia o valor na célula respectiva e seguia o cálculo com a introdução de nome do(s) compartimento(s) em estudo.



Os dados que passam para o ficheiro de resultados são os seguintes:

**ISOLAMENTO A SONS AÉREOS**

PAREDE EXTERIOR 2

**ELEMENTO CONSTRUTIVO UTILIZADO**

Descrição	Peso volúmico kg/m3	Espess. cm	Peso do elemento Kg
Argamassa de cimento	2100,00	2	42,00
Alvenaria de tijolo cerâmico vazado vulgar	1400,00	15	210,00
Alvenaria de tijolo cerâmico vazado vulgar	1400,00	11	154,00
Alvenaria de tijolo cerâmico vazado vulgar	1400,00	2	28,00
<b>TOTAL</b>			<b>434,00 Kg</b>
			<b>L2-L1=52,0 dB</b>

**ENVIDRAÇADO UTILIZADO**

Vidro duplo 4 (16) 4 mm	R'w=30,0 dB
-------------------------	-------------

**ELEMENTOS ESTUDADOS**

Caso em estudo	SALA COMUM
Volume (m3)	93,07
Área de elemento opaco (m2)	11,66
Área de envidraçado (m2)	5,50
R'w ou L2-L1 da parede (dB)	52,00
R'w do envidraçado (dB)	30,00
To - Reverberação ref <sup>a</sup> . (dB)	0,50
DnT,w (dB)	38,96
Limite regulamentar (dB)	33,00
Verificação	Verifica

Como a habitação que estudo possui geminação com outra moradia, vou estudar a parede entre os dois fogos. Apenas a sala, a suite e um dos quartos estão encostados ao prédio vizinho, pelo que apenas necessito de calcular esses aposentos. É necessário medir a área do elemento, neste caso da parede de separação.

Situação em estudo (Isolamento entre Elemento receptor e ...)

Habitação  Circulação comum (geral)  Circulação comum (escadas e elevadores)  Circulação comum (garagens)  Comércio, Indústrias e Serviços

Referência do elemento construtivo a estudar: PAR\_INT

Composição do Elemento

ELEMENTO OPACO

Parede de alvenaria dupla de tijolo 15+15 cm com caixa de ar e isolamento

As soluções testadas foram retiradas do livro Manual de Alvenaria de Tijolo (APICER 2000) e tabelas do fornecedor de isolamentos (DANDSA). O utilizador pode acrescentar valores à tabela de soluções testadas.

Compor elemento construtivo

Ábaco das Massas

L2-L1 = 52,00 dB

ELEMENTO ENVIDRAÇADO

Rw = dB

OUTRO ELEMENTO (Portas, grelhas, etc.)

Rw = dB

Verificação dos requisitos de comportamento acústico entre as zonas escolhidas

	SALA COMUM	SUITE	QUARTO 2		
Volume do compartimento receptor	93,07	50,17	56,93	0,00	0,00
Área de elemento opaco	9,10	8,50	7,80	0,00	0,00
Área de envidraçado					
Área de outro elemento					
R'w ou L2-L1 (elemento opaco)	52,00	52,00	52,00		
R'w (envidraçados)					
R'w (outro elemento)					
Transmissão marginal - TRaéreo					
DnT, w	57,15	54,76	55,68		
Verificação dos requisitos entre zonas escolhidas	Verifica	Verifica	Verifica		

Ejectar Gravar Sair

Os dados que passam para o ficheiro de resultados são os seguintes:

PAR\_INT

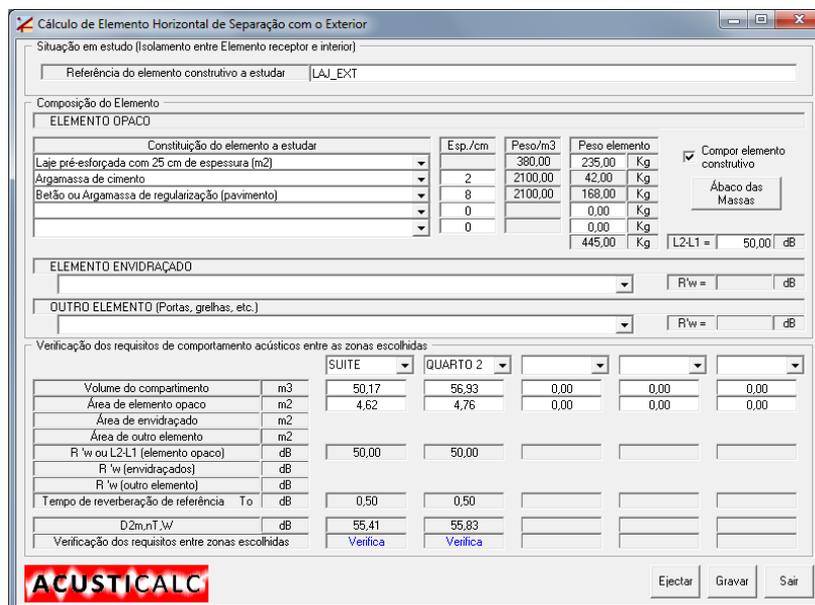
#### ELEMENTO CONSTRUTIVO UTILIZADO

Parede de alvenaria dupla de tijolo 15+15 cm com caixa de ar e isolamento R'w=52,0 dB

