

## DESENVOLVIMENTO DE INTERFACE GRÁFICA UTILIZANDO SOFTWARE MATLAB PARA ENSINO DE ACÚSTICA EM CURSOS DE ENGENHARIA A PARTIR DE DADOS DE TEMPO DE REVERBERAÇÃO

**Rodrigo Marques dos Santos** – rodrigomsantos730@gmail.com

Universidade Federal do Pará

Rua Augusto Corrêa, 1 – Guamá, Belém – Pa, 66075 – 110.

Belém - Pará

**Gabriel Soares Quixaba** – gsquixaba@gmail.com

Universidade Federal do Pará

Rua Augusto Corrêa, 1 – Guamá, Belém – Pa, 66075 – 110.

Belém - Pará

**Cíntia Rodrigues Bispo Santos** – cintiaarbs@gmail.com

Universidade Federal do Pará

Rua Augusto Corrêa, 1 – Guamá, Belém – Pa, 66075 – 110.

Belém – Pará

**Gustavo da Silva Vieira de Melo** – gmelo@ufpa.br

Universidade Federal do Pará

Rua Augusto Corrêa, 1 – Guamá, Belém – Pa, 66075 – 110.

Belém - Pará

**Resumo:** Um ambiente despreparado acusticamente pode acarretar problemas aos usuários, seja em ambientes profissionais ou não; dessa forma, o estudo da acústica de salas é de fundamental importância quando se deseja obter um ambiente com um bom conforto acústico. Para tal, uma das formas de avaliação é a obtenção do tempo de reverberação das salas. Paralelo a isso, é necessário que se fomente o estudo sobre acústica nos cursos de engenharia através de métodos que instiguem e facilitem o entendimento do discente quanto à realização de aplicações da teoria. Dessa forma, desenvolveu-se uma interface gráfica capaz de se comunicar com o usuário para fornecer valores de tempo de reverberação – medido de acordo com as formulações de Sabine – em bandas de oitava, para frequências entre 125 e 4000 Hz, além de permitir que o usuário salve os dados adquiridos. Essa interface permite que o usuário possa avaliar as influências de diferentes materiais ocupando a mesma área (em termos quantitativos), para fazer correlações com os coeficientes de absorção sonora e estipular alternativas de como produzir um ambiente adequado à finalidade desejada. Por fim, pôde-se verificar que o algoritmo produzido apresentou eficácia na medição dos valores e no armazenamento dos dados.

**Palavras-chave:** Interface. Acústica. Tempo de Reverberação. Matlab.

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de computadores para o fomento do ensino é uma vertente bastante interessante do ponto de vista da otimização dos processos e é fundamental na formação dos engenheiros, pois proporciona um melhor entendimento dos problemas e facilita a resolução de equações inviáveis de serem solucionadas manualmente em tempo similar ao do computador. De acordo com Valente (1993), a utilização do computador para ensino implica que o aluno possa adquirir conceitos de diversas áreas e ressalta a diferenciação de como a abordagem pedagógica acontece.

É importante que os alunos tenham maior contato com os computadores para facilitar e fomentar o aprendizado, além de poderem realizar um número maior de atividades em menor tempo. Logo, o ensino de programação para engenharia é de substancial importância para o desenvolvimento do mesmo, haja vista a praticidade que este meio proporciona. Ademais, Goés et al. (2015) ressaltam a capacidade de obtenção dos resultados, com precisão e velocidade, do software MatLab®. Sendo assim, a utilização deste software para aplicações em engenharia é substancial, pois é capaz de oferecer diferentes possibilidades de transmissão de resultados – uma delas é através da interface gráfica –, apesar das frequentes mudanças nos parâmetros. Este ambiente é capaz de fornecer ao usuário um ambiente interativo, facilitando a compreensão do mesmo, operar a programação do código-fonte e realizar os cálculos matemáticos.

