

4 Apresentação dos resultados

4.1 Introdução

Para a apresentação dos resultados alcançados usaremos quatro conjuntos de dados obtidos a partir de sensores de pressão instalados no fundo de poços de petróleo. Apesar de todos os sensores utilizarem tecnologia digital, um deles (conjunto 2) apresentou defeito no período em que os dados foram adquiridos. Este conjunto foi selecionado propositalmente para avaliarmos as técnicas discutidas neste trabalho, não apenas quanto à compressão, mas também quanto ao tratamento de sinais espúrios.

Os conjuntos apresentados são os seguintes:

Identificação	Medições	Tempo	Característica principal
Conjunto 1	32768	26 dias	Muita variação
Conjunto 2	4096	4 dias	Sinal contaminado

Tabela 8: Conjuntos de teste

A apresentação dos resultados inclui a análise do sinal com diferentes níveis de resolução e fatores de remoção de ruídos. Além disso, apresentamos o estudo comparativo em relação às taxas de compressão alcançadas e o erro médio de cada configuração em relação ao sinal original.

Em todos os conjuntos iremos variar a resolução do sinal de acordo com a seguinte nomenclatura (N = Quantidade de medições):

Tipo de Resolução	Quantidade de Coeficientes
Resolução 2	N/4
Resolução 3	N/8
Resolução 4	N/16
Resolução 5	N/32
Resolução 6	N/64

Tabela 9: Definição da quantidade de coeficientes por resolução

4.2 Análise do Conjunto 1

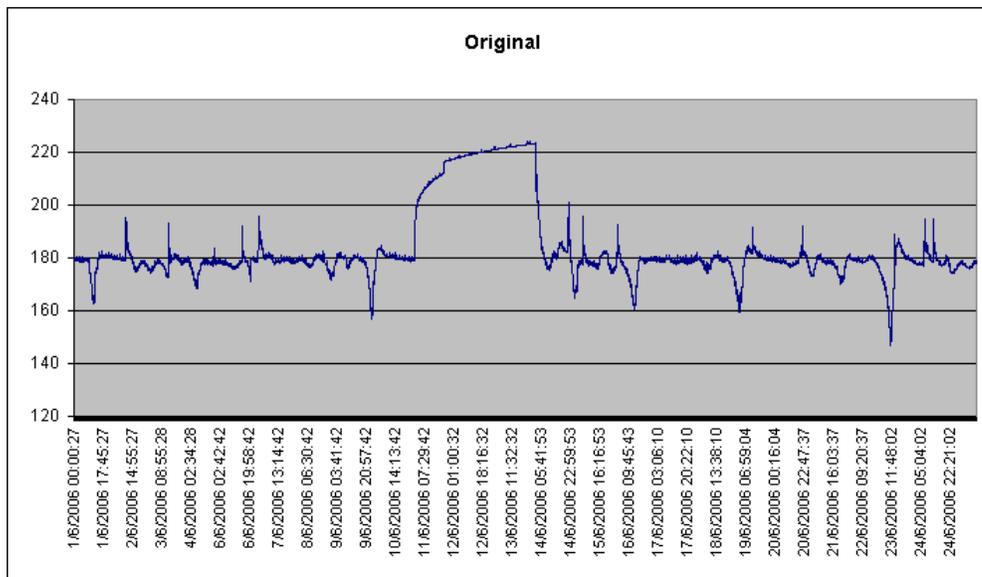


Figura 8: Sinal original do conjunto 1

Para podermos visualizar mais detalhes do sinal iremos usar gráficos sem as datas no eixo X. Desta forma podemos aumentar a área destinada à sua representação.