#### ELEMENTOS ESTUDADOS

Caso em estudo	SALA COMUM	SUITE	QUARTO 2
Volume (m3)	93,07	50,17	56,93
Área de elemento opaco (m2)	9,10	8,50	7,80
R'w ou L2-L1 da parede (dB)	52,00	52,00	52,00
To - Reverberação ref <sup>a</sup> . (dB)	0,50	0,50	0,50
DnT,W (dB)	57,15	54,76	55,68
Limite regulamentar (dB)	50,00	50,00	50,00
Verificação	Verifica	Verifica	Verifica

Agora vou calcular uma laje sobre espaço exterior. Apenas a suite e um dos quartos tem essa situação, pelo que calculo apenas esse compartimento.



Os dados que passam para o ficheiro de resultados são os seguintes:

ISOLAMENTO A SONS AÉREOS

LAJ\_EXT

ELEMEN TO CONSTRUTIVO UTILIZADO

Descrição	Peso volúmico kg/m3	Espess. cm	Peso do elemento Kg
Laje pré-esforçada com 25 cm de espessura (m2)	380,00	0	235,00
Argamassa de cimento	2100,00	2	42,00
Betão ou Argamassa de regularização (pavimento)	2100,00	8	168,00
TOTAL			445,00 Kg
			L2-L1=50,0 dB

ELEMEN TOS ESTUDADOS

Caso em estudo	SUITE	QUARTO 2
Volume (m3)	50,17	56,93
Área de elemento opaco (m2)	4,62	4,76
R'w ou L2-L1 da parede (dB)	50,00	50,00
To - Reverberação ref <sup>a</sup> . (dB)	0,50	0,50
DnT,W (dB)	55,41	55,83
Limite regulamentar (dB)	50,00	50,00
Verificação	Verifica	Verifica

Imaginemos que a sala está sobre um espaço de garagem comum. Assim teríamos de calcular a laje de piso. Ou que queremos verificar a laje de tecto em relação ao exterior, ou ainda parede em relação à caixa de escada ou elevador.

Agora o que falta demonstrar é o cálculo da percussão. Temos uma laje que separa a habitação do andar da habitação do rés-do-chão. Escolhemos a situação de isolamento entre Elemento receptor e Habitação, dando nome de referência à laje em questão. De seguida escolhemos o tipo de estrutura e o respectivo L2-L1, já calculado nos exemplos anteriores. Podemos entrar em consideração com as transmissões marginais, indicando a massa superficial do pavimento e das paredes ou outros elementos marginais. Automaticamente é preenchida a célula com a indicação da correcção a efectuar, que no presente caso é zero. Depois de escrever o nome do aposento em estudo e colocar a área de absorção é feita a verificação. No presente caso Não Verifica. Assim temos de implementar meios para que a laje verifique. Na lista pendente de baixo escolhi "Lajeta flutuante" com um valor de DeltaLw que permite corrigir e assim Verificar as condições regulamentares.

**Cálculo de elementos de construção aos sons de percussão (método detalhado)**

Situação em estudo (isolamento entre Elemento receptor e ...)

Outros fogos e locais de comunicação comum de edifícios

Comércio, indústria, serviços e diversão

Referência do elemento construtivo a estudar: PAV\_SEP

Tipo de pavimento: Pavimento de vigotas pré-esforçadas

Resistência acústica do elemento: L2-L1 = 50 dB

Transmissões Marginais: Considerar Transmissões Marginais

Massa superficial do pavimento: 350 kg/m<sup>2</sup>

Massa superficial dos elementos marginais: 200 Kg/m<sup>2</sup>

Correcção atribuída à transmissão marginal: 0,00 dB

Verificação dos requisitos aos sons de percussão entre as zonas escolhidas (cálculo inicial)

	SALA				
Volume do compartimento	m <sup>3</sup>	93,07	0,00	0,00	0,00
(L1-L2)+Li	dB 1/3oit	125,00			
(L1-L2) ou R'w	dB	50,00			
Nível sonoro médio Li	dB	75,00			
Correcção devido à transmissão marginal K	dB	0,00			
Tempo de reverberação T	dB	1,92			
Tempo de reverberação de referência To	dB	0,50			
Nível sonoro percussão normalizado L'nT, w	dB	80,84			
Verificação da percussão (sem correcção)		Não Verifica			

Verificação dos requisitos aos sons de percussão entre as zonas escolhidas (cálculo final)

Correcção: Lajeta flutuante de 40 mm sobre feltro betuminoso com regranulado de cortiça de 114 kg/m<sup>3</sup>

Índice de redução sonora Delta Lw	dB	21,00			
Nível sonoro percussão normalizado L'nT, w	dB	59,84			
Verificação da percussão (após correcção)		Verifica			