No estudo da acústica de ambientes isso não é diferente, muitas equações se tornam extensas e mais demoradas quando se opta por uma solução manual. Além disso, estudos sobre tempo de reverberação são essenciais quando se objetiva caracterizar uma sala acusticamente, porém pequenas modificações na estrutura da sala, seleção de materiais ou organização do espaço físico podem gerar resultados diferentes dos que foram adquiridos anteriormente. Dessa forma, um sistema de interface gráfica que permita o usuário modelar as dimensões e as características da sala, utilizando software MatLab®, é de fundamental importância, haja vista que uma boa análise deste parâmetro é crucial para a obtenção do conforto acústico do ambiente.

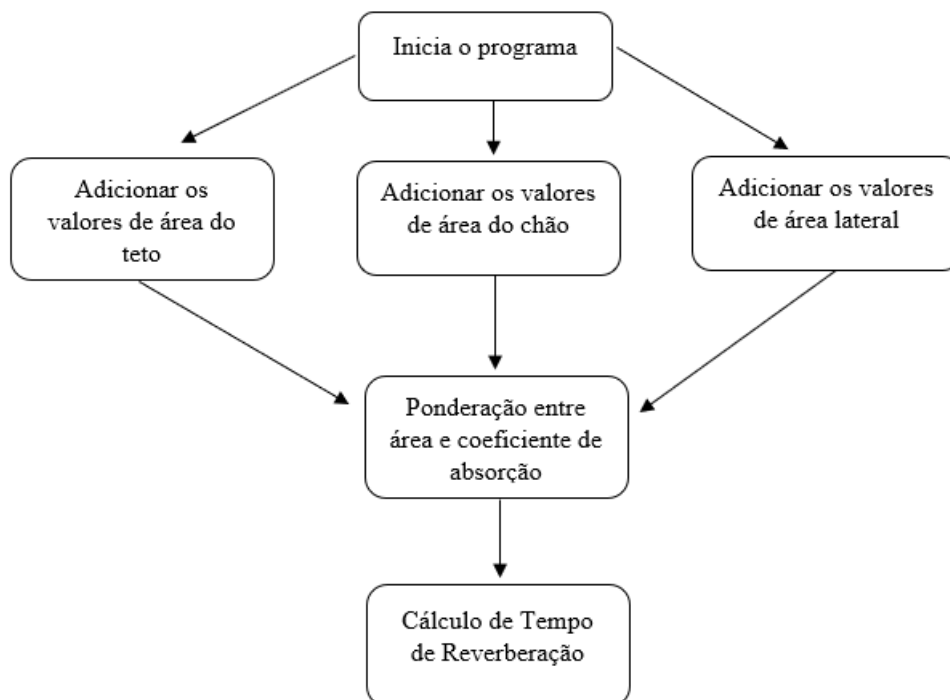
Portanto, este trabalho objetiva a criação de uma interface gráfica de comunicação com o usuário, que permita-o realizar o dimensionamento da sua sala em função do tempo de reverberação ou obter parâmetros de uma sala, que esteja sob análise, de modo mais rápido. Além disso, o discente pode obter este parâmetro para diferentes modelos de equação.

## 2 METODOLOGIA

O algoritmo desenvolvido para o código fonte da interface baseia-se nas formulações já existentes para o cálculo de tempo de reverberação em bandas de oitava, materiais mais utilizados e já caracterizados quanto a sua absorção sonora e dimensão da sala – já existente ou não. Além disso, o programa criado não restringe a quantidade de material diferente que possa existir no chão, nas paredes ou no teto e o cálculo do tempo de reverberação pode ser obtido através das formulações de Eyring-Norris ou Sabine. Para isso, utilizou-se a ferramenta *guide* do MatLab®, a qual fornece uma janela de edição interativa para criação e edição de interfaces, que facilitam o controle dos objetos necessários ao desenvolvimento do programa.

O fluxograma de funcionamento pode ser observado na figura 1.

Figura 1 – Fluxograma de funcionamento do código.