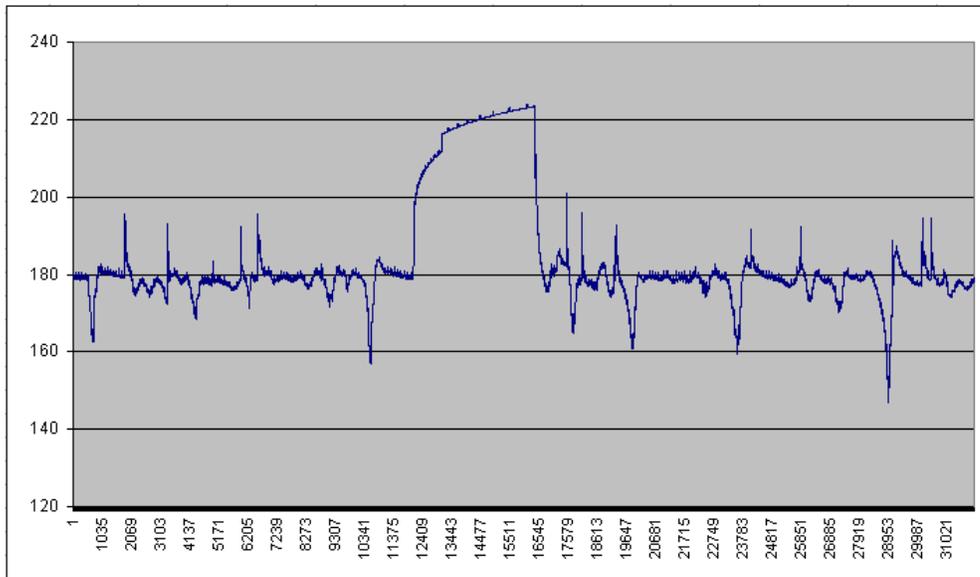


Figura 9: Sinal original do conjunto 1 sem detalhes de tempo

Este sinal nas resoluções 1 e 2 não apresentam diferenças significativas em termos de sinal. Porém, como o descarte de coeficientes Wavelet não é muito alto, as taxas de compressão não são tão significativas. Por este motivo, começaremos a análise com a resolução 3.