Ejectar Gravar Sair

Os dados que passam para o ficheiro de resultados são os seguintes:

CALCULO DA PERCUSSÃO

PAV\_SEP

Tipo de pavimento : Pavimento de vigotas pré-esforçadas  
 Massa superficial do pavimento : M1 = 350,00 kg/m<sup>2</sup>  
 Massa superf. do elem. marginal : M2 = 200,00 kg/m<sup>2</sup>  
 Correcção devido Transm. marg. : TM = 0,00 dB

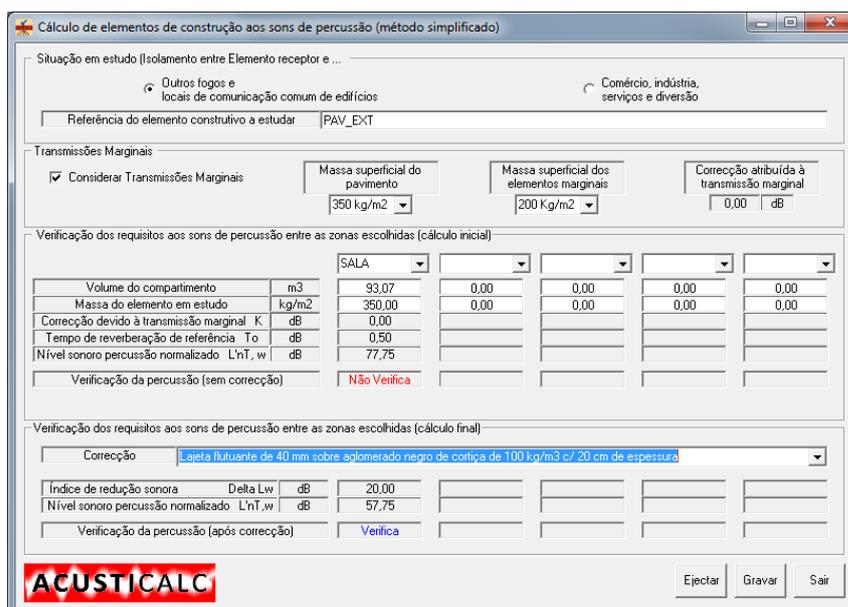
ELEMENTOS ESTUDADOS

Caso em estudo	SALA
Volume do aposento (m <sup>3</sup> )	93,07
(L1-L2)+Li (dB 1/3oit.)	125,00
L2-L1 (dB)	50,00
Nível sonoro médio Li (dB)	75,00
Correcção devido TM (dB)	0,00
Tempo reverberação T (dB)	1,92
Tempo reverb. ref <sup>a</sup> To (dB)	0,50
L'nT, w sem correcção (dB)	80,84
Limite regulamentar (dB)	60,00
Verificação sem correcção	N/Verifica
Índ. redução sonora DLw (dB)	21,00 (a)
L'nT, w após correcção (dB)	59,84
Limite regulamentar (dB)	60,00
Verificação após correcção	Verifica

(a) - Correcção utilizada:

Lajeta flutuante de 40 mm sobre feltro betuminoso com regranulado de cortiça de 114 kg/m<sup>3</sup>

Pelo método simplificado:



Os dados que passam para o ficheiro de resultados são os seguintes:

CALCULO DA PERCUSSÃO

PAV\_EXT

Massa superficial do pavimento : M1 = 350,00 kg/m²  
 Massa superf. do elem. marginal : M2 = 200,00 kg/m²  
 Correção devido Transm. marg. : TM = 0,00 dB

ELEMENTOS ESTUDADOS

Caso em estudo	SALA
Volume da divisão (m²)	52,00
Massa (kg)	350,00
Transm. marginal perc. (dB)	0,00
To - Reverber. ref <sup>a</sup> (dB)	0,50
L'nT,w sem correcção (dB)	77,75
Limite regulamentar (dB)	60,00
Verificação sem correcção	N/Verifica

Correcção:

Lajeta flutuante de 40 mm sobre aglomerado negro de cortiça de 100 kg/m³ c/ 20 cm de espessura

Índ. redução sonora DLw (dB)	20,00
L'nT, w após correcção (dB)	57,75
Limite regulamentar (dB)	60,00
Verificação após correcção	Verifica

---

Bom Trabalho, e como a versão é nova, embora tenha sido testado, existem sempre a possibilidade de encontrar algum "bug", pelo que pedimos o favor de nos informar, pois tentaremos a sua correcção o mais breve possível.



**Engº José Luís Marques**

**Rua da Gandra 291**

**4445-122 ALFENA**

**Portugal**

**Telefone (+351) 22 967 2207**

**E-mail: [ljl.lida@gmail.com](mailto:ljl.lida@gmail.com)**

**[jolu.silmar@gmail.com](mailto:jolu.silmar@gmail.com)**

**Web: [www.ljlprojectos.com](http://www.ljlprojectos.com)**