Fonte: Autor.

Após a inicialização da interface, a primeira medida é avaliar o ambiente, catalogando todos os materiais presentes nas superfícies laterais da estrutura da sala. Além disso, é opcional ao usuário adicionar um outro tipo de material que não esteja incluso no arquivo de dados do programa. Ao realizar todos estes “inputs” necessários, devem ser adicionadas as dimensões do ambiente e, por conseguinte, o método que se deseja aplicar.

Outro fator que pode ser considerado é a possibilidade de fazer modelagem de salas acústicas a partir da interface. Há muitos ambientes (como auditórios, salas de estudos, salas de conferência e de aulas, escritórios, shoppings) que possuem diferentes comportamentos reverberantes, mas com conforto acústico. Para isso, o usuário pode estabelecer parâmetros para um desenho e selecionar as dimensões da sala a partir dos resultados obtidos.

### 3 DESENVOLVIMENTO

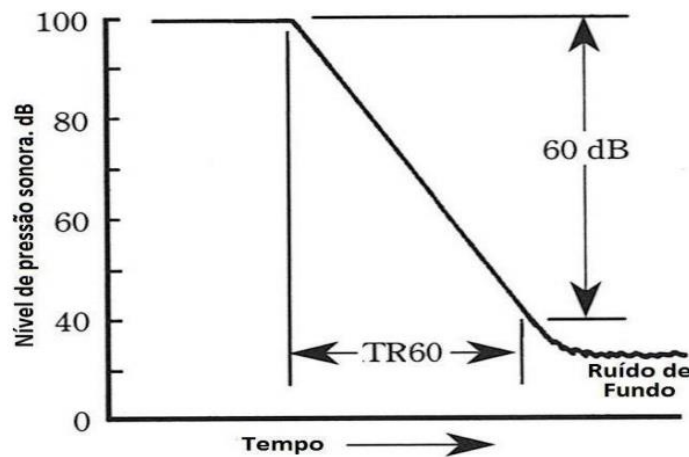
#### 3.1 Tempo de reverberação

O tempo de reverberação é o parâmetro que quantifica o tempo de decaimento de um impulso sonoro emitido por uma fonte em um recinto fechado. O cálculo do tempo de decaimento se inicia assim que a fonte cessa a sua emissão e o tempo é mensurado para um decaimento de pressão sonora equivalente a 60 dB.

A partir da resposta impulsiva do ambiente é possível medir outros parâmetros acústicos e o próprio tempo de reverberação (Horta, 2013). A figura 2 mostra o comportamento do decaimento em função do tempo.



Figura 2 – Decaimento sonoro em função do tempo.



Fonte: Horta (2013).

Experimentalmente, a medição do T60 é um tanto difícil, tanto pelo elevado nível de ruído de fundo em alguns ambientes, quanto pela capacidade máxima de pressão sonora da fonte e, portanto, o Tempo de Reverberação é obtido a partir de uma projeção das curvas de T20 ou T30. Porém, a análise teórica do tempo de reverberação é condizente com o cálculo experimental e, tendo em vista que o objetivo da interface é a criação de um meio que facilite o entendimento do conceito e permita ao usuário a obtenção de parâmetros da sala, é viável a utilização de equação teórica. Dessa forma, para os cálculos de tempo de reverberação – T60 – foi utilizada a equação de Sabine, mostrada na equação 1, e consideraram-se as medições em bandas de oitava para as frequências de 125, 250, 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.

$$T_{60} = \frac{0,16 \cdot V}{S \cdot \alpha} \quad (1)$$

onde S é área de ocupação de determinado material (m<sup>2</sup>);  $\alpha$  é o coeficiente de absorção e V é o volume total do ambiente (m<sup>3</sup>).