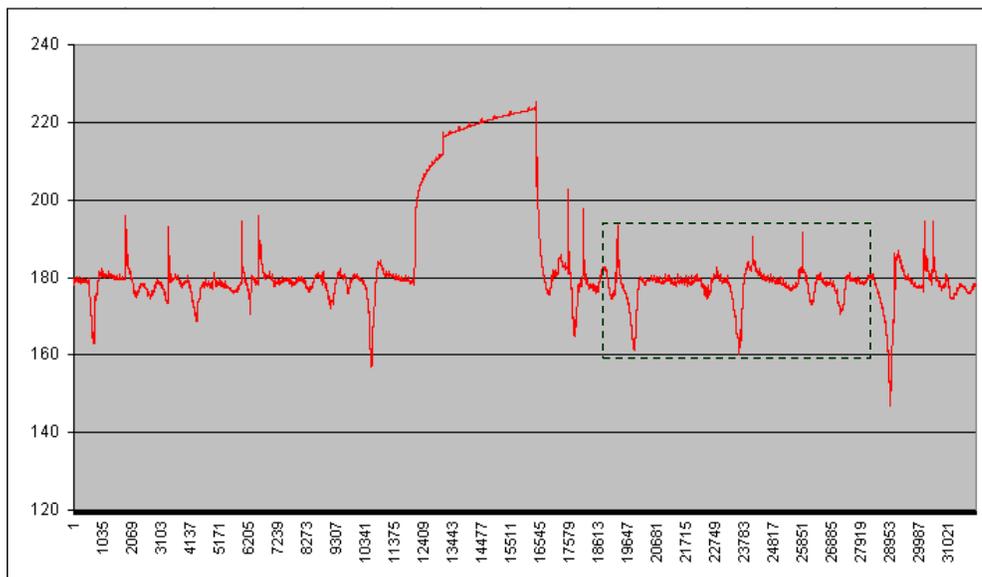


Figura 10: Sinal do conjunto 1 na resolução nível 3

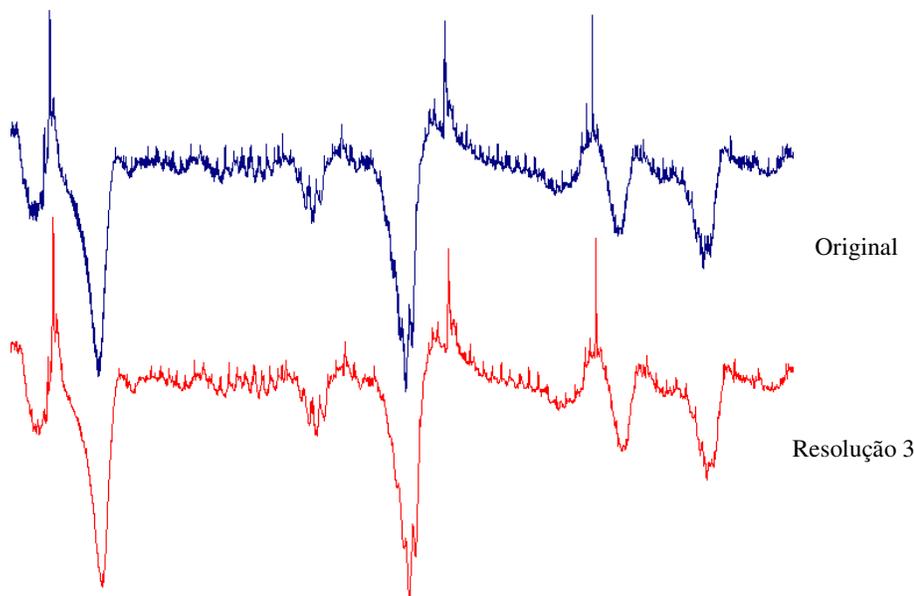


Figura 11: Comparação Original X Tratado no trecho pontilhado da figura 10

Podemos notar que o sinal na resolução 3, sem nenhum tratamento de remoção de ruídos, é bastante fiel ao sinal original. Nesta resolução, são quase imperceptíveis as perdas de informação, mesmo tendo descartado uma grande quantidade de coeficientes da transformada Wavelet.

Com excelente fidelidade, as técnicas estudadas neste trabalho geraram um sinal com as seguintes características em termos de compressão.

Componentes do arquivo	Original	Compactado	Taxa
Sinal	128 Kb	6,36 Kb	1:20
Datas e horas	256 Kb	4,47 Kb	1:57
Total	384 Kb	10,83 Kb	1:35

Tabela 10: Resultados da compactação para o caso 1

Os resultados apresentados até este ponto não incluem o tratamento do sinal em relação a ruído. Vale lembrar que este tratamento só deve ser feito se o sinal estiver, de fato, contaminado por ruído. Em alguns sinais onde ruído não exista, a aplicação do tratamento pode desfigurar o sinal original. No caso do sinal gerado a partir do conjunto 1, o ruído está presente como podemos observar na ampliação do trecho exibido na figura acima.

A aplicação do tratamento visa a suavização das pequenas variações de alta frequência. Realizamos a remoção do ruído configurando o fator denoise para 0.75 e depois 1.0. Veja os resultados nas figuras 12 e 13:

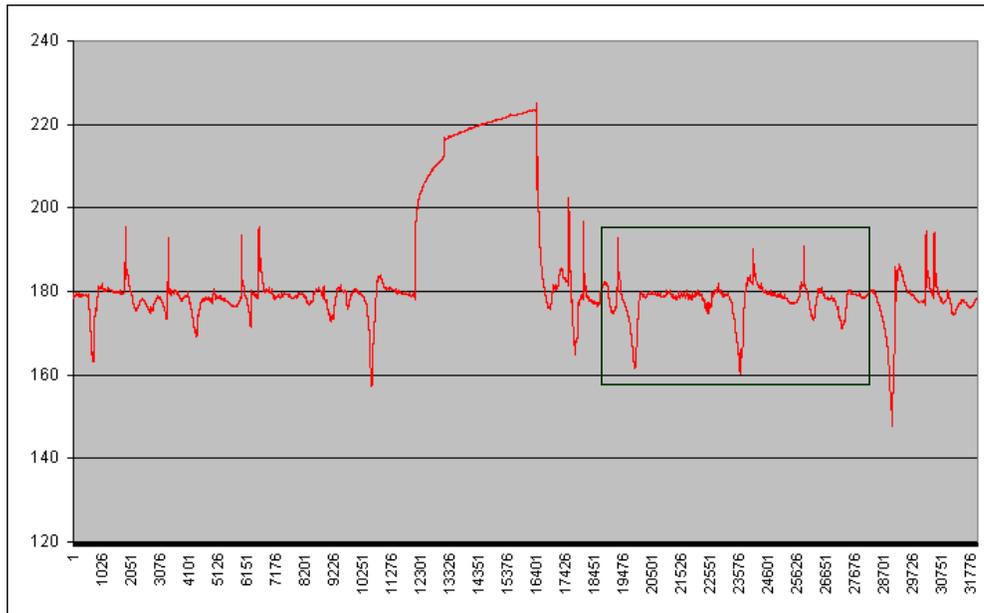


Figura 12: Sinal do Conjunto 1 resolução nível 3 com fator denoise 0.75

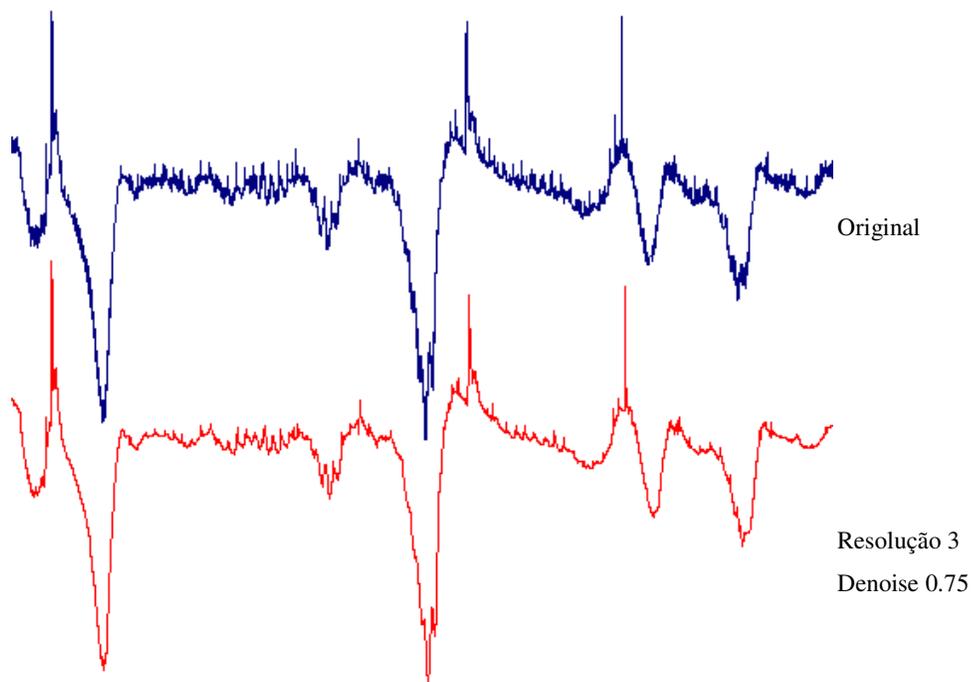


Figura 13: Comparação Original X Tratado no trecho pontilhado da figura 12

Podemos notar que após o tratamento para remoção dos ruídos ter sido aplicada, houve melhoras sutis no sinal. Parte dos ruídos foram removidos com sucesso utilizando o fator 0.75.

A aplicação deste tratamento gerou um sinal com as seguintes características em termos de compressão:

Componentes do arquivo	Original	Compactado	Taxa
Sinal	128 Kb	6,36 Kb	1:20
Datas e horas	256 Kb	4,47 Kb	1:57
Total	384 Kb	10,83 Kb	1:35

Tabela 11: Resultados da compactação para o caso 2

Como podemos perceber, a remoção de ruído não possui influência no tamanho do arquivo gerado. Embora a técnica *Wavelet Shrink* utilizada no algoritmo zere pequenas variações próximas a zero, causando uma maior quantidade de repetições do número zero, o que, em teoria, poderia aumentar a performance do algoritmo de codificação de Huffman, na prática, este fato não produz resultados significativos uma vez que o processo de quantização já aproxima estas pequenas variações em grupos maiores.

Para obtermos resultados mais significativos em termos de remoção de ruídos, vamos aumentar o fator denoise para 2.0.

