

# Relatório de MNSE : Lab1

---

Elaborado por Nuno Jorge Dias Carneiro Martins / up201405079

## 1. Parte introdutória

Na primeira parte do trabalho prático, é pedida a conversão de um ficheiro **.mp3** para o formato **.wav**, utilizando diferentes frequências de amostragem e relatar as diferenças.

Depois de realizados testes sobre um ficheiro genérico **.mp3**, foram notadas drásticas diferenças.

Enquanto que o ficheiro áudio que possui uma frequência de amostragem de **44100hz** demonstra uma qualidade muito semelhante à do ficheiro original, sem diferenças audíveis, o de **11025hz** possui uma qualidade bastante inferior, notando-se também que o som é vagamente mais grave e possui algum ruído.

Isto deve-se provavelmente à utilização de filtros por parte do programa VLC que cortam frequências altas.

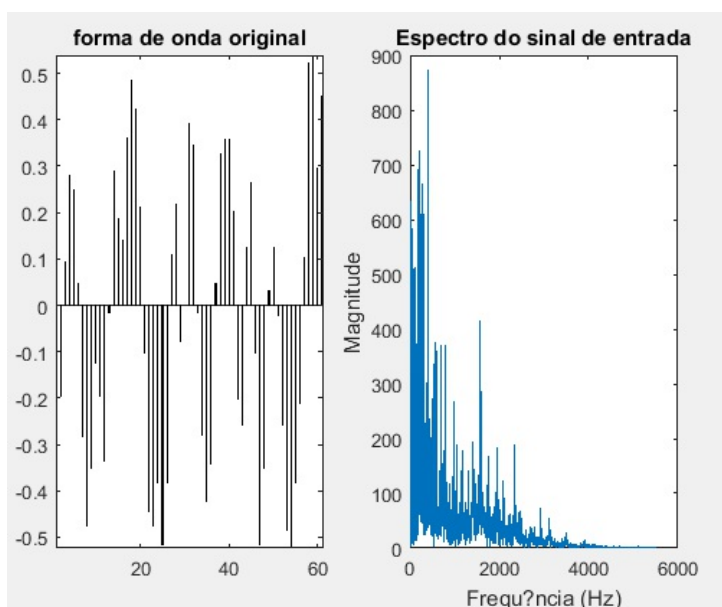
## 2. Variação da frequência de amostragem usando ou não filtros

Na segunda parte deste trabalho, é pedida a realização de sub amostragem de um ficheiro de som **.wav**, sendo esta feita com os fatores inteiros 4 e 2, utilizando ou não filtros **passa baixo**.

Sub amostragem consiste na redução do número de amostras presentes no som utilizado. Ao realizar uma sub amostragem com fator 2, uma em cada duas amostras é mantida, enquanto que ao utilizar um fator 4, apenas se mantém uma em cada quatro amostras.

Para a realização dos testes, foi usado o ficheiro fornecido **batman\_theme\_x.wav** que possui **70464** amostras e uma frequência de amostragem de **11025hz**, em conjunto com 2 funções **Matlab** fornecidas **amostragemInterp\_semFiltro.m** e **amostragemInterp\_comFiltro.m**.

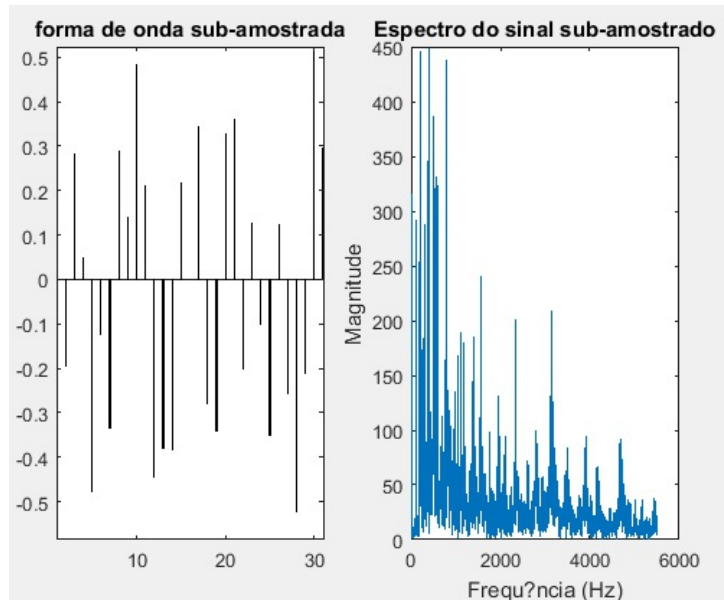
As duas funções reproduzem inicialmente o som com a taxa de amostragem normal, sendo este o gráfico resultante:



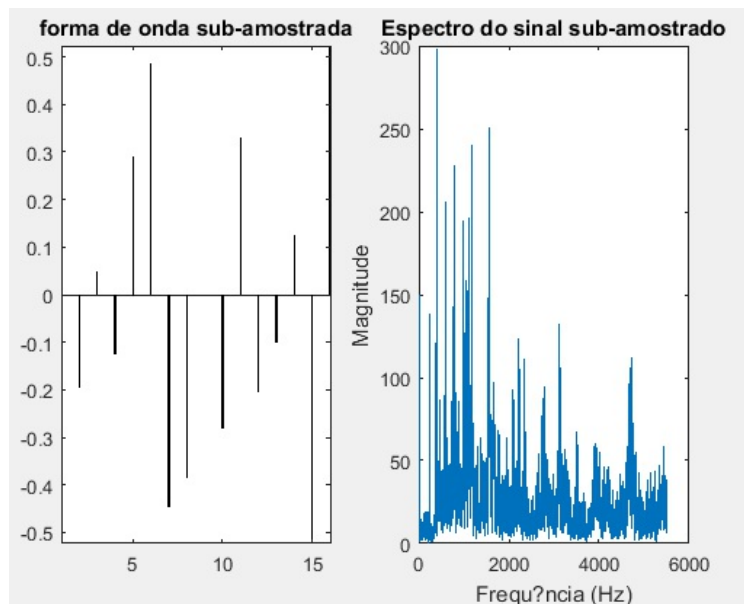
Como seria esperado, todas as frequências observadas estão abaixo da frequência de **Nyquist**, que possui um valor igual à metade da taxa de amostragem do sinal, que é **5512.5hz**.

Depois de realizada a sub amostragem do som, são obtidos os seguintes gráficos para os fatores **2** e **4** respetivamente:

Fator 2



Fator 4



Nos gráficos da esquerda, vê-se que o número de amostras do sinal foi reduzido com um fator igual ao mencionado.

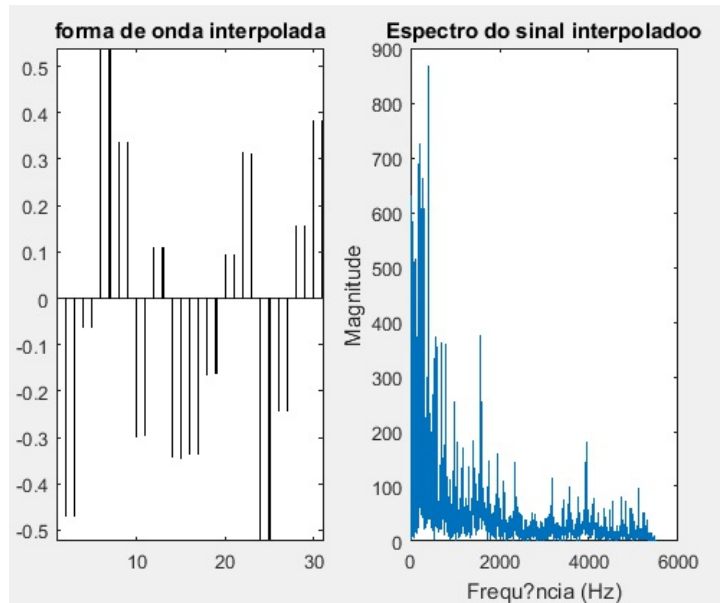
Pode-se também observar que, devido ao efeito de aliasing, são introduzidas frequências altas que não existiam anteriormente.

