



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO
EA619R – LABORATÓRIO DE ANÁLISE LINEAR
PROF. RENATO DA ROCHA LOPES
PROF. RICARDO CORAÇÃO DE LEÃO FONTOURA DE
OLIVEIRA



RELATÓRIO DO EXPERIMENTO 1:
AMOSTRAGEM DE SINAIS

Bryan Wolff
João Luís Carvalho de Abreu

RA: 214095
RA: 175997

Campinas
Abril de 2021

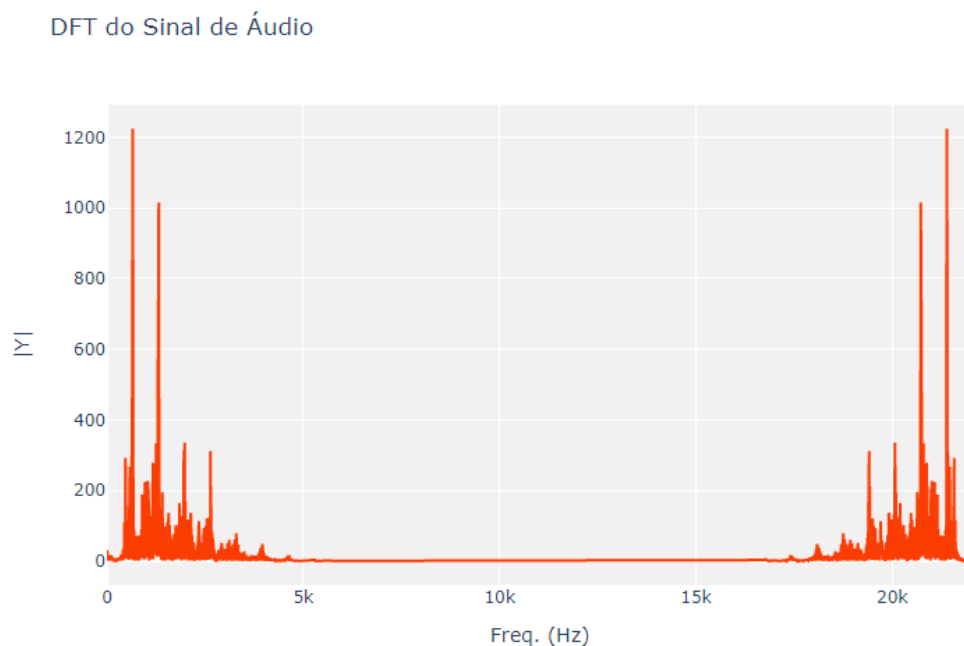
[Link para o notebook \(Google Colab\)](#)

Questão 1

Pelo Teorema de Nyquist, para possibilitar o registro digital de todas as frequências analisadas e poder recuperá-las após a amostragem, é necessário que a taxa de amostragem f_s seja ao menos duas vezes maior que a frequência do sinal original f_m , isto é, $f_s > 2 * f_m$. Logo, tendo em vista $f_s = 22050$ Hz, $f_m = 11025$ Hz.

Questão 2

De acordo com o Teorema de Nyquist, quando a taxa de amostragem para determinado sinal é menor que a frequência de Nyquist, ocorre o efeito *aliasing*, em que uma alta frequência é medida erroneamente como sendo de frequência mais baixa, o que implica uma superposição dos espectros e a impossibilidade de recuperação do sinal analógico original.



Ao aplicar a transformada de Fourier no sinal, é possível visualizar o espectro do áudio a partir do gráfico gerado acima. Dado a existência de periodicidade em f_s , as frequências positivas e negativas podem ser verificadas através do eixo ω pela simetria do espectro. Assim, as componentes negativas são de 11025 Hz a 22050 Hz, enquanto as componentes positivas são de 0 a 11025 Hz.

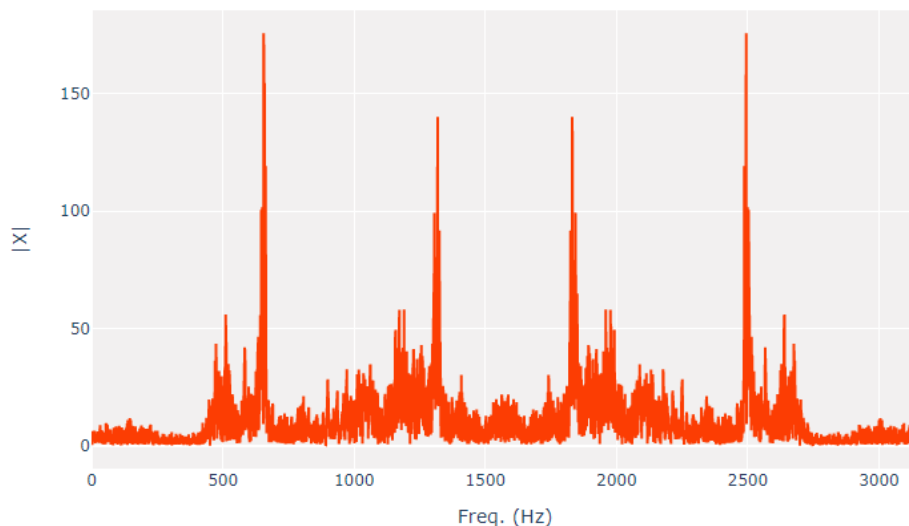
É notável a existência de dois grupos de frequência relevantes na caracterização do sinal Y. Essas frequências podem ser verificadas a partir do cursor do gráfico interativo, no qual o primeiro grupo destaca-se uma frequência de aproximadamente 656 Hz e o segundo grupo uma frequência de 1318 Hz.