### 3.2 Construção da interface

A interface é disposta em 3 etapas de preenchimento de dados, sendo: áreas ocupadas pelos materiais – dispostos na parede, no chão e no teto; as escolhas dos materiais referentes às áreas ocupadas – de acordo com os valores pré-estabelecidos, retirados de Bistafa (2011); dimensões da sala – largura, comprimento e altura. Além disso, é possível que o usuário salve os dados obtidos em formato *xlsx*.

Durante a fase de preenchimento das áreas ocupadas e dos materiais de cada uma, eventualmente não haverá a mesma quantidade de materiais em cada um e, portanto, é necessário que se avalie a quantidade de termos existentes na maior matriz e as demais devem ser preenchidas com valores iguais a 0 até que seja alcançado o mesmo número de elementos para todas. Além disso, criou-se um botão denominado “manter o gráfico anterior”, com objetivo de facilitar a análise entre diferentes parâmetros selecionados pelo usuário. A figura 3 mostra essa etapa de construção e os locais para *input* das dimensões da sala.

Figura 3 – Criação da interface para *inputs* de áreas ocupadas e dos respectivos materiais.

Desenvolvido por: Rodrigo Santos.

MATERIAIS	ÁREAS [m²]	DIMENSÕES
<b>PAREDES</b>		<b>LARGURA [m]:</b>
[36] [M1 M2 M3... Mn]	[90] [A1 A2 A3... An]	5
<b>PISO</b>		<b>COMPRIMENTO [m]:</b>
[32] [M1 M2 M3... Mn]	[50] [A1 A2 A3... An]	10
<b>TETO</b>		<b>ALTURA [m]:</b>
[6] [M1 M2 M3... Mn]	[50] [A1 A2 A3... An]	3

**Plotar** ☐ Manter o gráfico anterior

Fonte: Autor.

Entretanto, podem haver casos em que nenhum dos materiais dispostos sejam do interesse do usuário, dessa forma, criou-se uma aba própria para estes casos. A figura 4 mostra a disposição desta etapa na interface.

Desenvolvido por: Rodrigo Santos.

MATERIAIS	ÁREAS [m²]	DIMENSÕES
<b>PAREDES</b>		<b>LARGURA [m]:</b>
[36] [M1 M2 M3... Mn]	[90] [A1 A2 A3... An]	5
<b>PISO</b>		<b>COMPRIMENTO [m]:</b>
[32] [M1 M2 M3... Mn]	[50] [A1 A2 A3... An]	10
<b>TETO</b>		<b>ALTURA [m]:</b>
[6] [M1 M2 M3... Mn]	[50] [A1 A2 A3... An]	3

**ÁREAS [m²]**

**NOVO MATERIAL**

☐ Adicionar novo material

125Hz 250Hz 500Hz 1kHz 2kHz 4kHz

[0.1 0.3 0.4 0.4 0.6 0.2] (1)

☐ Adicionar novo material

125Hz 250Hz 500Hz 1kHz 2kHz 4kHz

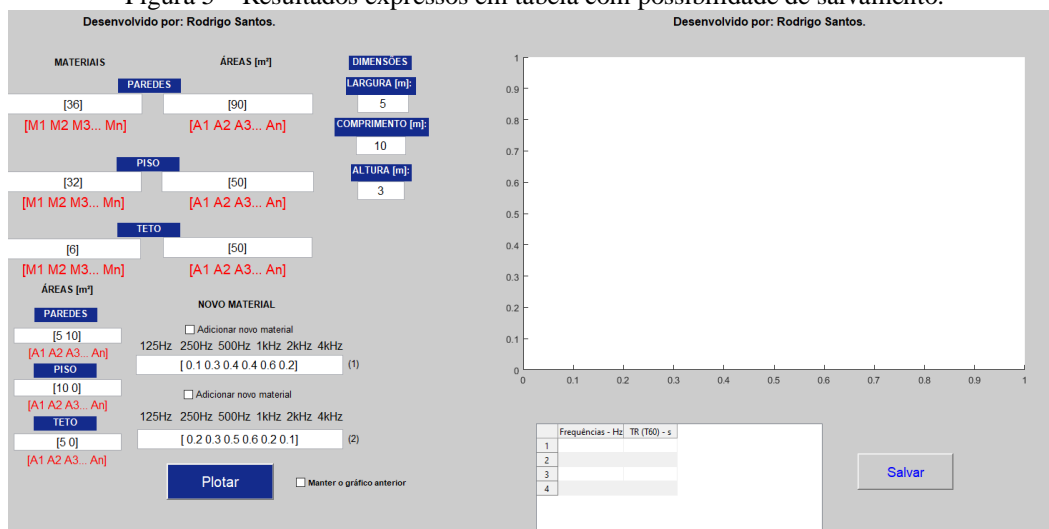
[0.2 0.3 0.5 0.6 0.2 0.1] (2)