Isto deve-se ao facto de que ao reduzir o número de amostras, também se está a reduzir a taxa de amostragem, e, conseqüentemente, a frequência de **Nyquist** do sinal sub amostrado é menor. A frequência de

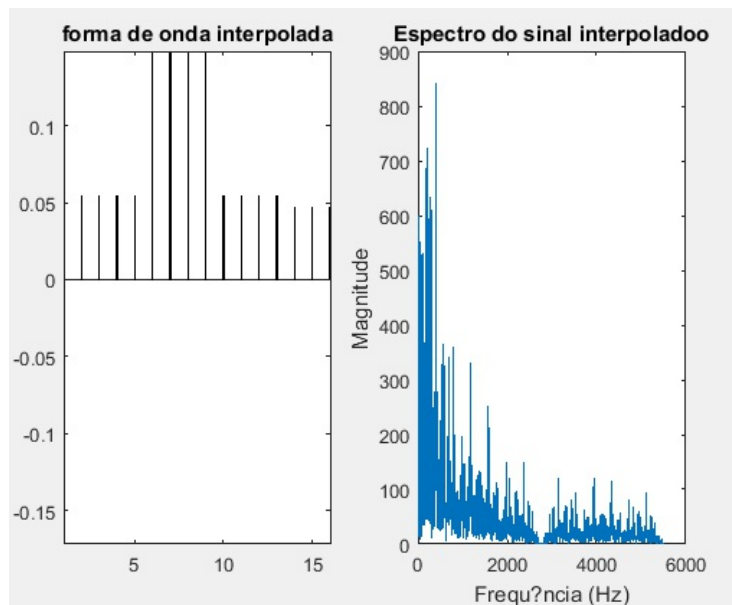
Nyquist do sinal sub amostrado com  $k=2$  é 2756.25hz e com  $k=4$  é 1378.125hz. Isto impede que as frequências acima destas sejam reconstruídas com perfeito detalhe. As frequências que são menores que a frequência de Nyquist estão na banda passante, enquanto que as frequências que são maiores estão na banda de corte, e devem ser atenuadas de forma a evitar o aparecimento de frequências que não existem.

Ao não utilizar um filtro, os resultados obtidos depois da interpolação são os seguintes:

Fator 2



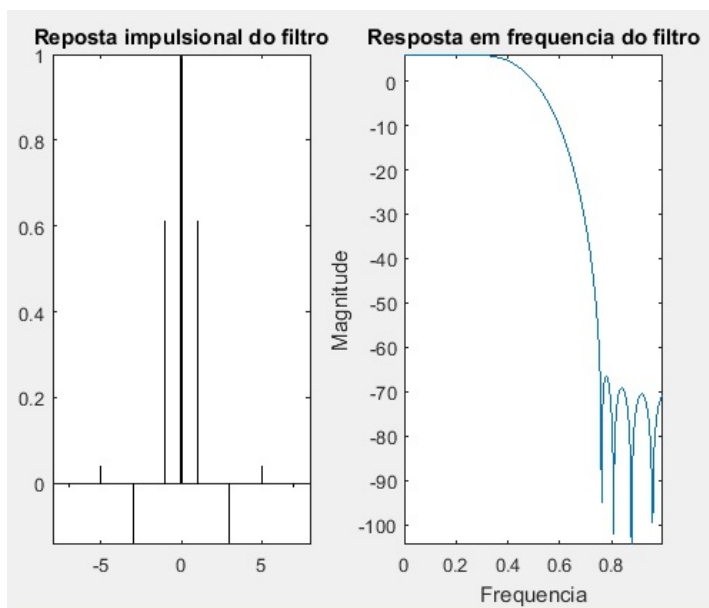
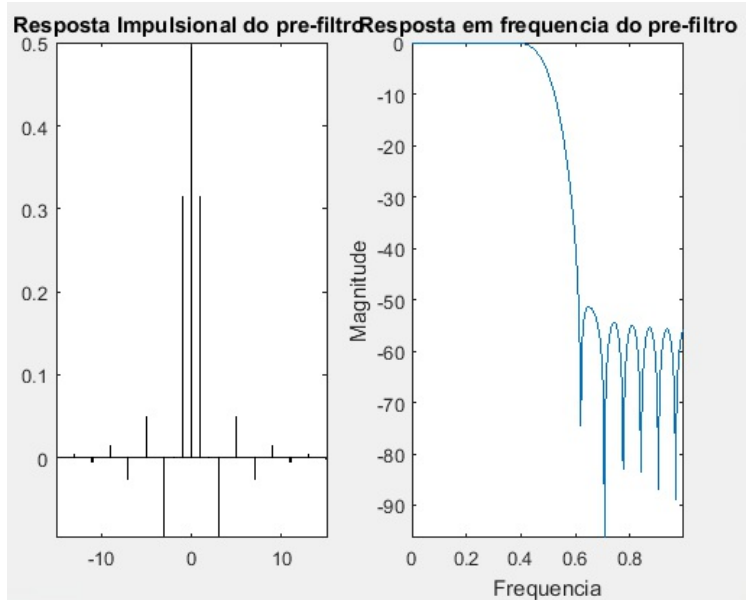
Fator 4



