

RELATÓRIO REFERENTE À PRÁTICA 3

MATHEUS MORAES PEREIRA SALES DE AZEVEDO - 99892

matheus.m.sales@ufv.br

Resumo: Este relatório fundamenta-se em realizar um estudo de comandos, funções e aplicações, utilizando o software interativo MATLAB, com enfoque nas operações de cuja finalidade consiste no estudo introdutório acerca da convolução discreta em uma dimensão envolvendo sinais de áudio.

Palavras-chave: MATLAB, convolução, áudio.

Introdução

Criado pelo norte americano Cleve Moler, o software iterativo de alto desempenho Matrix Laboratory (MATLAB) [1], proporciona aos usuários muitos recursos dentro do processamento de sinais, utilizado para análise e criação de dados. Utiliza uma linguagem de programação de alto nível com o intuito de tornar mais simples, prática e objetiva a construção de gráficos, análise numérica, processamento de sinais e cálculo com matrizes.

Materiais e métodos

Convolução 1D: Iniciando os procedimentos requeridos pelo roteiro da prática 3, foram criados dois vetores do tipo linha, denominados h e x , com elementos pré definidos e comprimentos diferentes. Por conseguinte, através do comando *plot*, esses vetores foram plotados.

Uma ferramenta crucial no processamento de sinais é a discretização, a qual consiste em aplicar uma ferramenta matemática em uma função de entrada, com a finalidade de representar suas variações no tempo discreto, ou seja, uma sequência de valores definidos apenas em um conjunto discreto de instantes t [2]. Sendo assim, utilizou-se a função *stem()* do MATLAB para discretizar os sinais supracitados (h e x).

Em seguida, partindo da premissa de realizar operações com sinais discretos, pode-se citar a ferramenta matemática de convolução, a qual consiste em um operador linear que retorna um sinal de saída, dado duas entradas diferentes. Embora tal operação seja bastante complexa, o *software* consegue processar esta função com o uso do comando *conv(a,b)*. Desta maneira, os sinais x e h foram convoluídos utilizando tal sintaxe, todavia, devido aos diferentes comprimentos dos sinais de entrada e saída, foi necessário acrescentar alguns zeros nos vetores x e h , a fim de ajustar tais diferenças. Com o intuito de plotar os gráficos na mesma aba e compará-los temporalmente, foi usado o comando *subplot*.

Convolução de um sinal sonoro: O processamento dos sinais de áudio foi abordado na segunda parte do roteiro, na qual, carregou-se o arquivo *trumpet.mat* através do comando *load()*, visualizando assim os arquivos *trumpet* e *Fs* na workspace do MATLAB. Em seguida, foi criado um vetor ' $h1$ ' e realizou-se a

discretização e convolução do mesmo com o sinal de entrada do *trumpet*. Para que o usuário possa ouvir o sinal de saída, foi usada a função *audiowrite()* para poder reproduzir o áudio.

Uma vez que, com o *script* criado, foram realizadas mudanças em parâmetros da função que gera o sinal sonoro, com o intuito de observar possíveis alterações e assim, analisar os seus efeitos. Desse modo, o coeficiente ' 0.25 ' do vetor ' h ', foi modificado por outros valores de forma aleatória. Por conseguinte, com o enfoque de atrasar o eco em um quarto de segundo, foi inserido $Fs/4$ zeros antes do segundo impulso no vetor ' $h1$ ', criando o vetor ' $h2$ ' e convoluindo-o com o sinal de entrada *trumpet*.

Ademais, foram feitas análises em cima dos sinais de entrada e saída propostos, com o intuito de avaliar o efeito causado pela convolução do sistema e pela variação de parâmetros do mesmo.

Resposta ao impulso quadrado: Primeiramente, foi criado uma resposta ao impulso denominada de " $h3$ ", e por conseguinte, através do comando *conv*, foi gerado o sinal de saída, denominado $y3$, que é dado pela convolução do sinal $h3$ juntamente com *trumpet*, já citado.

Dessa forma, foi exercida uma análise em cima da variação realizada no sinal, com o intuito de verificar as implicações causadas devido a convolução e alterações realizadas em parâmetros dos mesmos, levando em conta aspectos como suavidade do som resultante.

Soma de convolução: Apesar do MATLAB possuir a função *conv*, nesta parte do relatório teve como proposta a realização de um *script* que efetuasse o cálculo utilizando a definição de convolução. Dessa forma, como tal ferramenta matemática toma dois sinais para gerar um terceiro, foram criados dois vetores denominados *ret* e *tri*, funções essas que geram impulsos de forma de onda retangular e triangular respectivamente.

Temos por definição que, convolução é dado pelo somatório infinito da multiplicação dos vetores da seguinte forma $x[n] = x1[n]*x2[n] = \sum x1[k]x2[n-k]$ [3]. Para realizar o cálculo matemático foi necessário adaptar a equação mencionada acima para os parâmetros do software, para isso foram usados os comando *for* e *if*.