**Plotar** ☐ Manter o gráfico anterior

Fonte: Autor.

Além disso, o usuário pode salvar os resultados de seus experimentos na interface em formato *.xlsx*, compatível para utilização em Excel. A figura 5 mostra como a tabela ficou posicionada com os valores e a possibilidade de salvar os arquivos.

Figura 5 – Resultados expressos em tabela com possibilidade de salvamento.



The interface is divided into several sections. On the left, there are input fields for 'MATERIAIS' (Materials) and 'ÁREAS [m²]' (Areas) for walls, floor, and ceiling. Each section has a 'PAREDES' (Walls), 'PISO' (Floor), or 'TETO' (Ceiling) tab. Below these are frequency selection buttons (125Hz, 250Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz, 4kHz) and checkboxes for adding new materials. In the center, there are dimension input fields: 'LARGURA [m]' (Width), 'COMPRIMENTO [m]' (Length), and 'ALTURA [m]' (Height). On the right, there is a large plot area with axes from 0 to 1. Below the plot is a table for 'Frequências - Hz' and 'TR (T60) - s'. At the bottom right is a 'Salvar' (Save) button.

Fonte: Autor.

Os dados referentes aos coeficientes de absorção dos materiais foram retirados de Bistafa (2006) e salvos como arquivo *.xlsx* para leitura no software MatLab®.

## 4 APLICAÇÃO DA INTERFACE

Inicialmente, o usuário precisa efetuar uma catalogação de quais são os componentes físicos, presentes na sala, capazes de interferir no tempo de reverberação calculado, exemplo: portas, janelas e tipos de materiais que compõem paredes, teto e piso. Tendo isso em vista, os usuários podem inserir quantos materiais forem necessários para caracterizar o ambiente o mais próximo possível da realidade. Para auxiliá-los, foi disposta embaixo de cada caixa de edição de texto uma indicação de como funciona a relação entre as matrizes.

Por exemplo, para as paredes, o primeiro termo da matriz de materiais (M1) é relativo ao termo 1 da matriz de áreas (área 1), o segundo termo (M2) é relativo ao segundo termo da matriz de áreas (A2) e, assim, sucessivamente. Para o teto e o piso, a ideia é similar. Entretanto, é necessário que todas as matrizes de áreas e materiais para paredes, teto e piso tenham iguais número de termos. Isto é, caso a maior matriz entre elas duas tenham 6 termos e as demais tenham 4 termos, as ultimas devem ser preenchidas com valores nulos até se igualarem em número de termos.

Os dados utilizados são hipotéticos, suas funções são apenas caracterizar dois ambientes de interface diferentes, para que seja ratificada a capacidade da mesma em produzir diferentes resultados. Tais parâmetros estão dispostos na tabela 1.

