

TERCEIRA AULA PRÁTICA – CONVOLUÇÃO UNIDIMENSIONAL

G. P. Calais, M. V. R. Campos

UFV, Viçosa, Brasil

E-mails: gabriel.calais@ufv.br, marciovonrondow96@gmail.com

Resumo: O presente relatório relata uma aula prática sobre convolução discreta unidimensional no *software MATLAB*. O objetivo da aula foi que os alunos aprendessem como funciona a convolução discreta no *software* e suas finalidades. Para tanto, o professor apresentou alguns comandos úteis e mostrou aplicações dos mesmos no processo de convolução, além de propor exercícios para os alunos. Com os exercícios os alunos foram capazes aprender o princípio da convolução discreta e aplicar os conhecimentos adquiridos para convoluir alguns sinais.

Palavras-chave: *MATLAB*, convolução, áudio, sinais, gráfico.

Introdução

A terceira aula prática da disciplina de Processamento Digital de Sinais consistiu na apresentação de conceitos sobre convolução discreta no *software MATLAB* para os alunos.

O *MATLAB* é um *software* com diversas aplicações em diferentes áreas da engenharia, especialmente na Engenharia Elétrica, podendo ser utilizado para processar sinais, fazer operações matemáticas e para programação e simulação de inteligências computacionais.

Na prática em questão, o *software* foi usado para ensinar aos alunos alguns novos comandos para que pudessem ser usados na compreensão o princípio da convolução discreta, através de orientações do professor e utilizando o comando *help*.

Materiais e métodos

Foi utilizado o *software MATLAB* com a finalidade de aprender sobre a convolução discreta unidimensional e como o *software* convolui sinais.

Através da janela *Editor* do programa, os alunos criaram códigos em programação de acordo com o que foram instruídos a fazer pelo roteiro da aula prática no computador. Durante a implementação do código, os alunos selecionaram determinadas partes do mesmo e analisaram as respostas na *command window* para que pudessem testar e verificar se obtiveram êxito na realização das tarefas.

Alguns dos comandos mais importantes utilizados na aula prática constam na tabela 1.

Tabela 1: Comandos aprendidos na aula prática.

Comando	Função
<i>conv</i>	Realiza a convolução discreta de dois sinais.
<i>subplot</i>	Divide uma figura em vários gráficos
<i>load</i>	Carrega as variáveis de um arquivo para a <i>workspace</i>
<i>audiowrite</i>	Escreve uma matriz de dados de áudio e salva um arquivo de áudio
<i>sound</i>	Reproduz um sinal de áudio, normalizando se necessário (requer a frequência de amostragem do sinal)
<i>rectpuls</i>	Cria um pulso retangular
<i>tripuls</i>	Cria um pulso triangular
<i>stem</i>	Plota uma sequência de dados discretos
<i>ones</i>	Cria uma matriz de uns
<i>zeros</i>	Cria uma matriz de zeros

Inicialmente pediu-se que fossem feitos testes com os comandos apresentados no roteiro. Após tal feito, os alunos ficaram encarregados de resolver alguns problemas propostos pelo roteiro e pelo professor.

O principal assunto abordado nos problemas foi a convolução. A operação realizada pela convolução discreta unidimensional é dada da seguinte forma:

$$c[k] = \sum_{m=0}^n x[m] \cdot g[n-m] \quad (1)$$

Essa operação é executada invertendo $g[m]$ em relação ao eixo vertical ($m = 0$) para obter $g[-m]$. Em seguida fazer o deslocamento de n unidades para obter $g[n-m]$. Para $n > 0$ o deslocamento é para direita (atrasado), e para $n < 0$ o deslocamento é para esquerda (adiantado). Feito isso, deve-se multiplicar $x[m]$ por $g[n-m]$ e somar todos os produtos para obter $c[n]$. O procedimento é repetido para o valor de n em uma faixa de $-\infty$ a $+\infty$.

O primeiro exercício proposto teve como objetivo introduzir os conceitos sobre a convolução discreta unidimensional feita pelo *software MATLAB*.

Foram criadas duas variáveis vetoriais: uma para o sinal de entrada $x = [0 \ 1: 10 \ ones(1,5) \ 5 \ zeros(1,10)]$ possuindo no total de $L1 = 26$ pontos discretos, e outra para o sinal de resposta ao impulso

$h = [1 \text{ zeros}(1,20) 0.5 \text{ zeros}(1,10)]$ com um total de $L2 = 32$ pontos discretos. Em seguida foi realizada a convolução entre os dois sinais através do comando $\text{conv}(x,h)$, o que resultou em uma resposta com o comprimento total de 57 pontos, ou seja, $L1 + L2 - 1 = 26 + 32 - 1 = 57$, essa é uma propriedade essencial para o êxito da operação.

O segundo exercício teve como foco principal a discretização de um sinal sonoro de uma trombeta e seu comportamento sob emissões de ondas dada por uma função impulso. Foi feito o *download* do arquivo de som “trumpet 30082019132152.mat” no *site PVAnet* e em seguida carregado na janela *workspace*.