Resultados

Após finalizar o *script* da primeira parte deste relatório, realizando a convolução discreta do vetor h com x , observou-se que os gráficos possuíam comprimentos diferente. Sendo assim, adicionou-se zeros em x e h para que as entradas e saídas tenham o mesmo comprimento, em seguida, utilizou-se o comando

subplot e obteve-se uma comparação mais coerente dos mesmos, como mostra a figura 1.

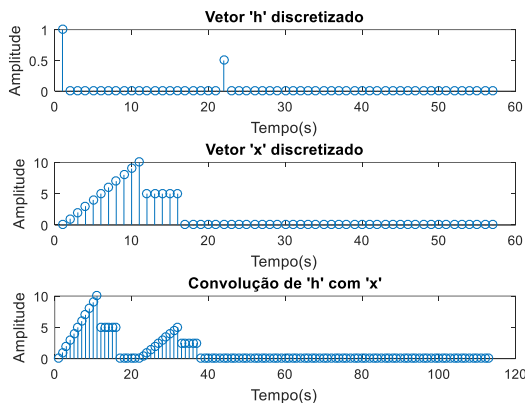


Figura 1: Comparação dos sinais discretizados.

No segundo *script* trabalhou-se com um sinal de áudio, no qual aplicou-se a ferramenta de convolução nas entradas *trumpet.mat* e o vetor *h1*, ambos discretizados. Sendo assim, obteve-se os gráficos contidos na figura 2, a qual mostra uma comparação entre os sinais de entrada e saída.

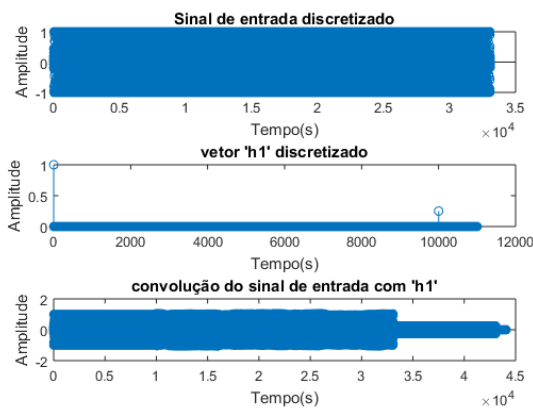


Figura 2: Convolução com o vetor *h1*.

Além disso, reproduzindo os sinais de áudio gerados com a função *audiowrite()* foram perceptíveis reflexos gráficos causados por alterações aleatórias em alguns termos do vetor *h1*, como no caso em que mudou-se o sinal de um dos elementos do mesmo, todavia no som não foi possível notar uma diferença significativa, no entanto, ao realizar o plot dos sinais ficou notória a diferença. Tal mudança está exemplificada na figura 4.

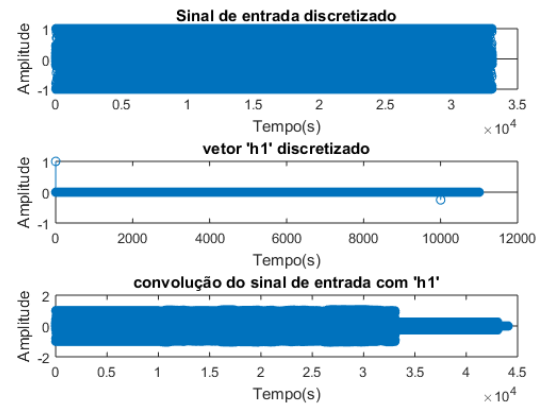


Figura 3: Convolução com o vetor *h1* alterado

Em face a estas operações com áudio, realizou-se a convolução do mesmo sinal de entrada supracitado com o vetor *h2*, o qual é capaz de atrasar o sistema em um quarto de segundo, gerando um eco, o que tornou-se perceptível através de uma análise sucinta ao se reproduzir o documento de áudio e observar a figura 4.

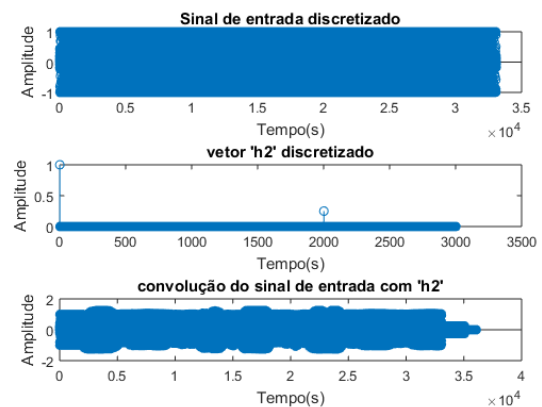


Figura 4: Convolução com o vetor *h2*.