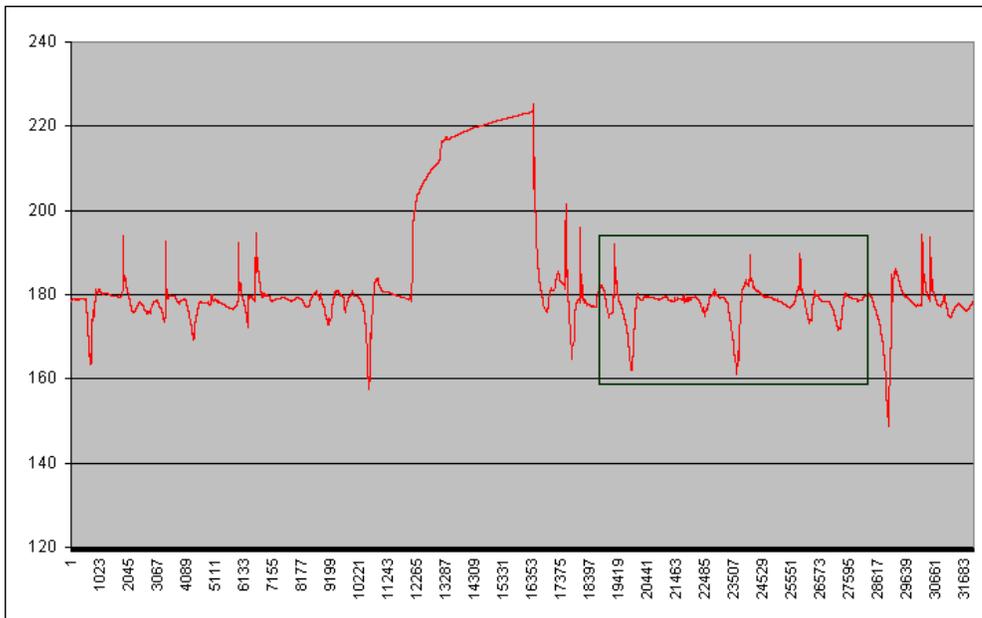


Figura 14: Sinal do conjunto 1 com resolução nível 3 e fator denoise 2.0

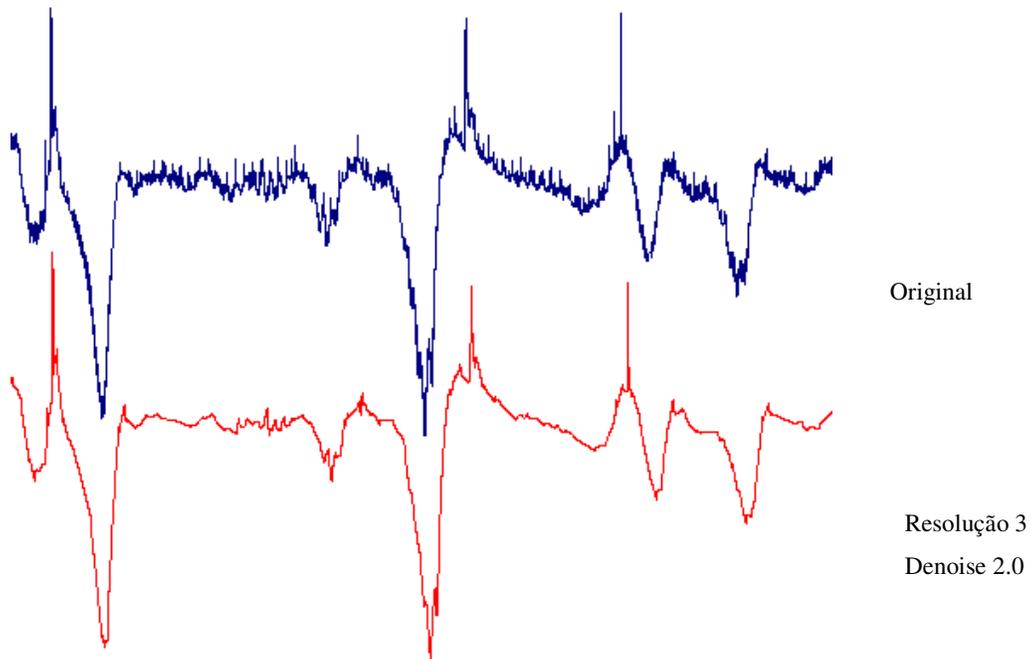


Figura 15: Comparação Original X Tratado do trecho pontilhado da figura 14

A aplicação deste tratamento gerou um sinal com as seguintes características em termos de compressão:

Componentes do arquivo	Original	Compactado	Taxa
Sinal	128 Kb	6,36 Kb	1:20
Datas e horas	256 Kb	4,47 Kb	1:57
Total	384 Kb	10,83 Kb	1:35

Tabela 12: Resultados da compactação para o caso 3

Este resultado consolida o fato de que o tratamento para remoção de ruído não influenciou no tamanho do arquivo gerado quando usamos as técnicas propostas neste trabalho. Então, para aumentarmos a taxa de compressão, temos que alterar a resolução do sinal e desta forma mudar a quantidade de coeficientes Wavelet que são descartados pelo processo.

Para avaliarmos o impacto das alterações na resolução iremos gerar o sinal com resolução 4, 5 e 6 verificando as taxas de compressão.

