

# ALGORITMO COMPUTACIONAL PARA CÁLCULO DO NÚMERO ÚNICO DE ISOLAMENTO ACÚSTICO PARA A AVALIAÇÃO DO ISOLAMENTO ACÚSTICO EM EDIFICAÇÕES E ELEMENTOS CONSTRUTIVOS SEGUINDO A ISO 717:2013<sup>1</sup>

BARBIERE JÚNIOR. M. R., Centro Universitário Adventista de São Paulo, email: marcos.barbiere@ucb.org.br

## ABSTRACT

*The Brazilian standard for buildings performance require as measurement for sound insulation assessment a single-number value for sound insulation rating by the method of comparison at ISO 717, parts 1 and 2. The calculating for this method can be facilitated when the computer algorithm suggested in this paper is applied. The algorithm is exposed with a simple and flexible structure for an easier implementation at different programming languages. The results obtained through the algorithm are fast, accurate and reliable. This algorithm also can be used in many TI areas.*

**Keywords:** Acoustic.Rating. Building.

## 1 INTRODUÇÃO

Edificações habitacionais devem apresentar nível de isolamento acústico adequado para ruídos provenientes do exterior da edificação e entre áreas comuns e privativas (ABNT, 2013). Tal avaliação, segundo a norma de desempenho brasileira para edificações, deve ser feita através de um número único de isolamento acústico proveniente da metodologia apresentada na ISO 717.

A ISO 717(2013) define como número único para avaliação do isolamento acústico o valor, em decibéis, em 500Hz na curva de referência proposta pela norma ajustada de acordo com o método de comparação.

O método de comparação consiste em avaliar os resultados do isolamento acústico das medições de ensaios normatizadas pelas ISO 10140 e ISO 140 em terços de oitava de banda, ou em oitavas de banda, comparando-os à uma curva de referência. Nesse método deve ser observada a soma das diferenças do desvio desfavorável entre a curva de referência e medição em todas as frequências avaliadas para que o valor seja o mais próximo, e não superior, a 32dB para terços de oitava de banda e a 10dB para oitavas de banda. Caso verificação retorne um resultado não satisfatório, os valores de todas as frequências da curva de referência devem ser igualmente ajustados em 1dB (0,1dB em casos de incerteza) para mais ou para menos até que se atinja as exigências do método.

---

<sup>1</sup> BARBIERE JÚNIOR. M. R. Algoritmo computacional para cálculo do número único de isolamento acústico para a avaliação do isolamento acústico em edificações e elementos construtivos seguindo a ISO 717:2013. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

Considera-se um desvio desfavorável quando na frequência analisada o valor da curva de referência se encontra acima do valor da curva de medição, para a avaliação de ruído aéreo (ISO 717-1), e abaixo da curva de medição, para a avaliação de ruído de impacto (ISO 717-2).

O procedimento para se encontrar o número único para a avaliação do isolamento acústico, quando executado manualmente pode ser moroso devido às várias iterações necessárias para que sejam atingidos os critérios exigidos pela metodologia da norma. O desenvolvimento do algoritmo computacional para o cálculo do número único na avaliação do isolamento acústico vem de encontro à necessidade da redução do tempo gasto em procedimentos de cálculo e para buscar maior exatidão em resultados.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Para o desenvolvimento do algoritmo foram seguidas as partes 1 e 2 da ISO 717:2013. Através da definição e dos métodos foram estabelecidas as seguintes variáveis:

$C_{1/3oct}/C_{oct}$ : valor da curva de referência para cada frequência (C);

$W_{1/3oct}/W_{oct}$ : valor de isolamento acústico obtidos através de ensaios para cada frequência (W);

$D_{1/3oct}/D_{oct}$ : diferença entre os valores das curvas analisadas (D);

sW: soma dos desvios desfavoráveis;

R: resultado de sW;

n: valor para ajuste dos valores da curva de referência;

CD<sub>f500</sub>: número único para avaliação do isolamento acústico;

Para a apresentação do algoritmo utilizar-se-á o “portugol” (pseudocódigo de programação) como linguagem, pois a mesma pode ser adaptada para as diversas linguagens de programação existentes.

### 2.1. Algoritmo

Para dar início ao algoritmo devem ser definidas as variáveis “C”, “W” e “D” de acordo com a faixa de medição do ensaio. O quadro 1 exemplifica resumidamente o lançamento para uma medição em 1/3 de oitava de banda. Também é necessário definir “sW”, “R”, “n” e “CD<sub>f500</sub>”. Todas as variáveis deste algoritmo receberão valores de números reais, sendo configuradas como variáveis do tipo real.

Após as variáveis estarem declaradas, devem ser atribuídos valores às mesmas. As variáveis “R” e “n” recebem valor igual a zero, enquanto as variáveis “C” recebem os valores referentes à curva de referência de acordo com o tipo de isolamento estudado (impacto ou ruído) apresentados no Quadro 2. As variáveis “W” recebem os valores providos através do resultado dos ensaios de isolamento acústico. O Quadro 3 apresenta um exemplo para ensaios de ruído aéreo, atribuindo valores fictícios para as variáveis

“W”. O método de inserção dos valores para atribuição das variáveis em “W” deve ser definido baseado na fonte dos dados e linguagem do programa.