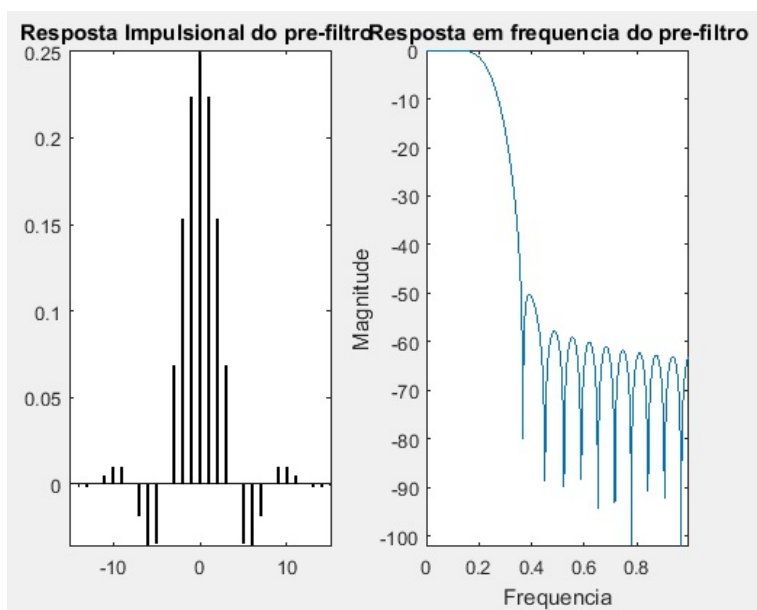
Como é evidente, embora a magnitude das baixas frequências seja relativamente realista, surgiram frequências altas mesmo depois da interpolação que não existem no sinal original.

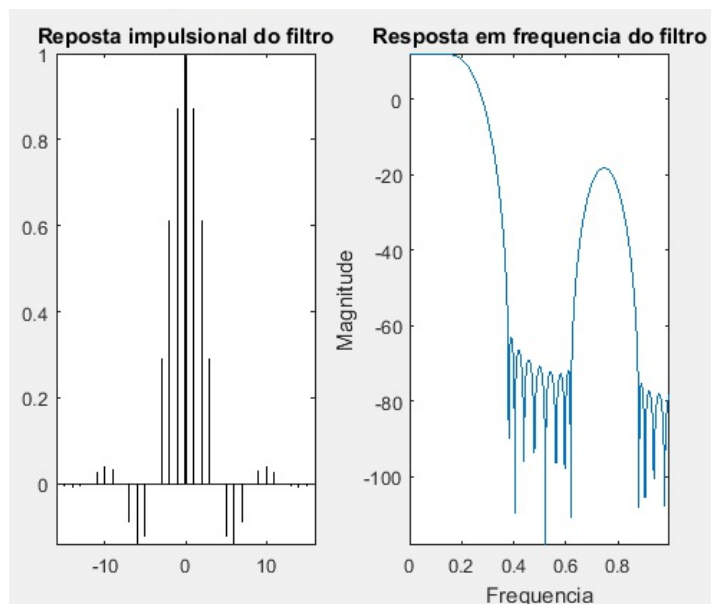
Torna-se assim necessário a utilização de um filtro **passa baixo** que permita cortar as frequências indesejadas:

Fator 2



Fator 4

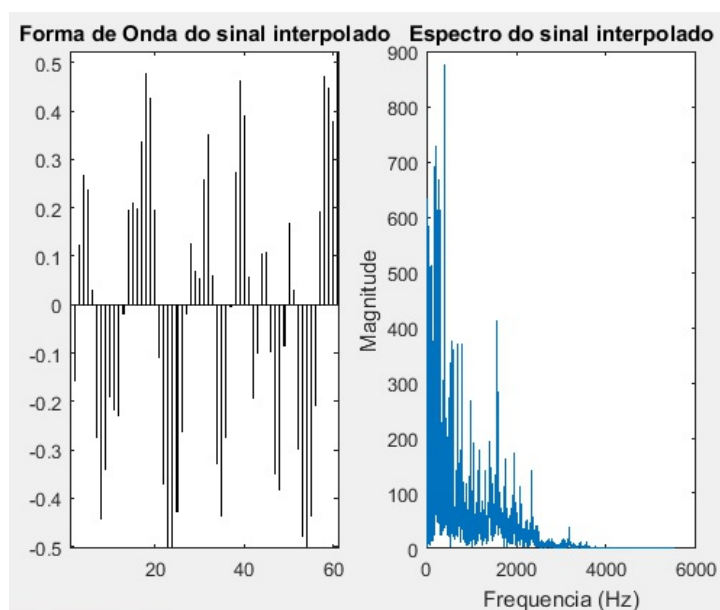




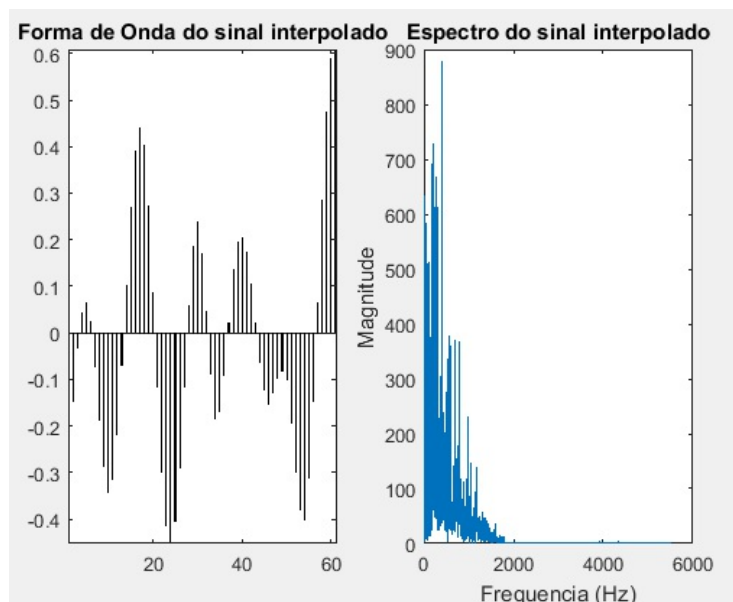
Observando os gráficos da direita, conclui-se que o filtro atenua frequências aproximadamente para cima dos **4000hz** para a sub amostragem de fator 2 e **2000hz** para sub amostragem de fator 4, que são valores ligeiramente superiores às frequências de **Nyquist** dos sinais sub amostrados, pois não é necessário cortar todas as frequências que são muito pouco superiores à frequência de **Nyquist**.

Depois de efetuada a interpolação dos sinais filtrados, obtêm-se os seguintes resultados:

Fator 2



Fator 4



Comprova-se assim que efetivamente as frequências indicadas anteriormente foram atenuadas de forma a prevenir o aparecimento de frequências altas que não estavam presentes.

Para os testes realizados, foram calculados os valores de **Erro médio quadrático** entre o sinal original e produzido, assim como a **Relação sinal-ruído de pico**, que indica a relação máxima entre a potência de um sinal e a potência do ruído sobreposto a este.