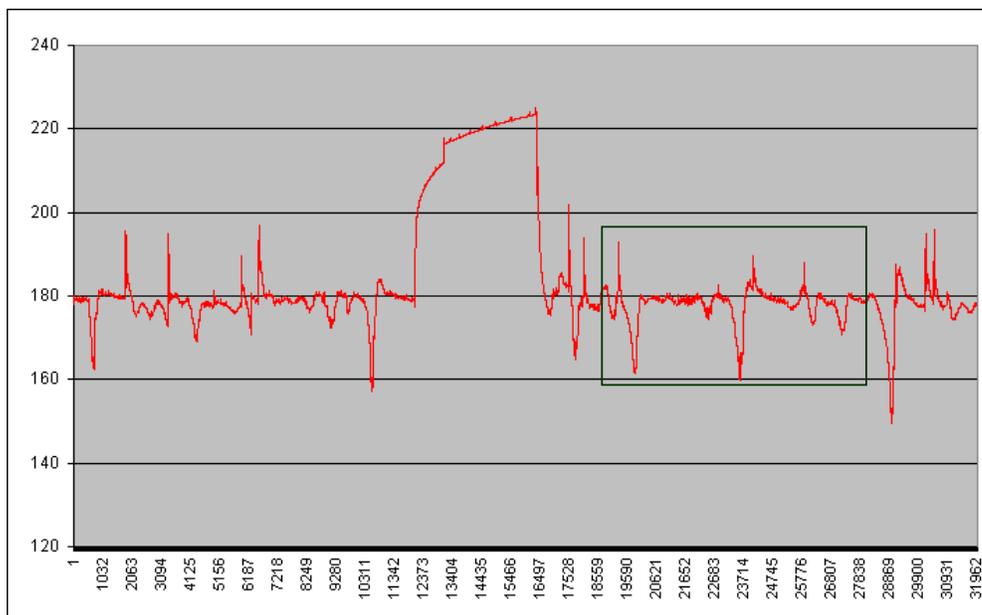


Figura 16: Sinal do conjunto 1 com resolução nível 4

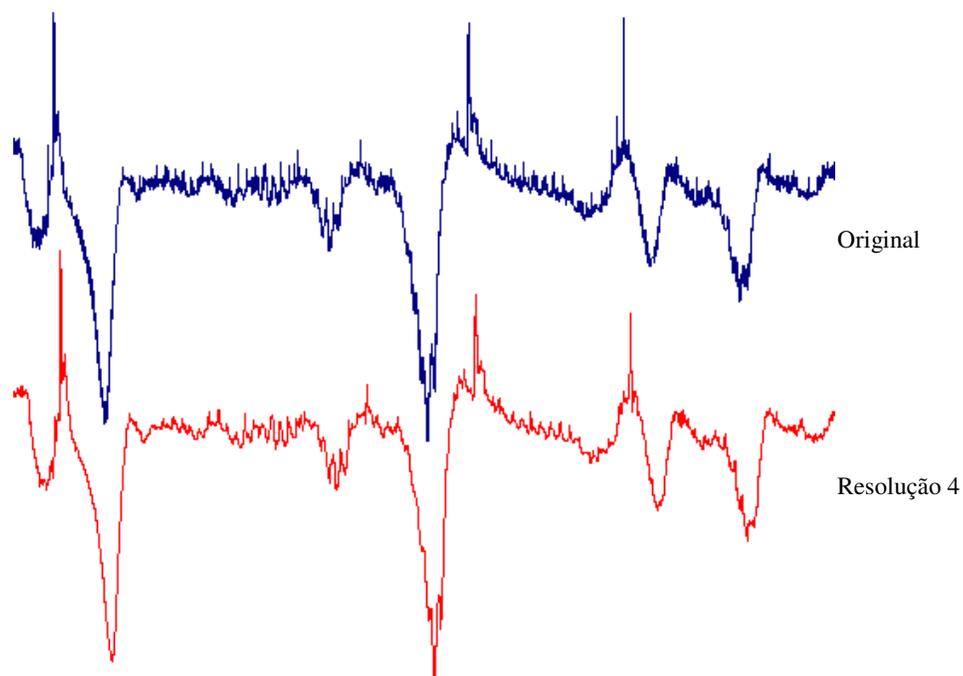


Figura 17: Comparação Original X Tratado do trecho pontilhado da figura 16

A aplicação deste tratamento gerou um sinal com as seguintes características em termos de compressão:

Componentes do arquivo	Original	Compactado	Taxa
Sinal	128 Kb	4,44 Kb	1:29
Datas e horas	256 Kb	4,47 Kb	1:57
Total	384 Kb	8,91 Kb	1:43

Tabela 13: Resultados da compactação para o caso 4

Como podemos perceber, houve uma diminuição de 17,7% no tamanho do arquivo quando passamos da resolução 3 para a 4.