Quadro 1 – Exemplo de declaração de variáveis

```

Var
sW,R,n,CD_f500: real
C_100,C_125,C_160,C_200,C_250,C_315,C_400, [...],C_2000,C_2500,C_3150: real
W_100,W_125,W_160,W_200,W_250,W_315,W_400, [...],W_2000,W_2500,W_3150: real
D_100,D_125,D_160,D_200,D_250,D_315,D_400,[...],D_2000,D_2500,D_3150: real
    
```

Fonte: Autor

Quadro 2 – Valores para curva de referência (C)

Frequência Hz	VALORES DE REFERÊNCIA (dB)			
	Ruído aéreo		Ruído de Impacto	
	1/3 oitava	Oitava	1/3 oitava	Oitava
100	33	36	62	67
125	36		62	
160	39		62	
200	42	45	62	67
250	45		62	
315	48		62	
400	51	52	61	65
500	52		60	
630	53		59	
800	54	55	58	62
1000	55		57	
1250	56		54	
1600	56	56	51	49
2000	56		48	
2500	56		45	
3150	56	-	42	-

Fonte: adaptado ISO 717(2013)

Quadro 3 – Exemplo de atribuição de valores para ensaio de ruído aéreo

```

R<-0;
n<-0;
C_100<-33;
C_125<-36;
C_160<-39;
[...]
C_2000<-56;
W_100<-x1;
W_125<-x2;
W_160<-x3;
W_160<-x4;
[...]
W_2000<-x14;
W_2500<-x15;
    
```

```
C_2500<-56;           W_3150<-x16;  
C_3150<-56;           //sendo xN o valor da medição
```

Fonte: Autor

Após declaradas as variáveis, o algoritmo conta com uma estrutura de verificações que atuará calculando até que sua resposta seja verdadeira. O Quadro 4 apresenta a estrutura do algoritmo para a avaliação em um terço de oitava de banda. Quando a avaliação é feita em oitavas de banda usa-se a mesma estrutura do quadro, entretanto modifica-se o valor 32 para 10, assim adequando-se ao método de comparação.

Quadro 4 – Algoritmo para avaliação em um terço de oitava de banda

```
enquanto (((32-R)>=1) ou (R-32>0)) faca  
  
    funcao_delta() //Quadro 5  
  
    se ((sW<=32) e (sW>R)) entao  
        R<-sW  
    fimse  
  
    se (((32-R)>=1) ou ((R-32)>0))=verdadeiro entao  
        funcao_verificar() //Quadro 6  
        funcao_reajuste() //Quadro 7  
    fimse  
  
fimenquanto  
  
CD_f500=int((C_f500*10)+0.5)/10; //Arredondamento
```

Fonte: Autor

A estrutura demonstrada no Quadro 4 é o cerne do algoritmo, pois sua verificação determina se o valor atende ou não à exigência do método. Essa estrutura também chama os procedimentos necessários para o cálculo dos desvios desfavoráveis e para o reajuste da curva de referência em busca da melhor posição.

Ao fim da execução do algoritmo, tendo a verificação como verdadeira, o valor da curva de referência em 500Hz é arredondado e atribuído à variável “CD\_f500”. Este valor é o resultado do método de comparação utilizado para a avaliação do isolamento acústico.

## 2.2. Procedimentos

Procedimento *funcao\_delta()*: este procedimento é o responsável por avaliar os desvios desfavoráveis do nível de isolamento acústico entre a curva de referência e a curva das medições. Através dos conceitos da norma ISO 717

formula-se a equação 1 para desvios desfavoráveis em ensaios de ruído aéreo e a equação 2 para desvios desfavoráveis em ensaios de ruído de impacto em cada frequência.

$$D_i = C_i - W_i \quad (1)$$

$$D_i = W_i - C_i \quad (2)$$

Quando o resultado da equação 1 ou 2 é maior que zero, considera-se um desvio desfavorável que é somado em “sW”.

Procedimento *funcao\_dzero()*: neste procedimento é dado valor igual à zero para as variáveis “D”. Tal procedimento é necessário para reiniciar a soma dos desvios desfavoráveis em todas as iterações executadas.

Quadro 5 – Resumo do procedimento *funcao\_delta()* e procedimento *funcao\_dzero()* para medições em terço de oitava de banda

```
procedimento funcao_delta()
  inicio
  sW <- 0

  funcao_dzero()

  D_100<-C_100-W_100
  se D_100>0 entao
    sW<-sW+D_100
  fimse

  D_125<-C_125-W_125
  se D_125>0 entao
    sW<-sW+D_125
  fimse

  [...]

  D_3150<-C_3150-W_3150
  se D_3150>0 entao
    sW<-sW+D_3150
  fimse

  fimprocedimento

procedimento funcao_dzero()
  inicio
  D_100<-0;
  D_125<-0;
  D_160<-0;
  D_200<-0;
  D_250<-0;
  D_315<-0;
  D_400<-0;
  [...]
  D_1250<-0;
  D_1600<-0;
  D_2000<-0;
  D_2500<-0;
  D_3150<-0;
  fimprocedimento
```

Fonte: Autor

Procedimento *funcao\_verificar()*: o procedimento irá definir a movimentação da curva de referência. A decisão do ajuste é tomada a partir do resultado da soma dos desvios desfavoráveis. Este procedimento ocorrerá enquanto seu resultado não atingir uma resposta verdadeira para as condições impostas no algoritmo.