Em última análise, gerou-se um impulso através do vetor *h3* e aplicou-se o artifício matemático de convolução com o sinal de entrada do *trumpet*, de maneira que obteve-se o gráfico mostrado na figura 5. Em relação ao áudio reproduzido foi notada uma maior suavidade comparando-se aos outros casos, o que pode ser remetido às características de um filtro passa baixa.

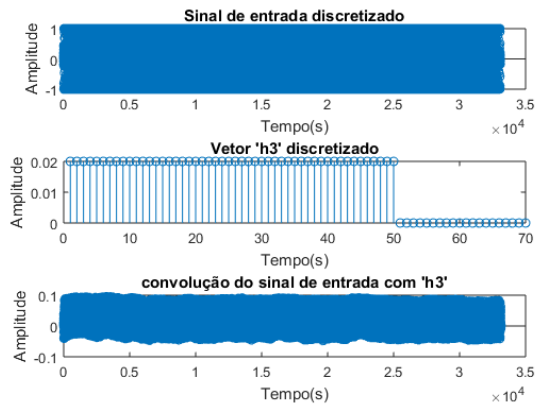


Figura 5: Convolução com o vetor $h3$.

Para realizar o teste em cima do script que realiza o cálculo da convolução pela definição foram criados dois tipos de sinais como mostrado na figura 6.

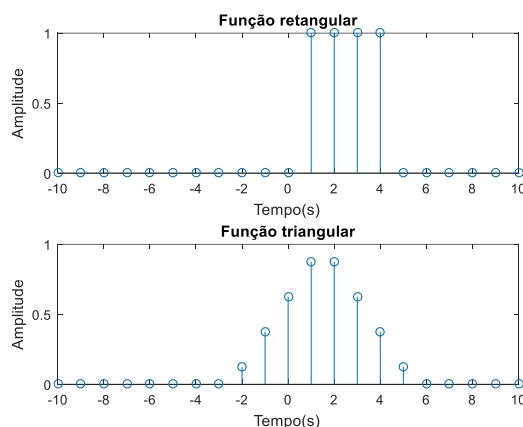


Figura 6: Sinais *ret* e *tri*.

Uma vez que os sinais foram gerados, aplicou-se o comando *conv* e juntamente foi executado o trecho do código referente a ferramenta matemática de convolução supracitada, obteve-se resultados semelhantes, conforme é mostrado na figura 7.

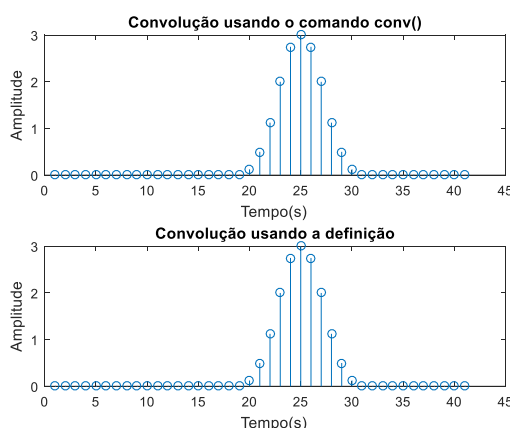


Figura 7: convoluções

Discussão

Em primeira análise, pode-se afirmar que as convoluções realizadas em conjunto com as plotagens apresentaram um nível de eficiência bastante satisfatório, uma vez que, em muitos casos, o usuário não consegue perceber com clareza as diferenças nas manipulações de um sinal, todavia com o gráfico plotado, tais distorções ficam mais perceptíveis.

Dentre as manipulações aludidas, pode-se citar os casos em que se alterou um dos termos dos vetores trabalhados, em que as alterações gráficas ficaram bastante visíveis, através do deslocamento dos pontos, entretanto escutando-se o áudio as diferenças foram sutis, de maneira que, em alguns casos, foram pouco perceptíveis.

Já nas aplicações de eco e impulso, as diferenças nos áudios foram notadas com maior clareza, haja visto que no primeiro caso as distorções sonoras ficaram mais presentes e no segundo a suavidade em comparação com os outros exemplos foi notada sem muito esforço.

Conclusão

O software se mostrou muito eficiente em trabalhos envolvendo manipulação de sinais, haja visto que o MATLAB apresenta certa facilidade em operações abrangendo ferramentas matemáticas como a convolução e a discretização, as quais apresentam certa complexidade de serem realizadas manualmente. Em face a esta ideia, outra ferramenta muito útil trabalhada nesta prática foi a conversão de sinais gráficos para sonoros, possibilitando a reprodução de áudios e facilitando a operação por parte do usuário.

Referências

- [1] MATLAB, Disponível em <https://www.mathworks.com/company/newsletters/articles/the-origins-of-matlab.html> Acesso em 11 de setembro de 2019.
- [2] J.M.M.VILLANUEVA Disponível em <http://www.cear.ufpb.br/juan/wp-content/uploads/2016/08/Aula-2-Sinais-Continuas-e-Discretas> Acesso em 10 de setembro de 2019.
- [3] B.P.LATHI, Sinais e sistemas lineares.