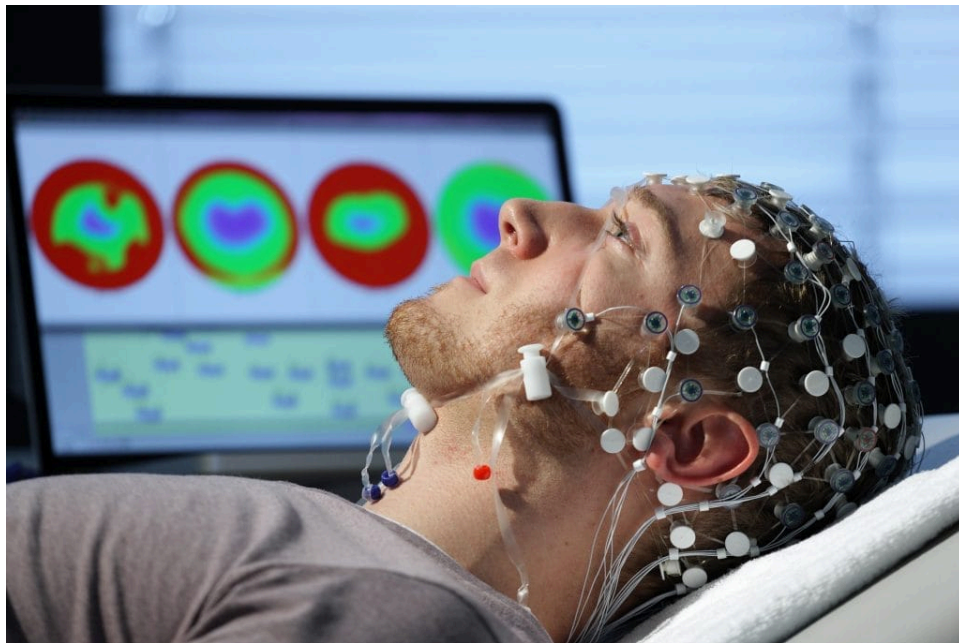


Seminário TPS

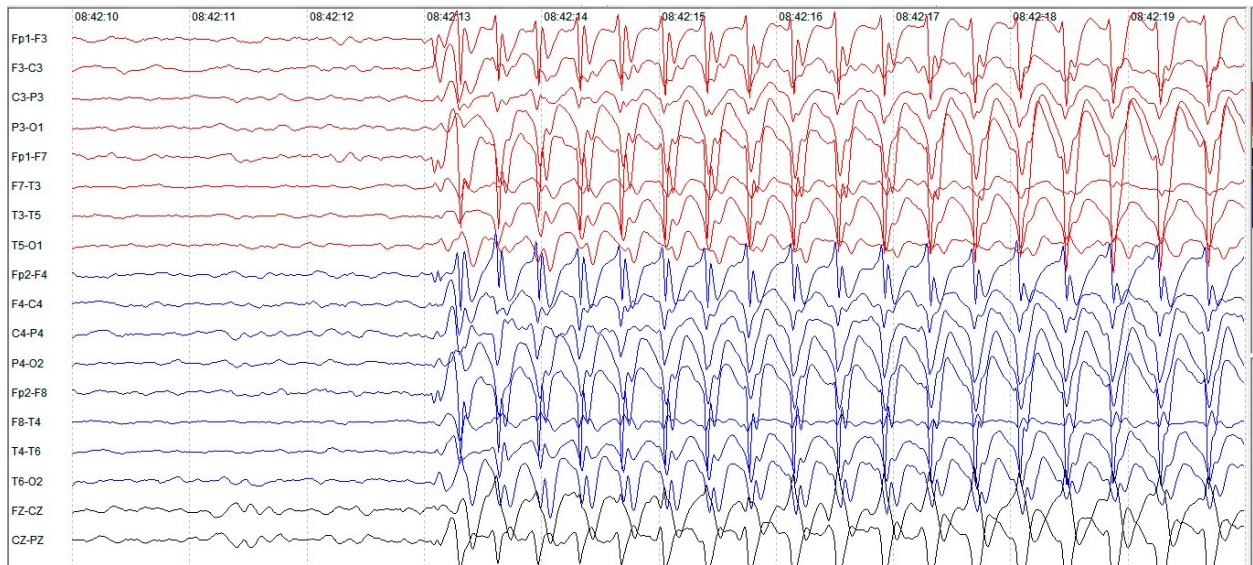
Algoritmo RIC DFT em sinais EEG

Sinais EEG

Eletroencefalograma é um exame não invasivo que registra sinais elétricos no cérebro, fornecendo informações sobre a atividade cerebral.



Diversos eletrodos são espalhados pelo couro cabeludo, possibilitando a captura de ondas cerebrais. Com isso, é possível detectar várias doenças como Alzheimer, demências e algumas doenças vasculares cerebrais (em geral, doenças que prejudicam a capacidade cognitiva).



Análise espectral

- **Delta: 0.5–4 Hz**
- **Theta: 4–8 Hz**
- **Alpha: 8–13 Hz**
- **Beta: 13–25 Hz**
- **Gamma: 25–45 Hz**

As letras gregas acima determinam as bandas de frequência utilizadas em análises espectrais. Por exemplo, pacientes com a doença de Alzheimer apresentam uma diminuição de energia na componente Alpha e um aumento na componente Theta (Miltiadous et al., 2023)

RIC FFT em EEGs

Dataset utilizado:

[doi:10.18112/openneuro.ds004504.v1.0.8](https://doi.org/10.18112/openneuro.ds004504.v1.0.8)

$F_s = 500 \text{ Hz}$

Epoch = 4s (janelas, período do sinal)

De acordo com Pivik et al. (1993), uma resolução de frequência adequada para a FFT é o recíproco do período. Portanto:

$$\Delta f = \frac{1}{\Delta T} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ Hz}$$