Neste procedimento a variável “n” irá receber um valor de 0.1, positivo ou negativo, ou 0, respeitando a condição de incerteza para o deslocamento da curva. O uso de tais valores traz maior precisão ao cálculo do número

único para avaliação de isolamento acústico através do algoritmo computacional.

O Quadro 6 apresenta a estrutura do procedimento para medições em terço de oitava de banda. No uso em oitavas de banda deve se substituir o valor 32 por 10, assim respeitando as condições da norma. Neste procedimento deve-se atender à declaração dos valores de “n” tanto nos ensaios de ruído de impacto quanto em ensaios de ruído aéreo, pois o erro neste lançamento acarreta condições de cálculos infinitos sem solução.

Quadro 6 – Estrutura do procedimento *funcao\_verificar()* para medições em terço de oitava de banda

<pre>//para ensaios de ruído aéreo procedimento funcao_verificar() inicio se sW&lt;32 entao   n&lt;-(+0.1) fimse  se sW&gt;32 entao   n&lt;-(-0.1) fimse  se sw=32 entao   n&lt;-0 fimse  fimprocedimento</pre>	<pre>//para ensaios de ruído de impacto procedimento funcao_verificar() inicio se sW&lt;32 entao   n&lt;-(-0.1) fimse  se sW&gt;32 entao   n&lt;-(+0.1) fimse  se sw=32 entao   n&lt;-0 fimse  fimprocedimento</pre>
---	--

Fonte: Autor

Procedimento *funcao\_reajuste()*: este procedimento tem como função ajustar a curva de referência partindo da verificação da soma dos desvios desfavoráveis. O reajuste deve ser feito para cada frequência da curva de referência. O Quadro 7 exemplifica de forma reduzida o procedimento para medições em um terço de oitava de banda.

Quadro 7 – Procedimento *funcao\_verificar()* medições em terço de oitava

<pre>procedimento reajuste() inicio C_100&lt;-C_100+n C_125&lt;-C_125+n C_160&lt;-C_160+n [...]</pre>	<pre>C_2000&lt;-C_2000+n C_2500&lt;-C_2500+n C_3150&lt;-C_3150+n fimprocedimento</pre>
---	--

Fonte: Autor

### 2.3. Aplicação do algoritmo

Para testes, o algoritmo foi programado em macro do Visual Basic para

Microsoft Excel. O Quadro 8 apresenta os valores reais de ensaio de ruído aéreo inseridos no programa e o resultado da execução do algoritmo. A planilha pode ser baixada no endereço: <http://bit.ly/alg-acoustic>.

Quadro 8 – Aplicação do algoritmo no Microsoft Excel

//Entrada de dados	//Saída de dados
W_100<-37,0;	C_100<-29,2;
W_125<-33,7;	C_125<-32,2;
W_160<-36,1;	C_160<-35,2;
W_200<-36,1;	C_200<-38,2;
W_250<-33,6;	C_250<-41,2;
W_315<-36,3;	C_315<-44,2;
W_400<-41,9;	C_400<-47,2;
W_500<-43,3;	C_500<-48,2;
W_630<-47,6;	C_630<-49,2;
W_800<-48,2;	C_800<-50,2;
W_1000<-51,3;	C_1000<-51,2;
W_1250<-53,7;	C_1250<-52,2;
W_1600<-53,2;	C_1600<-52,2;
W_2000<-55,3;	C_2000<-52,2;
W_2500<-57,1;	C_2500<-52,2;
W_3150<-59,1;	C_3150<-52,2;
//Informações	sW<-31,4;
Iterações:39;	CD_f500<-48,2;

Fonte: Autor

O cálculo através da planilha atribuiu resultados confiáveis e com tempo de execução menor que 1s.

### 3 CONCLUSÕES

O algoritmo apresentado possui flexibilidade de aplicações, podendo ser utilizado em macros, softwares, sistemas web, aplicativos para celulares, entre outras áreas da tecnologia da informação. Os resultados obtidos através do algoritmo podem ser utilizados para a escrita de relatórios e os dados de saída podem ser implementados em programas para gerar e exibir gráficos representativos.

Tais aspectos tornam o algoritmo em uma ferramenta para a avaliação do isolamento acústico que se respeita as exigências da metodologia, reduz o tempo de trabalho e gera resultados para as aplicações necessárias.

### REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 717-1**: Acoustics- Rating of sound insulation in building and building elements. Part 1: Airborne sound insulation, Geneve, 2013.

\_\_\_\_\_. **ISO 717-2:** Acoustics- Rating of sound insulation in building and building elements. Part 2: Impact sound insulation, Geneve, 2013.