Questão 3

Considerando que as amostras para x são tomadas de 7 em 7, é possível afirmar que a frequência de amostragem neste caso é, portanto, sete vezes menor que a do sinal original. Assim, tem-se que:

$$f'_s = \frac{f_s}{7} = \frac{22050}{7} = 3150 \text{ Hz}$$

DFT do Sinal de Áudio



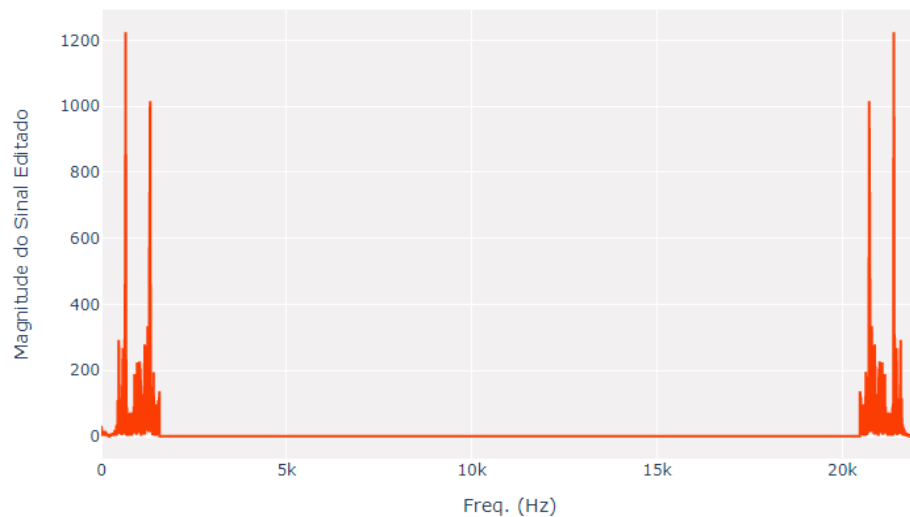
Logo ao escutar os dois áudios (original e subamostrado), é possível notar uma considerável perda na qualidade do áudio que passou pelo processo de decimação. Há uma sensação de que o som está abafado, mais grave e com notável ruído, características que podem ser apontadas como resultantes do efeito de *aliasing*.

Questão 4

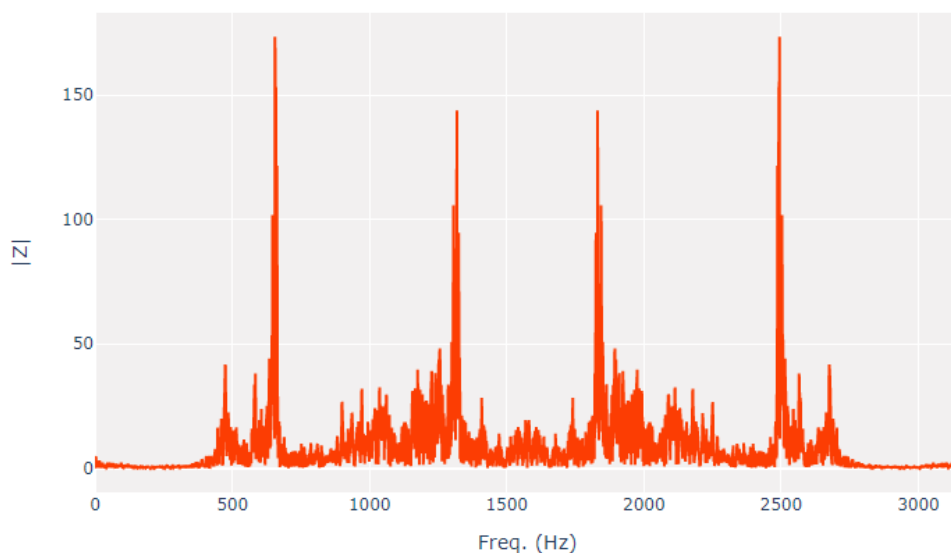
Tendo em vista o teorema de Nyquist já abordado na Questão 1, é possível afirmar que, para uma taxa de amostragem do sinal decimado equivalente a 3150 Hz, apenas as frequências até 1575 Hz serão preservadas este valor corresponde a 14ª parte da taxa de amostragem do sinal original (22050 Hz).

Nesse sentido, para eliminar o efeito de aliasing da maneira sugerida pelo enunciado da questão, é necessário zerar todas as frequências acima de 1575 Hz. Em outras palavras, ao dividir nosso espectro em 14 partes iguais, apenas a primeira e última parte serão preservadas, mais especificamente as partes referentes às frequências até 1575 Hz e a partir de 20475 Hz.

DFT do Sinal de Áudio



DFT do Sinal de Áudio



Questão 5

Comparando os sinais Y, X e o sinal Z subamostrado, no qual foi computado logo abaixo, é possível notar que tanto o sinal X quanto o sinal Z tem perda considerável na qualidade do áudio em comparação com o original (Y). Porém, a

qualidade do sinal Z, no qual foi aplicado a estratégia para evitar o *aliasing* é ligeiramente melhor que o sinal X.