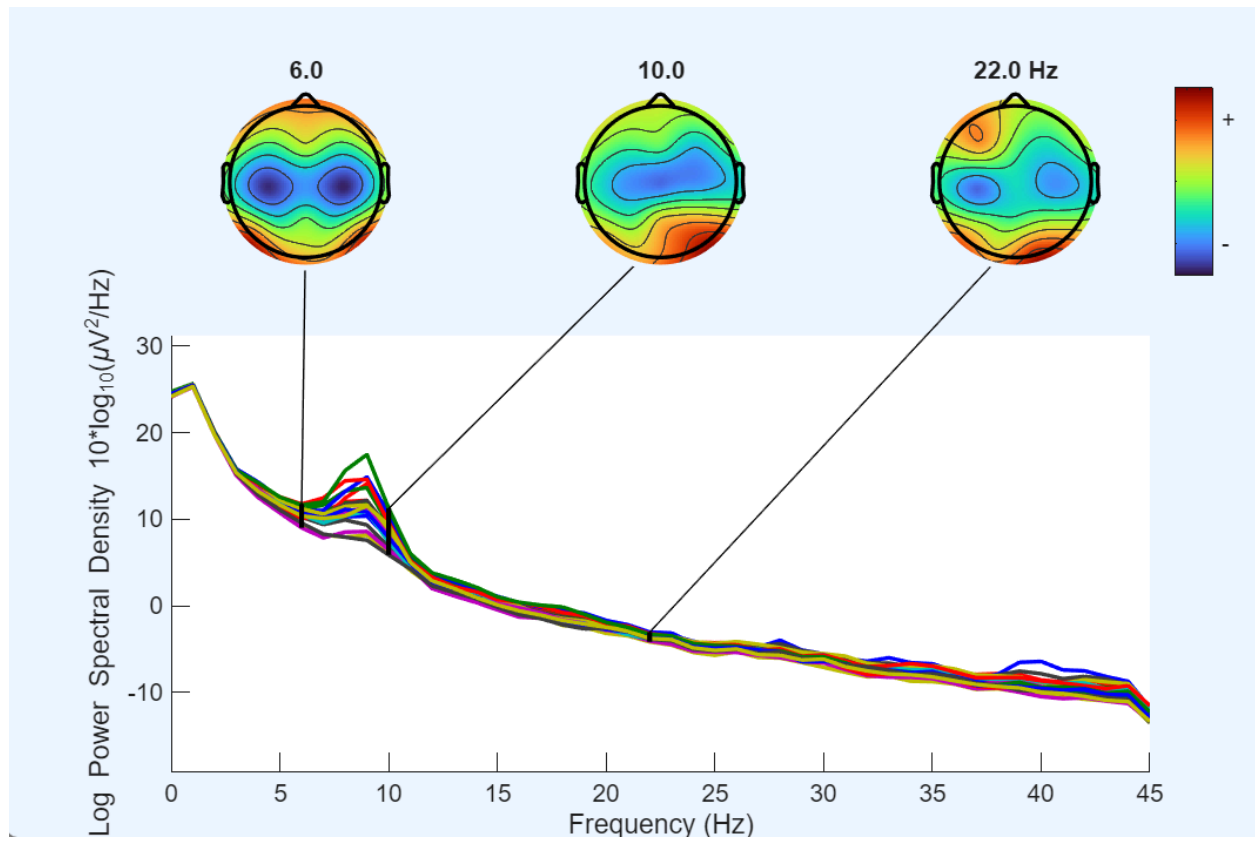
Para atingir essa resolução, é necessária uma FFT com 2048 pontos (arredondado para a próxima potência de 2).

$$N = \frac{f_s}{\Delta f} = \frac{500}{0,25} = 2000$$

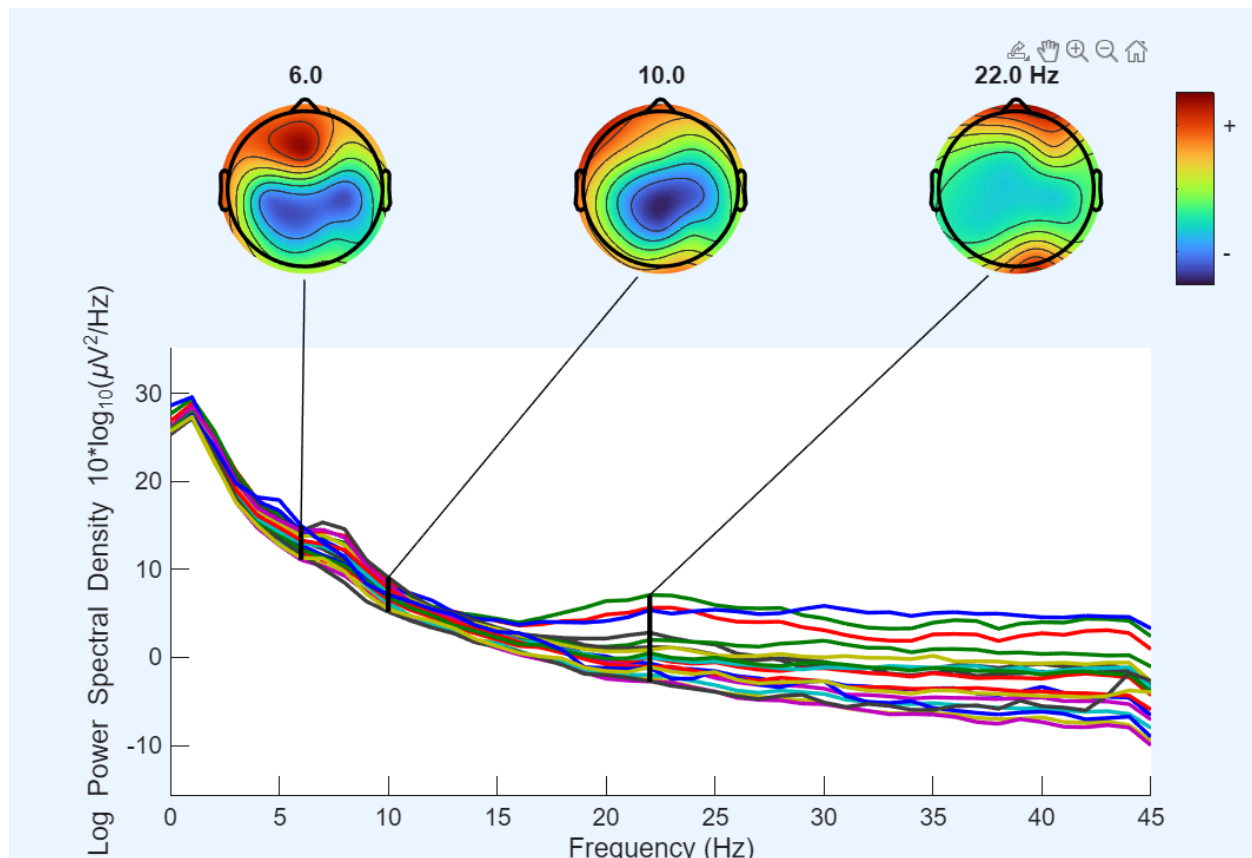
Script para análise espectral

A recomendação no artigo do dataset é de se utilizar o toolbox EEGLAB.

A ferramenta possui várias funções para análise gráfica de um exame, dentre elas, a análise espectral.



Paciente com alzheimer (003)



Paciente saudável (030)

EEGLAB utiliza a função `pwelch()` do Matlab, que utiliza o método Welch (1967), esta realiza cálculos de densidade espectral de potência (PSD) além de outras técnicas, ao invés de apenas aplicar uma FFT.

Isso garante uma melhor visualização da potência presente nas bandas desejadas.