Fator	Sem filtro	Com filtro
2	Erro = 0.009626 PSNR = 20.0974	Erro = 0.000824 PSNR = 30.7726
4	Erro = 0.042958 PSNR = 13.6015	Erro = 0.013163 PSNR = 18.7383

Como se pode confirmar pelos valores obtidos, fatores de sub amostragem menores geram um sinal com menor erro e maior PSNR, e a utilização de filtros também produz um erro menor e um PSNR maior.

Também se pode verificar que com um fator de 2 e utilização de filtro, o som possui um PSNR considerado aceitável, enquanto que os outros são medíocres, sendo o sem filtro e fator 4 o pior.

Dum ponto de vista subjetivo, os sons produzidos possuíam distinguidamente uma pior qualidade, principalmente com fator de sub amostragem 4, no entanto a utilização de filtros retirou bastante ruído e produziu um som mais grave, no entanto com melhor qualidade do que sem filtro.

### 3. Experiências de quantização

Na terceira e última parte deste trabalho prático, foi pedido para realizar duas quantizações uniformes sobre um ficheiro **.wav** com pelo menos **44100hz** e **16 bits** por amostra.

Quantização consiste em reduzir o número de bits usados para representar cada amostra. Nesta etapa, são pedidas para fazer quantizações para **8** e **4** bits.

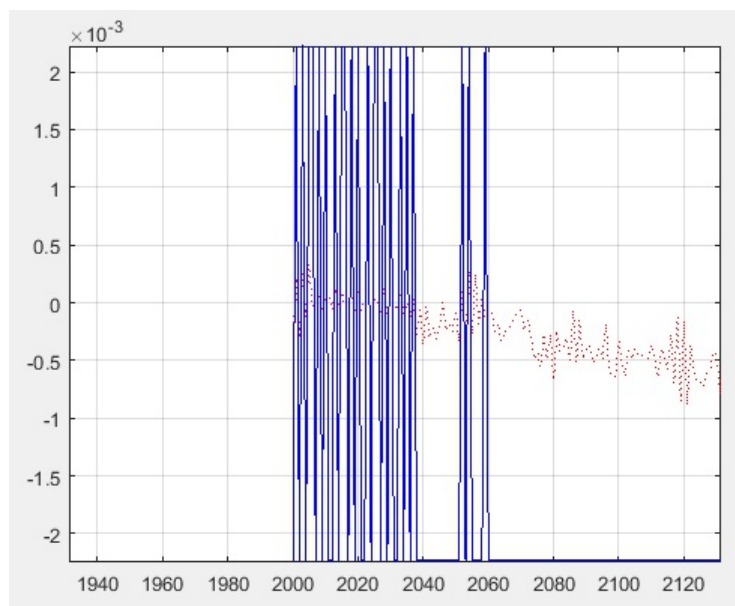
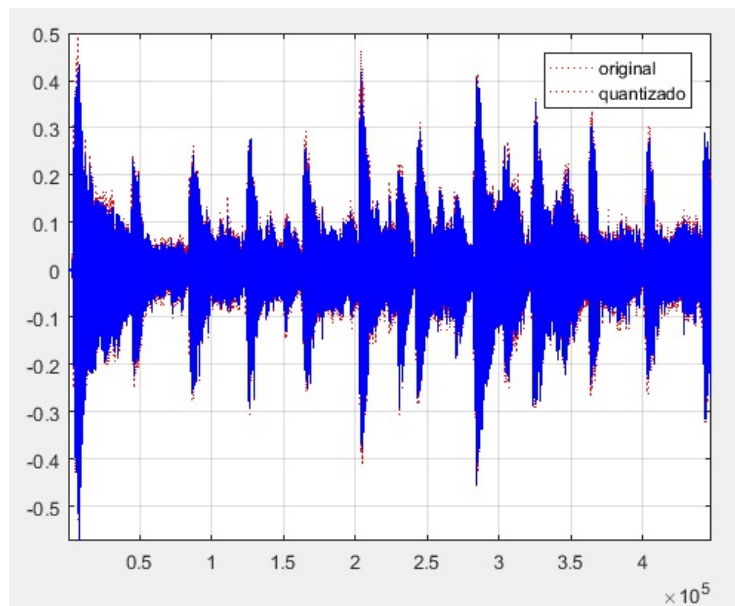
O ficheiro a ser utilizado é **music10seconds.wav**, que encontra os requerimentos expressos no enunciado.