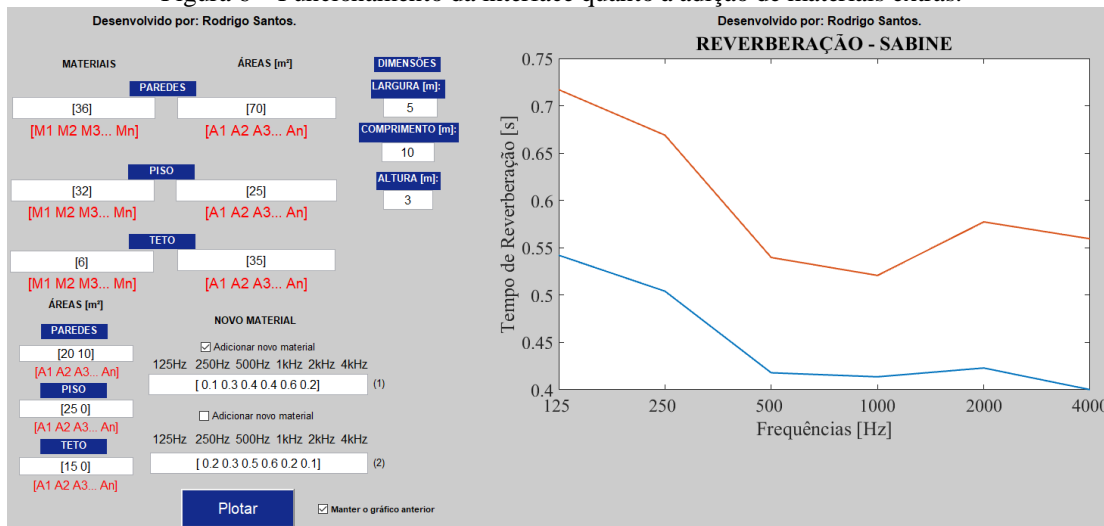
Tabela 1 – Dados utilizados na interface.

	Paredes (m²)		Teto (m²)		Piso (m²)	
	Existente	Extra	Existente	Extra	Existente	Extra
Gráfico 1 (Linha azul)	90	0	50	0	50	0
Gráfico 2 (Linha laranja)	70	20	25	25	35	15

Fonte: Autor.

A figura 6 mostra o funcionamento da interface com e sem a adição de material extra.

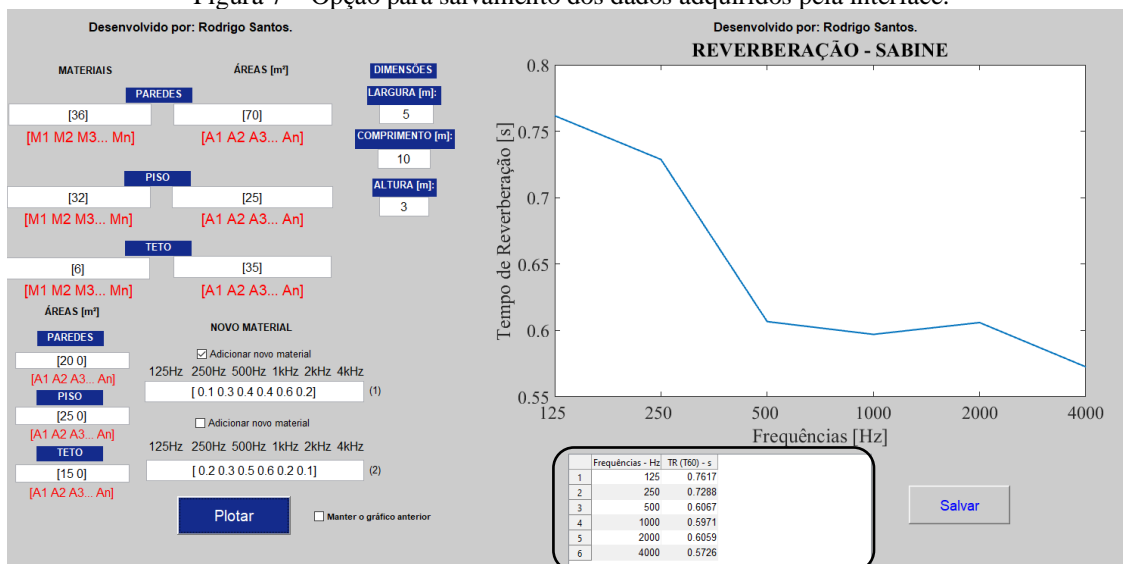
Figura 6 – Funcionamento da interface quanto à adição de materiais extras.