Com a PSD, estamos mais interessados em observar a distribuição de potências através das frequências, no nosso caso, $\mu V^2/Hz$.

Resultados

Foram feitos vários testes utilizando técnicas diferentes.

- FFT com janela de Hann
- Welch usando a função Matlab

- Welch feita "à mão"

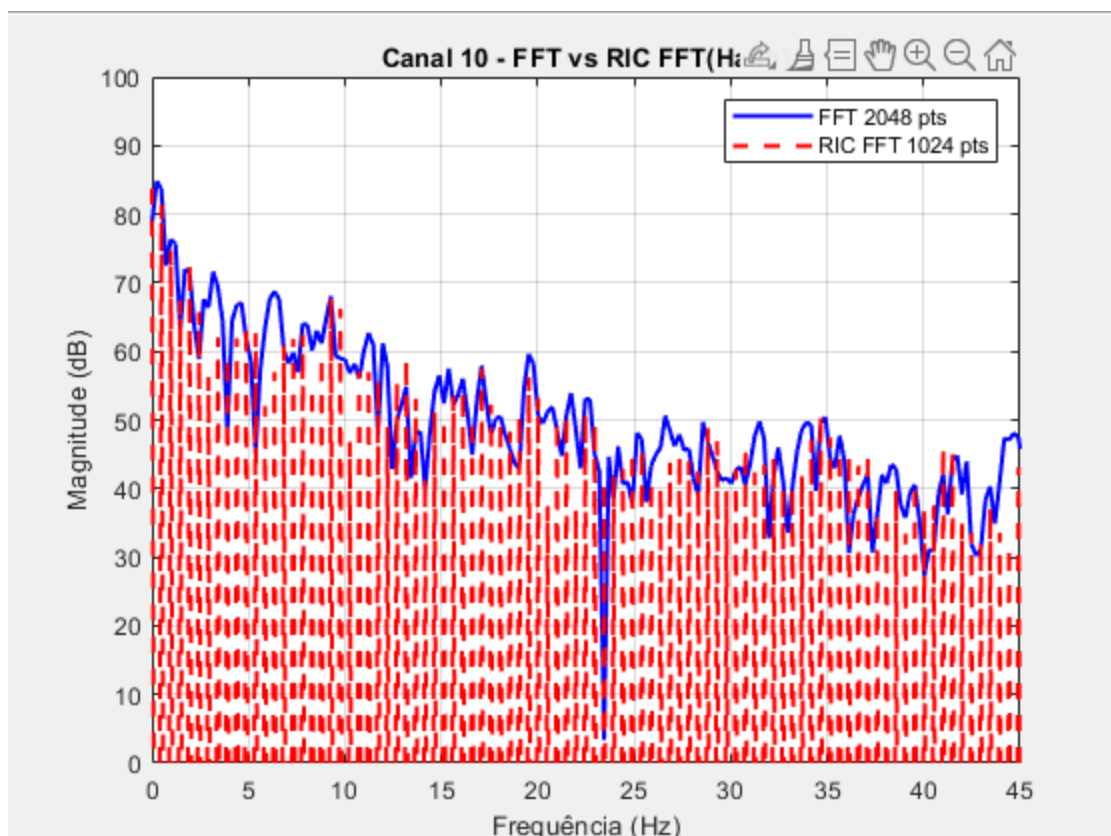
Todos utilizaram o canal 10 (escolhido arbitrariamente, cada canal representa apenas a região onde o eletrodo é localizado) e sempre que disponível, a mesma configuração de janelas e sobreposição

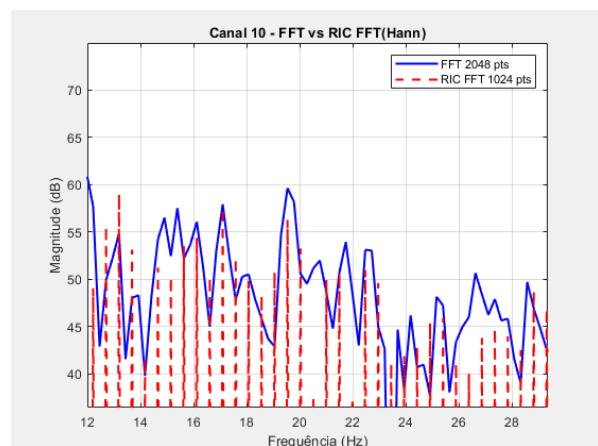
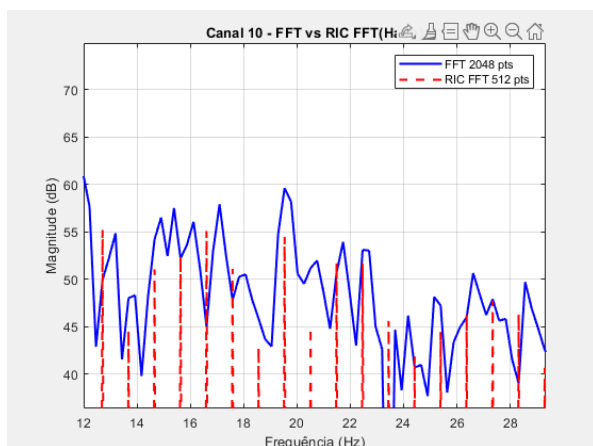
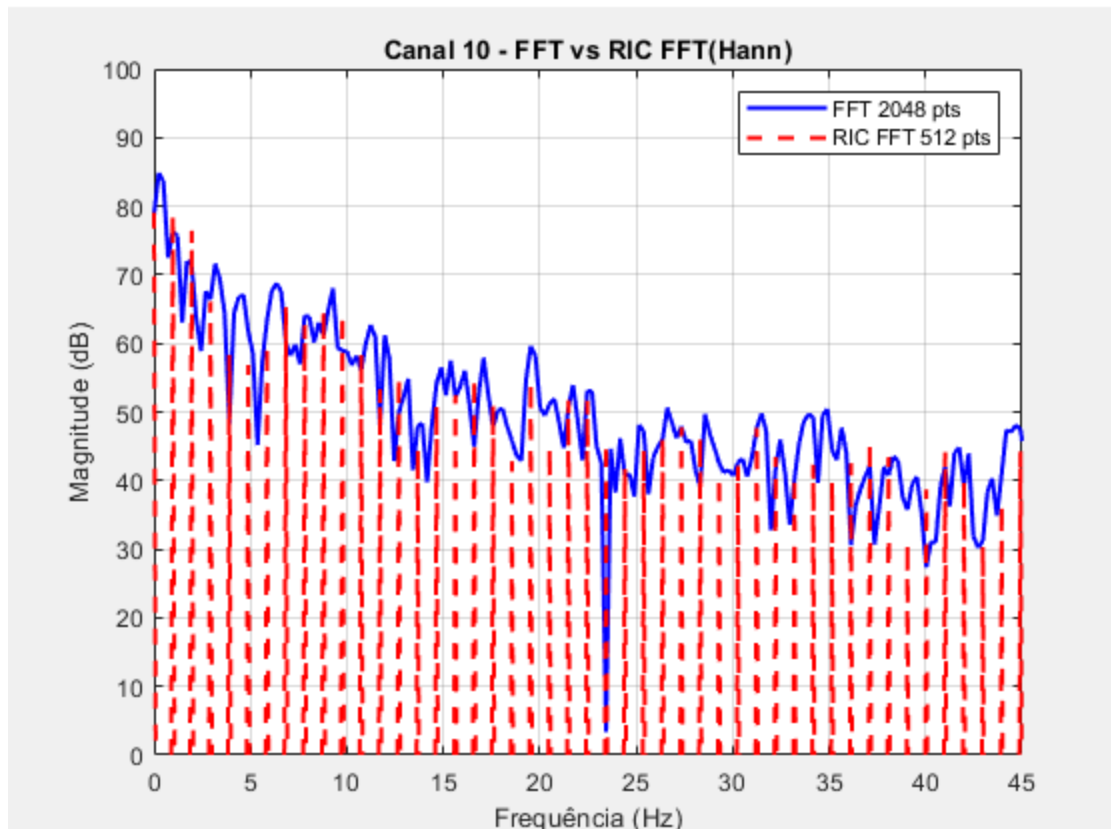
FFT e Hann