Após esse processo foi criado duas variáveis vetoriais, as quais indicam um sinal discreto da resposta ao impulso, e aplicou-se a convolução entre elas e a onda sonora para analisar o comportamento do som utilizando o comando *audiowrite* e *sound* descritos na Tabela 1. Essa análise foi feita separadamente nos três casos: para uma resposta ao impulso com um eco de 0,25 e -0,25 atrasado por 10000 zeros e com eco de 0,25 atrasado por 2000 zeros.

Quanto ao terceiro exercício, foi ordenada a criação de uma variável vetorial como sinal de resposta ao impulso passa-baixas a fim de fazer uma análise sobre a frequência modificada da onda sonora devido à convolução entre elas. Foram, também, feitos testes aumentando-se o número de zeros e uns da resposta ao impulso.

Por fim, no exercício proposto pelo professor, os alunos tiveram a tarefa de convoluir dois sinais: um pulso retangular e um pulso triangular. Porém lhes foi pedido que o fizessem de duas formas diferentes, primeiramente utilizando a função *conv* já existente no *software MATLAB* e posteriormente usando a definição da soma de convolução discreta.

Para que a tarefa citada fosse executada os alunos implementaram um código com dois *loops*. O primeiro *loop* foi responsável por criar um vetor e percorrê-lo, enquanto o segundo *loop* foi utilizado para que as devidas multiplicações acontecessem de maneira correta. Para a implementação os alunos se basearam na equação 1, mostrada anteriormente.

Resultados

Após os testes feitos pelos alunos com relação aos comandos apresentados na tabela 1, estes implementaram o código de programação com suas devidas finalidades. Os alunos conseguiram concluir a tarefa com êxito e o programa foi implementado para operar da maneira mais eficiente que os mesmos conseguiram pensar. Nas figuras de 1 a 7 constam os resultados da resolução dos problemas propostos.

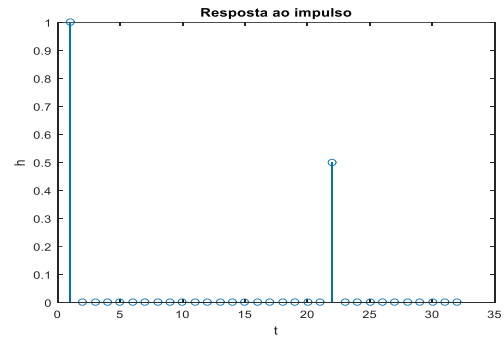


Figura 1: Resposta ao impulso.

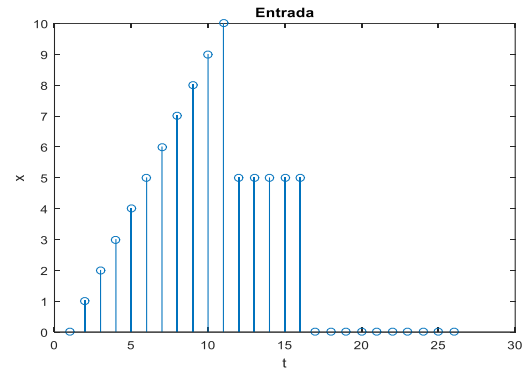


Figura 2: Sinal de entrada.

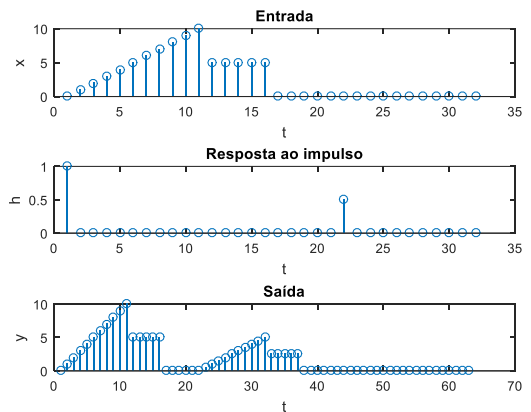


Figura 3: Sinal de saída comparado ao sinal de entrada e à resposta ao impulso.

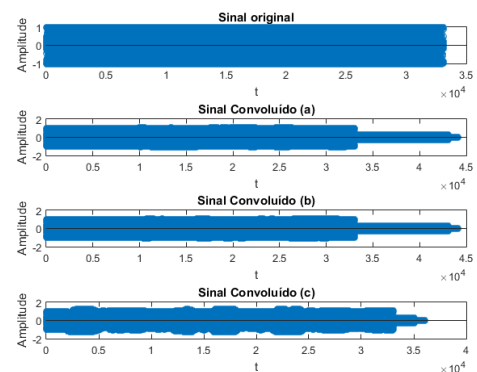


Figura 4: Sinal de áudio e das convoluções nele aplicadas.

