

ESTUDANDO A TRANSFORMADA DE FOURIER NUMERICAMENTE E SUAS APLICAÇÕES

Luciane Guarnieri (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Breno Ferraz de Oliveira (Orientador). E-mail: bfoliveira@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Maringá, PR

Área e subárea do conhecimento: Física Geral/Métodos Matemáticos da Física

Palavras-chave: Filtro sonoro, espaço das frequências, linguagem C.

RESUMO

O principal objetivo do projeto foi estudar a transformada de Fourier discreta. Além disso, foi desenvolvido um código em linguagem C para realizar a transformada de Fourier em uma série temporal com pontos igualmente espaçados. O programa gerado pelo código foi usado com uma série temporal obtida por combinações da função trigonométrica cosseno. O resultado dessa aplicação foi encontrar as frequências características que compõem a série temporal. Por fim, foi feito uso de uma gravação de uma pessoa falando em conjunto com o som de um apito e, por meio do programa desenvolvido, o apito foi isolado e retirado. Neste sentido, o programa pode ser utilizado como um filtro sonoro para remoção de ruídos sonoros.

INTRODUÇÃO

A transformada de Fourier é uma ferramenta frequentemente utilizada para análise de sons e imagens. Isso se deve a transformações entre o domínio do tempo para o domínio das frequências que compõem o som ou do domínio do espaço para o domínio dos números de onda que compõem uma imagem (Bracewell, 1978).

Um de seus usos conhecidos é no trabalho com ondas sonoras e mais especificamente, utilizado para remover ruídos indesejados de um som (Williams, 1999). Uma aplicação presente no cotidiano das pessoas de fora da academia, ocorreu em 2010, na Copa do Mundo de Futebol, ocorrida na África do Sul. Esse evento mundial ficou muito conhecido pelo barulho produzido por um instrumento musical chamado Vuvuzela (Kassing, 2014). Alguns canais por assinatura venderam a transmissão dos jogos sem o som da Vuvuzela (Sêneca, 2010). Essa remoção de ruído é facilitada pelo uso da Transformada de Fourier.

Neste trabalho, abordamos a Transformada de Fourier Discreta (TFD) e propomos duas aplicações puramente didáticas. A primeira, permite verificar a relação entre uma função senoidal com dependência temporal e sua representação no espaço de Fourier, também conhecido como domínio das frequências. A segunda aplicação

consiste em adicionar um ruído branco na primeira aplicação e mostrar como remover esse ruído com a TFD.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para execução do projeto foi necessário uso de um áudio de uma pessoa falando junto com o som de um apito, bem como um computador para execução do programa desenvolvido neste projeto. Tal áudio e programa estão disponíveis em [6].

Dado um conjunto de pontos igualmente espaçados, representados pela função $g(t)$, a TFD é dada pela seguinte equação

$$G(f) = \sum_{n=0}^{N-1} g(n) e^{-j2\pi f n \Delta t} \quad (1)$$

em que $g(f)$ é a função g , só que, neste caso, no domínio das frequências ao invés de estar no domínio do tempo. Note que a função discreta $g(t)$ é composta por N pontos e a função $g(f)$ é composta por $N/2$ pontos. Isso ocorre porque a função $g(f)$ é uma função complexa e, portanto, em uma transformação entre domínios (do tempo para o domínio das frequências) o número de dados de entrada deve ser igual ao número de dados de saída, mantendo a conservação de dados.

A relação entre o tempo e a frequência em uma transformação, com pontos igualmente espaçados no domínio do tempo, é dada por

$$\Delta f = \frac{1}{N \Delta t} \quad (2)$$

em que Δt é o intervalo entre dois tempos consecutivos da função $g(t)$.

Neste projeto, escrevemos um programa, em linguagem C, que dados os pontos de uma função $g(t)$, faz uso das equações (1) e (2) para calcular a função $g(f)$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aplicamos o programa em dados gerados pela função $g(t) = 3 \cos(6\pi t) + 2 \sin(8\pi t)$ com o propósito de obter as frequências características que compõem a função $g(t)$, neste caso, 6 e 8. A Figura 1 mostra o gráfico da função $g(t)$ à esquerda e na direita é mostrado o gráfico $g(f)$, que é o gráfico da função $g(t)$ no espaço de Fourier.