Primeiramente, foi realizada uma FFT com Janela de Hann:

Obs: sem janela (apenas FFT) os valores da RIC coincidem sem problemas com a FFT.

A compressão pareceu aceitável até a proporção 4:1 com a maioria dos pontos ainda coincidindo com a FFT.





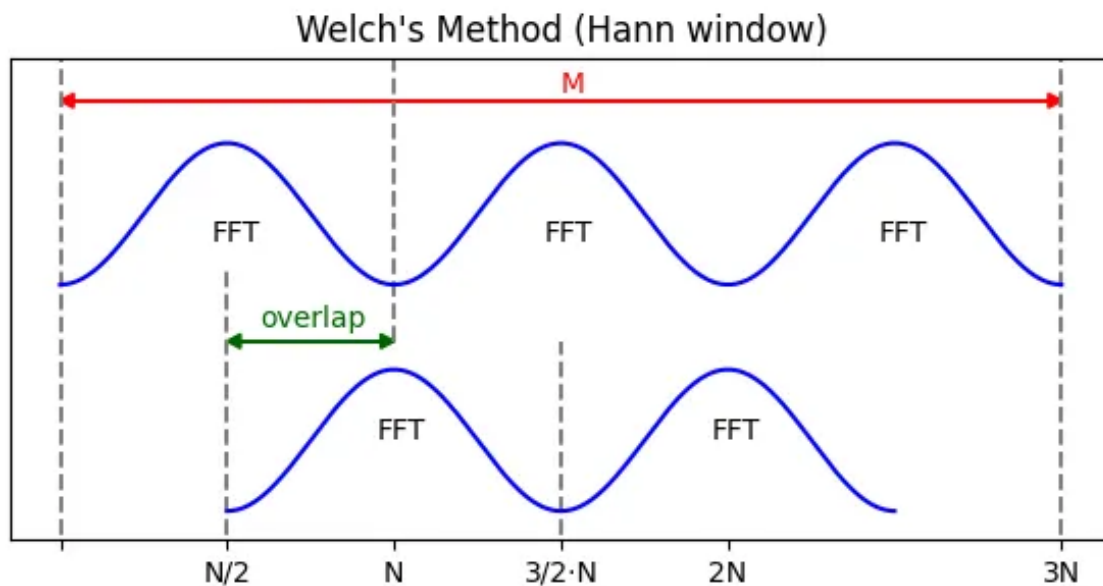
Método de Welch do Matlab

Consiste em dividir o sinal em vários segmentos com uma sobreposição. Após isso, aplica-se uma função janela e então a FFT.

Finalmente, calcula-se a densidade espectral e média.