Para a realização deste teste, foi utilizada a script fornecida **quant\_uniform.m**, que permite observar as

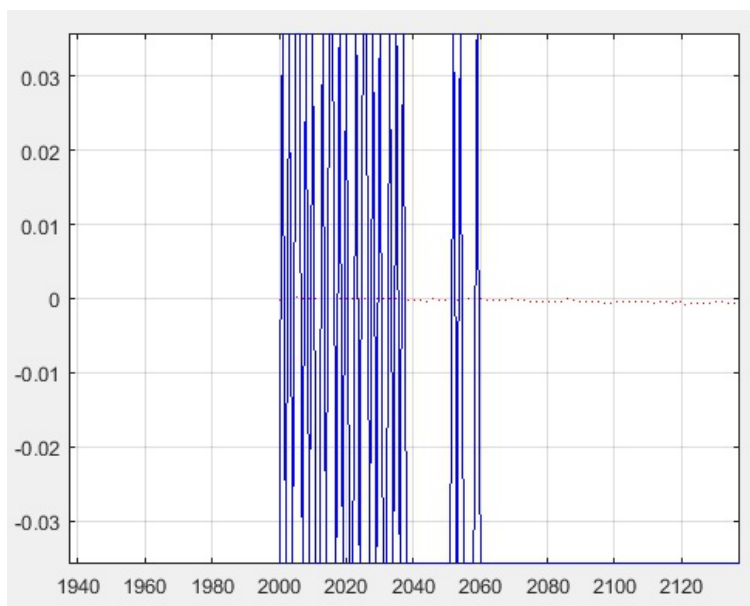
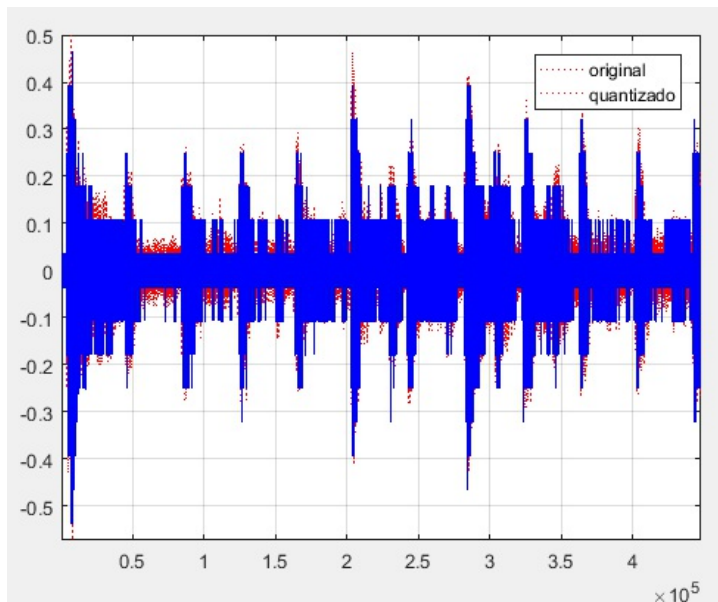
diferenças entre o som original e o som quantizado.

Os resultados obtidos foram os seguintes:

8 bits



4 bits



Como se vê nos primeiros gráficos, a quantização de **8 bits** produz um som relativamente próximo ao original, mas com uma ligeira perda de qualidade já que este número de bits apenas permite **256** níveis. No entanto, a quantização de **4 bits** produz um som muito diferente do original e é facilmente observável no gráfico os diferentes níveis possíveis a azul, que são **16**.

Dum ponto de vista subjetivo, a diferença entre **16** e **8 bits** é perceptível mas mínima, enquanto que **4 bits** produz um som muito ruidoso, quase inaudível.

Devido a um erro na script, não é possível calcular o erro de quantização(diferença entre valor real e valor quantizado) e o PSNR resultante da quantização, no entanto é previsível que o valor de PSNR de **16 bits** seja ligeiramente superior ao de **8 bits**, e que o de **4 bits** seja muito mais inferior ao de **8** e **16**, e que o erro entre **16** e **8** seja inferior ao erro entre **16** e **4 bits**.