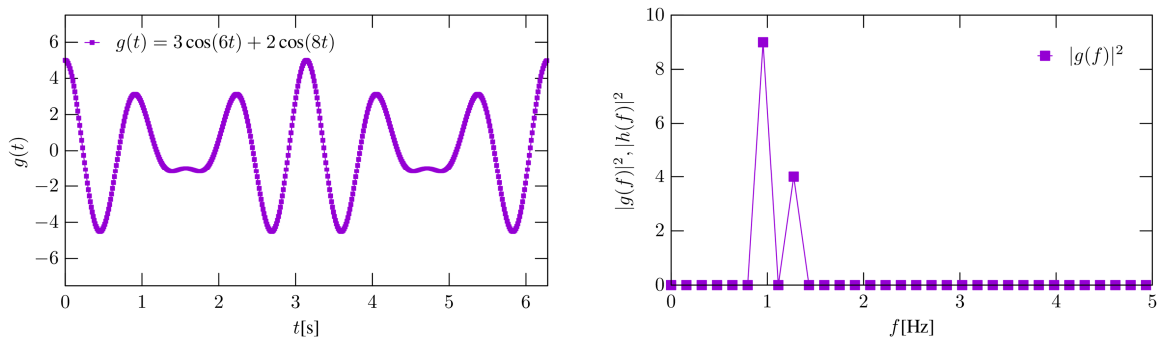


Figura 1 – Gráfico da função $g(t)$ (esquerda) e $g(f)$ (direita).

Na sequência, usamos o programa para calcular a TFD de um ruído sonoro, neste caso de um apito, como mostrado na Figura 2.

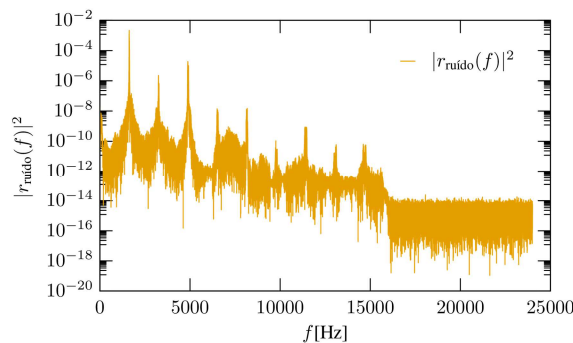


Figura 2 – Gráfico da função $g(t)$ (esquerda) e $g(f)$ (direita).

Identificamos a frequência característica desse apito e usamos essa frequência para retirar o som do apito gravado em conjunto com uma pessoa falando. Para isso, foi calculado a TFD de um áudio com uma pessoa falando e o apito de fundo. A região da frequência característica e os harmônicos, que são múltiplos dessa frequência característica foram feitos iguais a zero. A TFD inversa, ou seja, o retorno para o espaço real dos tempos faz com que o novo áudio não contenha mais o som do apito.

CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi abordado a Transformada de Fourier Discreta (TFD) e duas aplicações. A primeira consiste em realizar a TFD em uma série temporal composta por uma combinação da função trigonométrica cosseno. O propósito dessa aplicação foi de familiarizar-se com a relação entre a função (série) temporal e a sua representação no espaço de Fourier. Na segunda parte foi utilizado o som de uma conversa entre humanos com um apito sendo tocado no meio da conversa. O som do apito foi removido com a TFD. O projeto contribuiu para a acadêmica adquirir conhecimentos sobre física computacional e aplicar os conceitos teóricos apresentados na graduação de física.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador e ao CNPq pela concessão do auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

BRACEWELL, R. The Fourier Transform and its Applications. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., second ed., 1978.

G. Globo.com, “Tv francesa lança transmissão sem o som das vuvuzelas,” 2010. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/esportes/copa/2010/tv-francesa-lanca-transmissao-sem-o-som-das-vuvuzelas-10ua66mynvt3j817q7ld4pcge/>. Acesso em: 3 jan. 2025.

KASSING, J. W. Noisemaker or Cultural Symbol: The Vuvuzela Controversy and Expressions of Football Fandom, pp. 121–139. London: Palgrave Macmillan UK, 2014.

SÉNECA, H. “Meo vai transmitir mundial sem vuvuzelas,” 2010. Disponível em: <https://visao.pt/exameinformatica/noticias-ei/mercados/2010-06-16-meo-vai-transmitir-mundial-sem-vuvuzelas/>. Acesso em: 3 jan. 2025.

WILLIAMS, G. Fourier Acoustics: Sound Radiation and Nearfield Acoustical Holography. Academic Press, 1999.