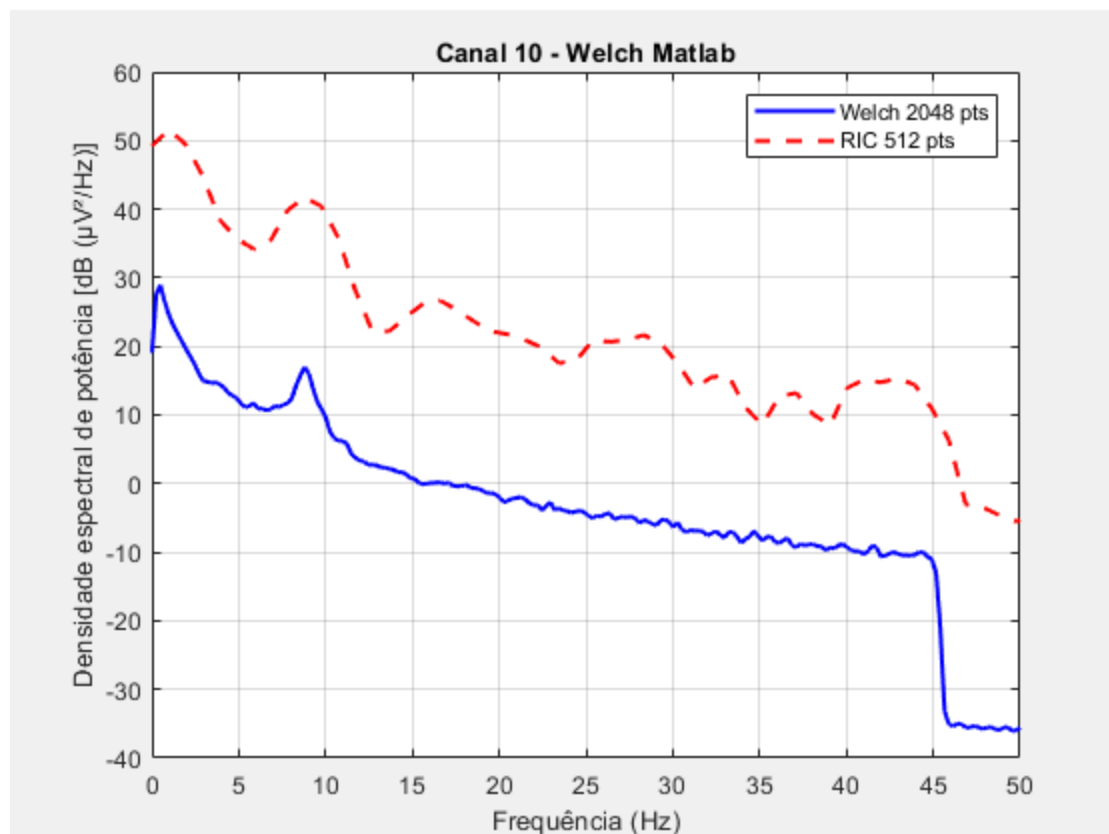
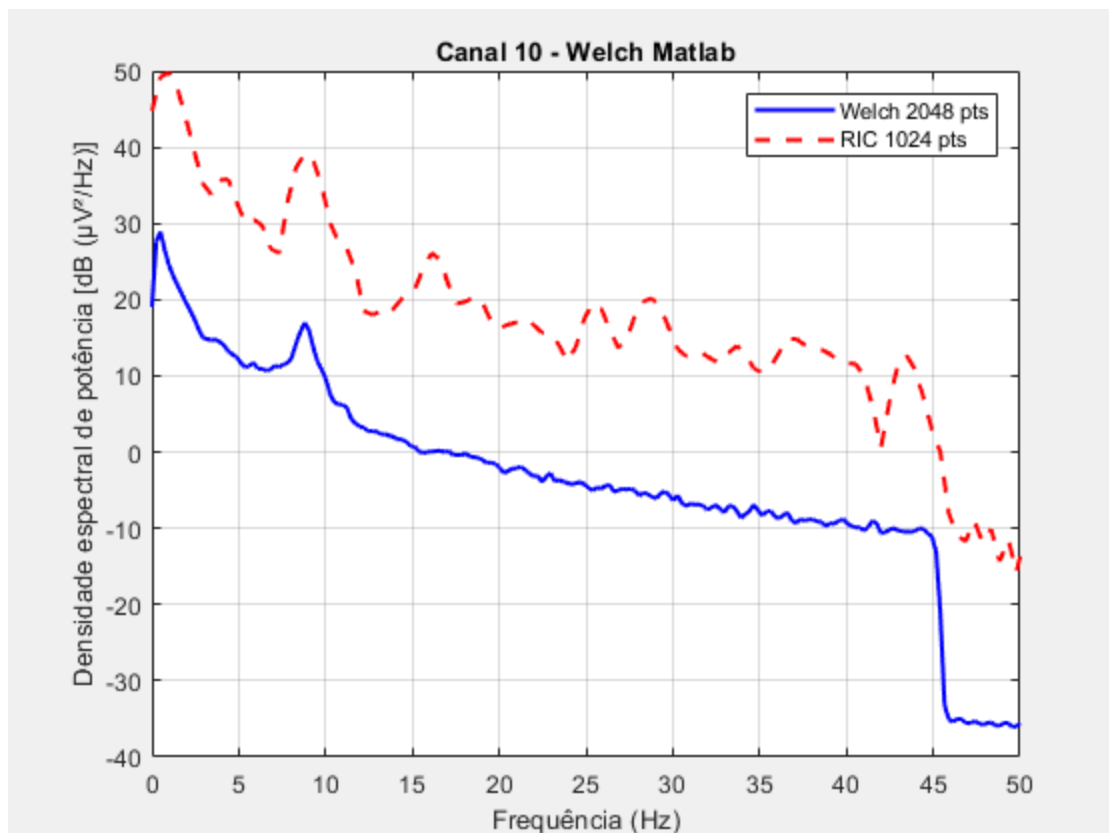
Fórmula para calcular a PSD:

$$P_{xx}[k] = \frac{1}{N} |X[k]|^2$$



Muito utilizada em sinais biológicos, por conseguir reduzir o ruído com suavização. No entanto, pode ocasionar na perda de informações se for escolhido um valor muito alto de segmentos.

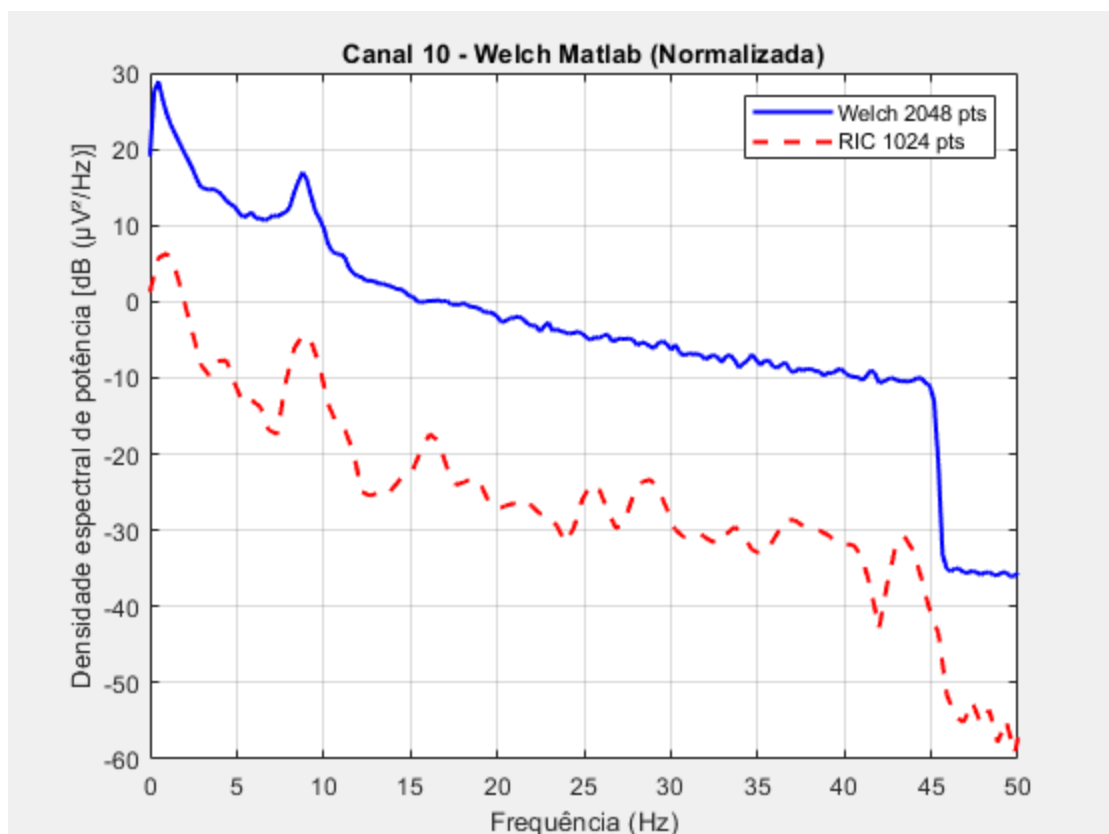
Com as configurações de janela de 4s e uma sobreposição de 50%, recomendações do artigo do dataset (Miltiadous et al., 2023), o resultado foi o apresentado abaixo:



A densidade espectral da RIC apresentou um nível de potência mais elevado que o sinal completo, e manteve um comportamento relativamente semelhante até a proporção 4:1.