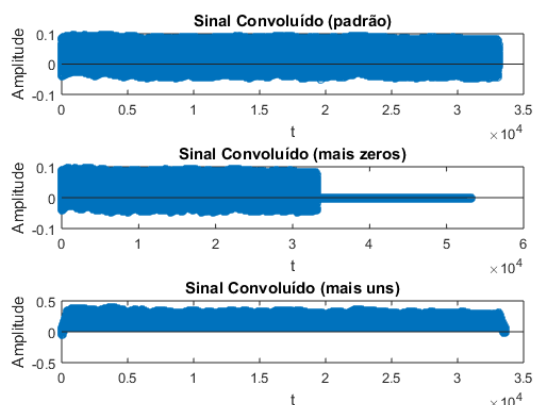


Figura 5: Convoluções aplicadas ao sinal de áudio.

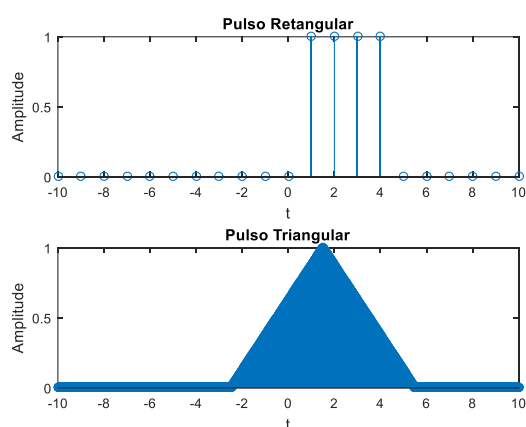


Figura 6: Pulsos retangular e triangular.

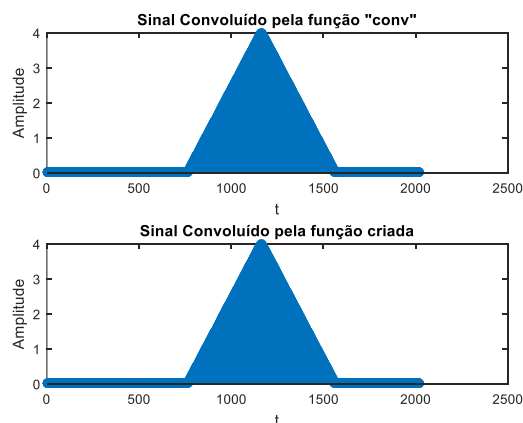


Figura 7: Comparação das convoluções feitas.

Discussão

A partir dos resultados obtidos dos exercícios, analisou-se os efeitos gerados por um sinal de resposta ao impulso sobre a onda sonora trabalhada e a coerência dessas respostas de acordo com a definição da equação 1 descrita.

A convolução entre a entrada e a resposta ao impulso do primeiro exercício tiveram um resultado condizente, visto que, a condição $L1 + L2 - 1$ foi

satisfeita e, por inspeção, o gráfico gerado teve resultados esperados.

Quanto ao segundo exercício, embora os resultados comparados graficamente estivessem dentro do esperado, a percepção sonora ao escutar o áudio do sinal de som convoluído foi relativo entre os alunos, pois depende de fatores externos como a capacidade auditiva dele. Devido a esse fator, foi realizado uma comparação detalhada do comportamento gráfico entre os sinais modificados e a alteração do áudio e concluiu-se que o sinal convoluído (a) foi abafado no final da sua reprodução por causa da sua amplitude diminuída. A mesma coisa ocorreu com o sinal convoluído (b). Já o gráfico (c) mostrado na Figura 4 teve maiores oscilações em sua amplitude o que foi perceptível no áudio uma maior vibração no som da trombeta além de ter sido menos abafado no final.

Os resultados obtidos no terceiro exercício retornaram as respostas esperadas, pois na convolução da onda sonora de entrada com uma resposta ao impulso com muitos zeros, o sinal aumentou de tamanho, porém com uma parte sem som. Quando na resposta ao impulso foram adicionados muitos uns, o sinal ficou distorcido, mas, também, um pouco maior.

Finalmente, no exercício proposto pelo professor, o resultado verificado foi exatamente o esperado, pois os gráficos plotados pela função *conv* e pelo código implementado pelos alunos são idênticos, como mostrado na Figura 7.

Conclusão

A prática em questão focou no conceito de convolução e na forma com que o *software MATLAB* realiza tal cálculo. De acordo com os resultados obtidos e discutidos, foi possível observar os variados efeitos gerados ao convoluir-se diferentes tipos de sinais, como os de áudio. Assim, pode-se concluir que tal recurso matemático pode ser amplamente utilizado na Engenharia Elétrica, mostrando-se de grande importância no tratamento de áudio e afins, podendo modificar as frequências do som e, também, seu volume.

Referências

- [1] LATHI, B.P. Sinais e Sistemas Lineares. 2ª edição. Porto Alegre, Bookman, 2007.
- [2] Mathworks. Disponível em: <<https://www.mathworks.com/help/matlab/>>. Acessado em 07/09/2019