A partir da interface, é possível identificar a influência do gráfico com material adicionado (laranja) em relação ao gráfico sem material extra (cor azul). É perceptível que essa diferença pode ser explicada pelos coeficientes de absorção hipotéticos adicionados, dado que estes possuem absorção sonora relativamente alta, o que corrobora com a permanência prolongada do som no ambiente.

Além disso, estes dados podem ser vistos na parte inferior do gráfico e o usuário tem a opção de salvá-lo. A figura 7 mostra o comportamento desta função na interface.

Figura 7 – Opção para salvamento dos dados adquiridos pela interface.





## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que a interface desenvolvida é um bom parâmetro de estimativa de valores de tempo de reverberação em salas que não apresentem grandes quantidades de móveis ou equipamentos, como laboratórios, ou uma diversidade de materiais nas paredes, tetos e pisos. Por outro lado, ela é uma boa ferramenta para os alunos de graduação compreenderem qual é o comportamento deste fenômeno, sendo capazes de dimensionar salas até atingir um valor de TR adequado à finalidade ou selecionar materiais de acordo com o coeficiente de absorção dos mesmos.

Sendo assim, o desenvolvimento de métodos computacionais, que facilitem e aproximem os alunos graduandos das disciplinas curriculares, são essenciais para o bom entendimento de parâmetros abstratos na abordagem teórica. Além disso, permite que os alunos compreendam o funcionamento da ferramenta matemática utilizada para o desenvolvimento da interface e possam, ao longo da graduação, produzir novas características a partir desta já desenvolvida.

## REFERÊNCIAS

BISTAFA, S. R. **Acústica Aplicada ao Controle de Ruído**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2006.

GOÉS, D. R. Duaymy, SILVA, Giovani M. da, GUEDES, Danielle L. **Desenvolvimento de Interface em MATLAB para aprendizado e comparação de métodos numéricos**. In: Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics, Vol. 3, N. 1, 2005. Trabalho apresentado no XXXV CNMAC, Natal-RN, 2014.

HORTA, Bruno Vicente. **Avaliação de um algoritmo de estimação do tempo de reverberação**. 2013. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Eletrônica e de Computação, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MATLAB Release 2016b, The MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, United States

VALENTE, J. A. **Diferentes usos do computador na educação**. In: Computadores e conhecimento: repensando a educação. 1. ed. Campinas (SP): NIED-Unicamp, 1993.



## GRAPHIC INTERFACE DEVELOPMENT USING THE MATLAB SOFTWARE FOR ACOUSTIC TEACHING IN ENGINEERING COURSES THROUGH THE REVERBERATION TIME DATA

**Abstract:** *An acoustically unprepared environment can lead to problems for users, whether in professional or non-professional environments; therefore, the study of room acoustics is of fundamental importance when it is desired to obtain an environment with a good acoustic comfort. For this, one of the evaluation methods is to obtain room reverberation time, given by T60, T30 or T20. Parallel to this, it is necessary to promote the study of acoustics in engineering courses through methods that instigate and facilitate the understanding of the student regarding the realization of theoretical applications. Thus, a graphical interface was developed that can self-communicate with the user to provide reverberation time values - measured according to the Sabine formulations - in octave bands for frequencies between 125 and 4000 Hz, and save the acquired data. This interface allows the user to evaluate the influences of different materials occupying the same area (in quantitative terms), to make correlations with the coefficients of sound absorption and stipulate alternatives of how to produce a suitable environment for the desired purpose. Finally, it could be verified that the algorithm produced showed efficacy in the measurement of values and data salvage.*

**Key-words:** *Interface. Acoustic. Reverberation Time. Matlab.*