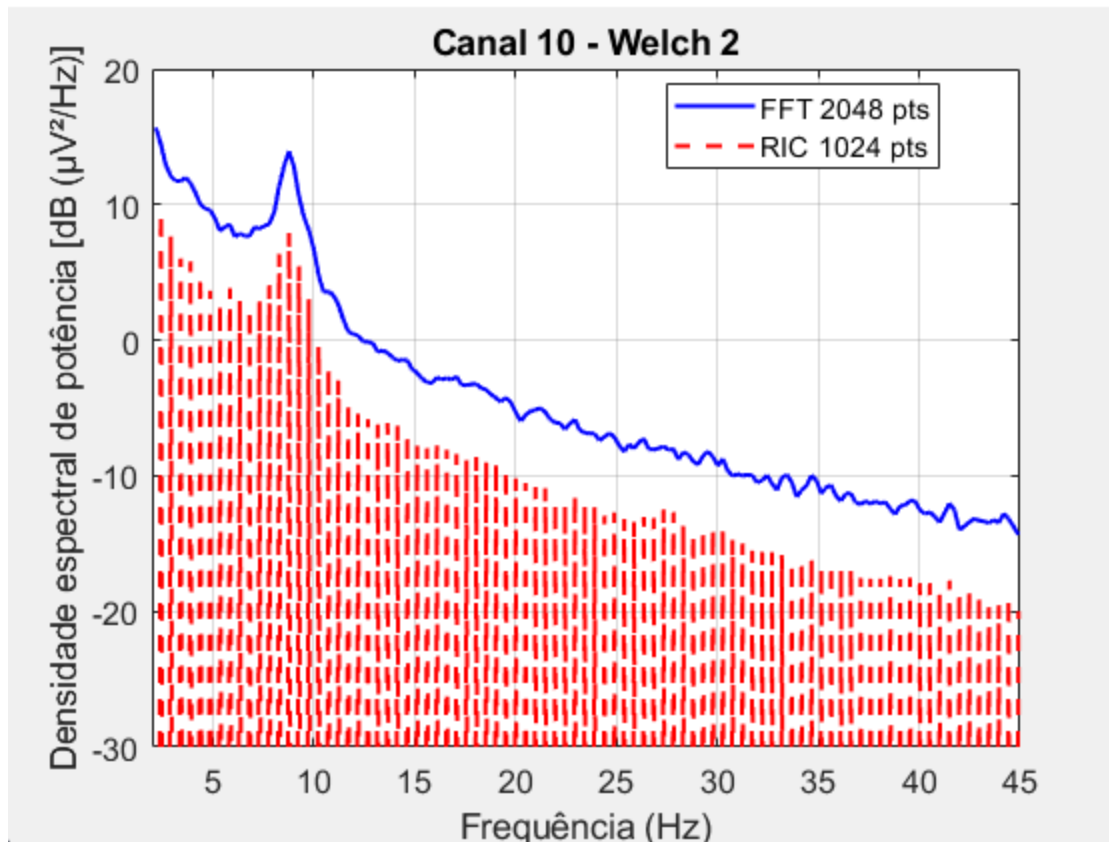
```
function xhat = compactric(x, C)
    L = length(x) / C;
    xhat = zeros(1, C);
    for c = 0:C-1
        xhat(c+1) = 0;
        for l = 0:L-1
            xhat(c+1) = xhat(c+1) + x(c + 1 + l * C);
        end
    end
    xhat = xhat / L;
end
```

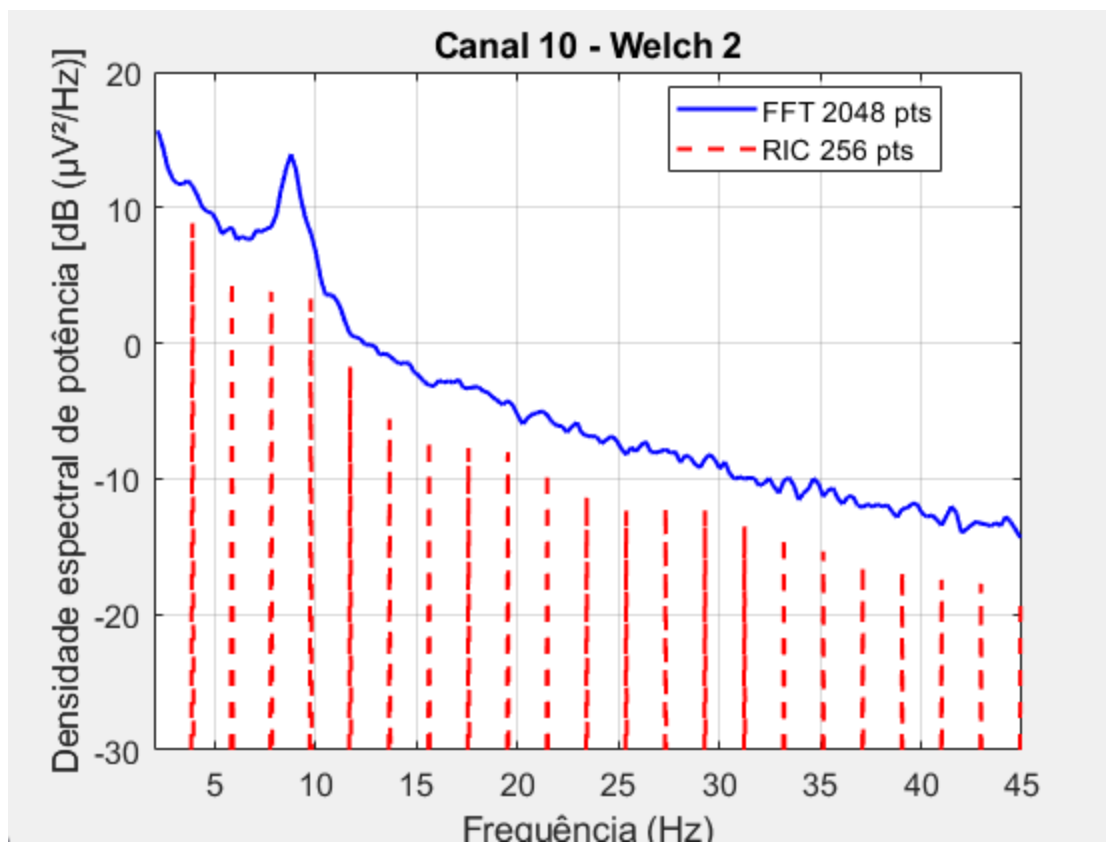
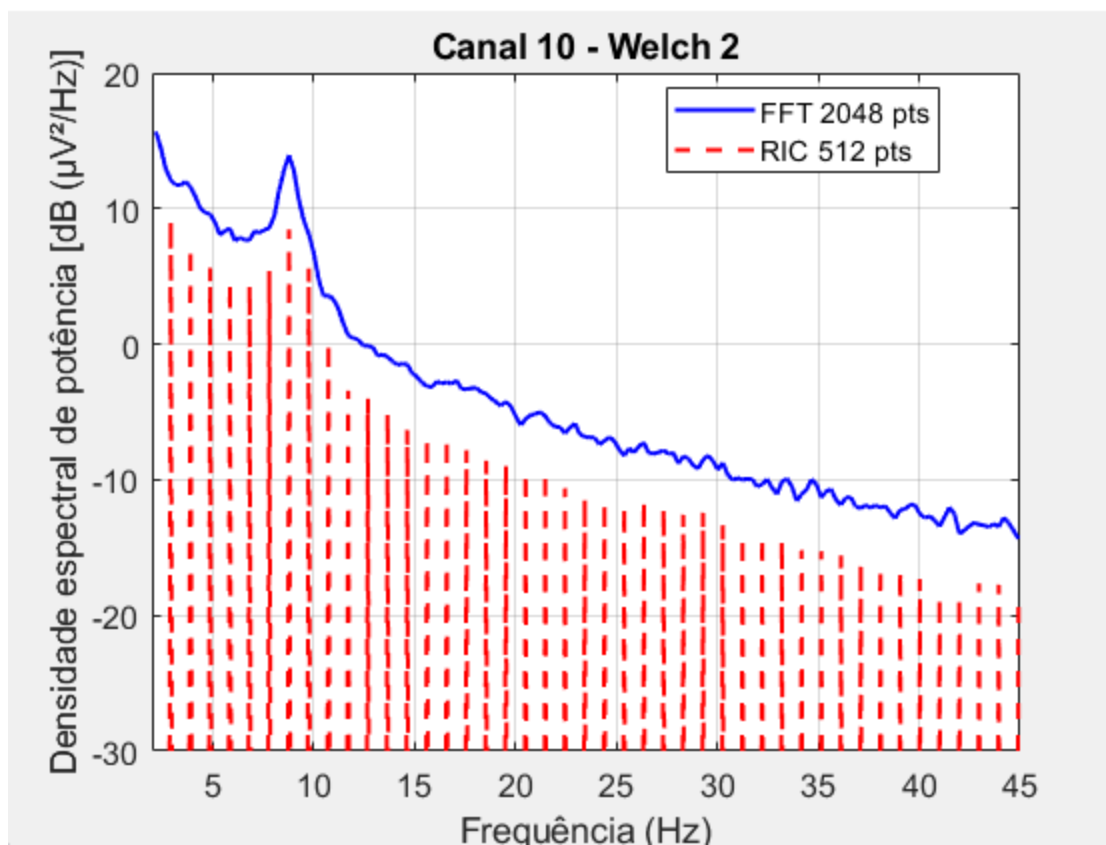
Com uma normalização pela quantidade de soma após a execução da compactric(), o resultado do sinal foi:



Isso faz mais sentido no ponto de vista da PSD, uma vez que eliminamos pontos que contribuem para a média de energia naquelas frequências, logo a potência presente seria menor.

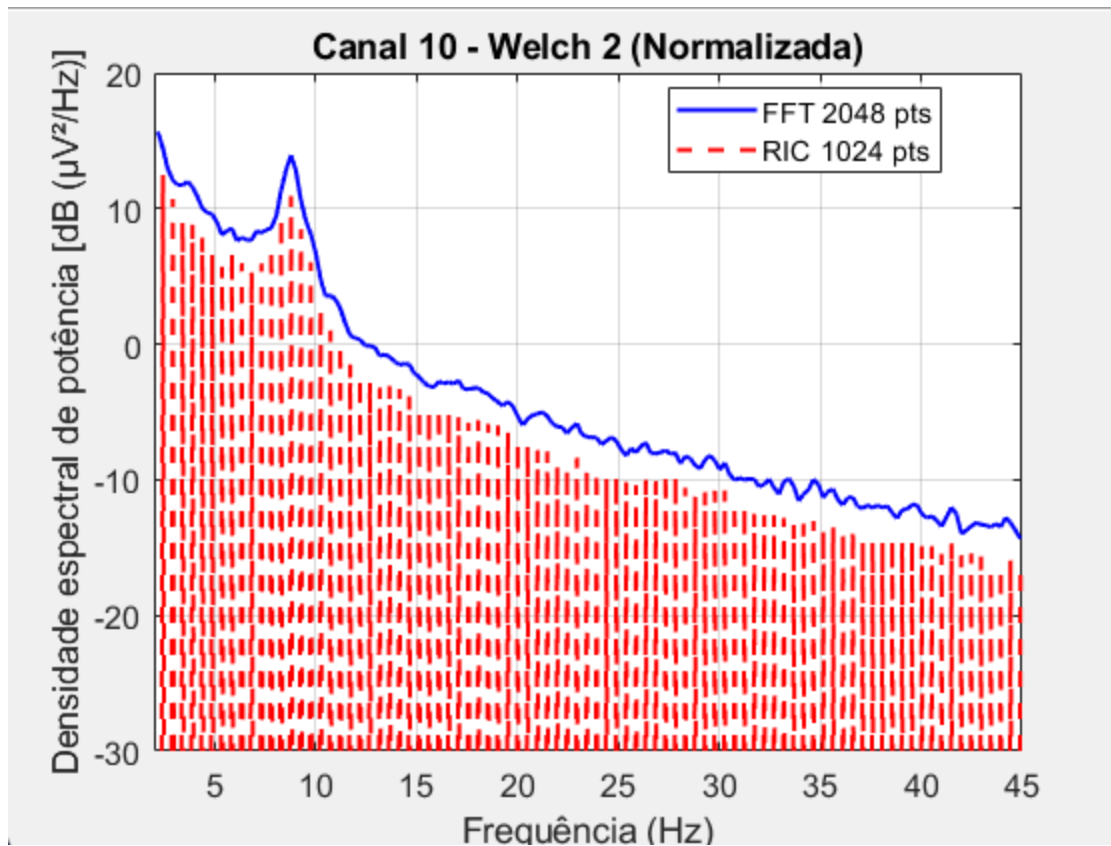
Welch “à mão”

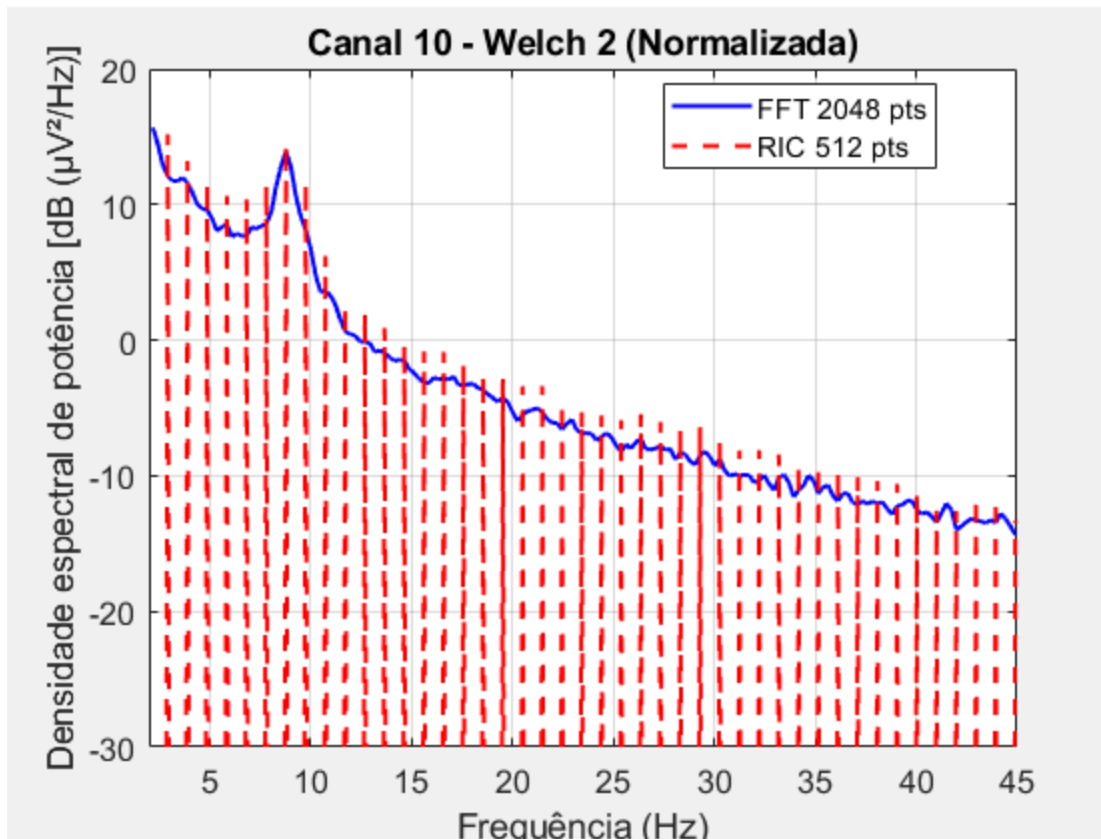




A compressão foi consideravelmente efetiva novamente até na escala 4:1. Além disso, nota-se que o gráfico da RIC está constantemente abaixo da FFT.

Tentativa de Normalização





Normalizando a RIC pelo fator de compressão, ela se aproximou mais do sinal original, no entanto não consegue manter isso tão bem conforme a escala aumenta. Do ponto de vista da PSD, também não faz sentido elevar o sinal no eixo Y.

Cálculo da Potência Relativa de Banda (RBP)

Razão entre a soma da PSD de determinada banda e a soma de todas as bandas do sinal. Abaixo está o comparativo de dois sinais com níveis de compressão diferentes

N/2

```

=== Relative Band Power (RBP) Comparativo ===
Banda      FFT      RIC(N/2)  Diferença
Delta      0.7463   0.7260    0.0203
Theta      0.1075   0.1191    0.0117
Alpha      0.1178   0.1230    0.0053
Beta       0.0245   0.0276    0.0031
Gamma      0.0039   0.0042    0.0003
Diferença acumulada 0.0406

```

N/4

```

=== Relative Band Power (RBP) Comparativo ===
Banda      FFT      RIC(N/4)  Diferença
Delta      0.7463   0.7585    0.0122
Theta      0.1075   0.1105    0.0030
Alpha      0.1178   0.1053    0.0125
Beta       0.0245   0.0221    0.0024
Gamma      0.0039   0.0035    0.0004
Diferença acumulada 0.0304

```

```

=== Relative Band Power (RBP) Comparativo ===
Banda      FFT      RIC(N/2)    Diferença
Delta      0.8738    0.8753      0.0015
Theta      0.0636    0.0616      0.0021
Alpha      0.0250    0.0232      0.0018
Beta       0.0296    0.0316      0.0019
Gamma      0.0079    0.0084      0.0005
Diferença acumulada 0.0078

```

```

=== Relative Band Power (RBP) Comparativo ===
Banda      FFT      RIC(N/4)    Diferença
Delta      0.8738    0.8882      0.0144
Theta      0.0636    0.0567      0.0069
Alpha      0.0250    0.0203      0.0047
Beta       0.0296    0.0267      0.0029
Gamma      0.0079    0.0080      0.0001
Diferença acumulada 0.0290

```

Obs: algumas compressões 4:1 ocasionaram um acúmulo menor, não sendo uma regra.

N/8

```

=== Relative Band Power (RBP) Comparativo ===
Banda      FFT      RIC(N/8)    Diferença
Delta      0.7463    0.7385      0.0078
Theta      0.1075    0.1477      0.0402
Alpha      0.1178    0.0762      0.0415
Beta       0.0245    0.0320      0.0075
Gamma      0.0039    0.0056      0.0017
Diferença acumulada 0.0987

```

Nota-se um crescimento acelerado a partir 8:1. Aqui a normalização não parece ser um bom caminho, e, como se trata de uma proporção, não há problemas no gráfico estar deslocado.

Utilizando a função `pwelch()`, a diferença já se mostrou muito grande na primeira compressão, não parecendo viável.

```

=== Relative Band Power (RBP) Comparativo ===
Banda      Original    RIC(N/2)    Diferença
Delta      0.7397      0.8269      0.0872
Theta      0.1110      0.0487      0.0623
Alpha      0.1202      0.1085      0.0117
Beta       0.0251      0.0138      0.0113
Gamma      0.0040      0.0021      0.0019

```

Diferença acumulada de 0.1745

Conclusões

De todos os métodos, uma implementação manual do método Welch pareceu mais promissor e fidedigno ao sinal original.

É preciso uma análise mais aprofundada no ponto de vista neurocientífico. A análise do EEG também pode ser apresentada através da Potência Relativa de Banda (RBP), o resultado pode ser comprometido.

No entanto, seria possível adaptar as formas clássicas de análise para o padrão de sinal RIC, o que possibilitaria o uso de um algoritmo com menor custo computacional para o estudo de exames EEG.

Referências

- <https://doi.org/10.3390/data8060095>
- <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1993.tb02081.x>
- <https://doi.org/10.1109/TAU.1967.1161901>