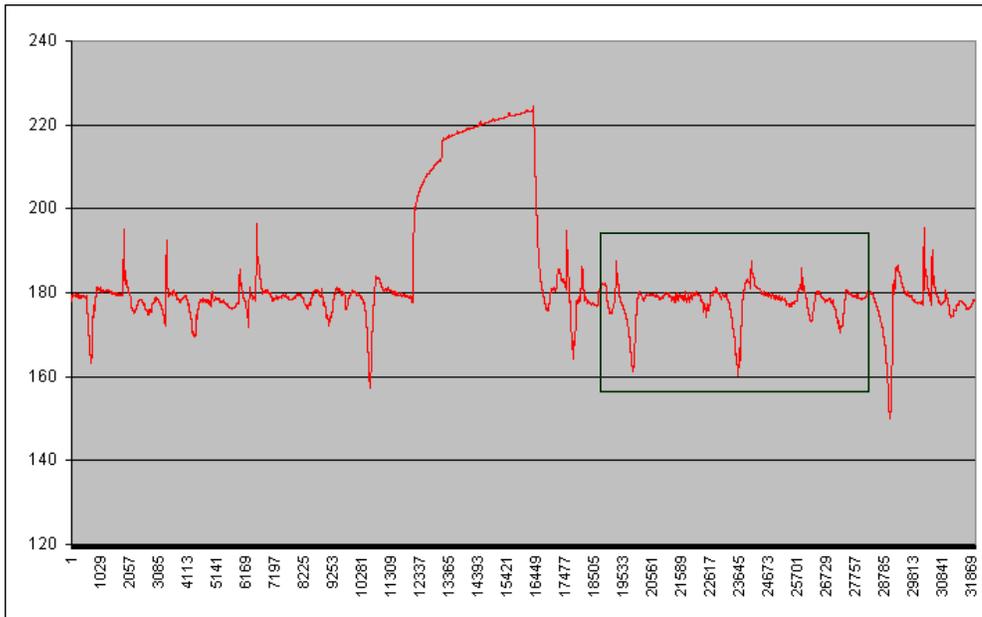


Figura 18: Sinal do conjunto 1 com resolução nível 5

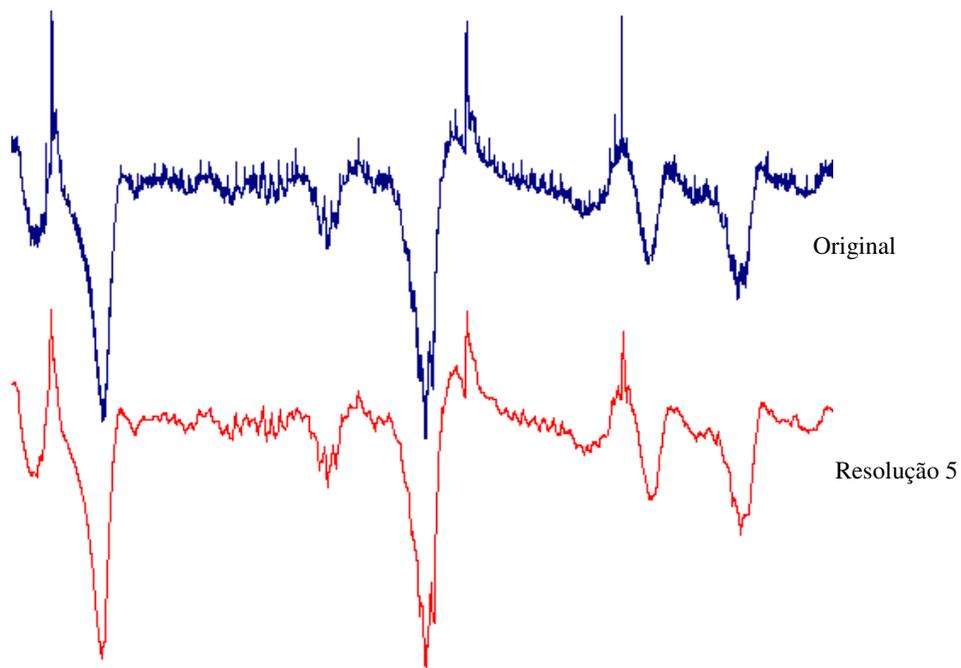


Figura 19: Comparação Original X Tratado do trecho pontilhado da figura 18

A aplicação deste tratamento gerou um sinal com as seguintes características em termos de compressão:

Componentes do arquivo	Original	Compactado	Taxa
Sinal	128 Kb	3,27 Kb	1:39
Datas e horas	256 Kb	4,47 Kb	1:57
Total	384 Kb	7,74 Kb	1:49

Tabela 14: Resultados da compactação para o caso 5

Como atingimos uma taxa relativamente alta, para os dois últimos casos do conjunto 1 iremos desenhar os gráficos com o objetivo de ter uma idéia geral em relação ao original. O caso abaixo aplica um fator denoise de 1.5 na curva de resolução 5.

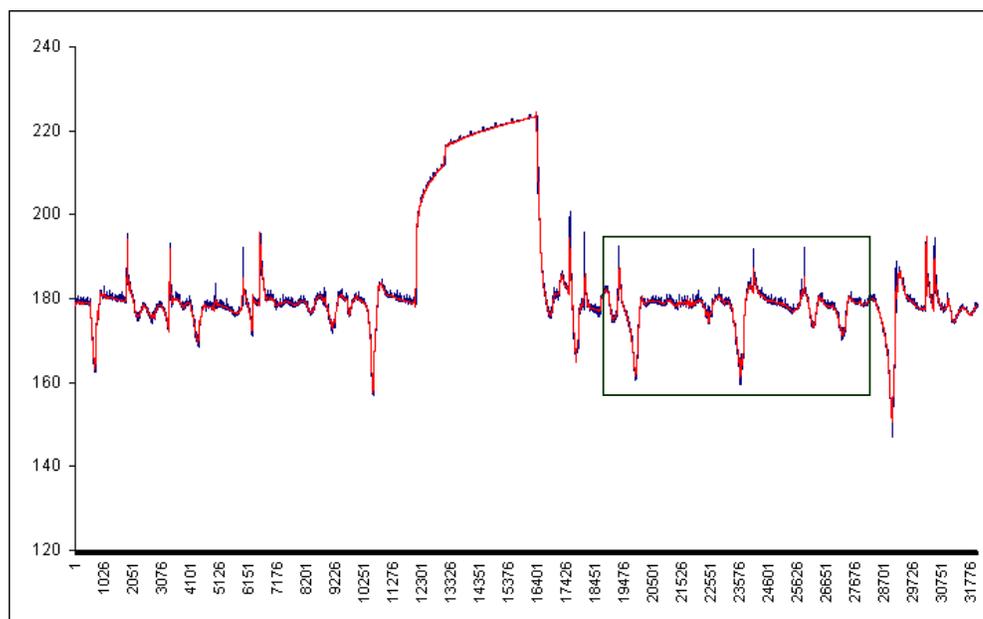


Figura 20: Conjunto 1: Original X Resolução nível 5 e denoise fator 1.5

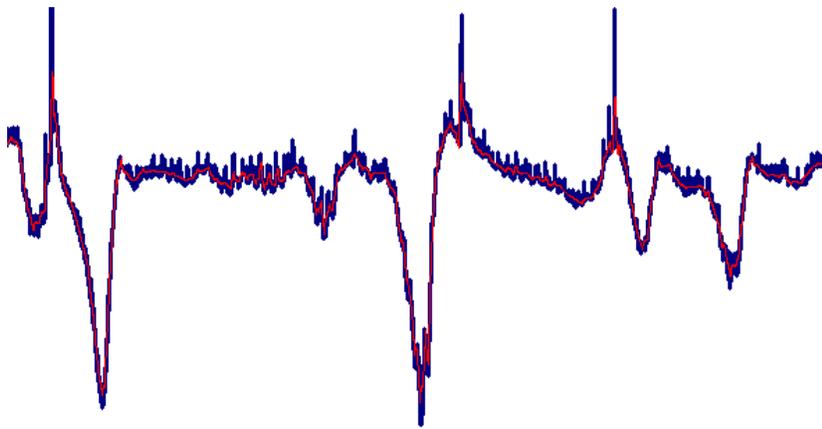


Figura 21: Comparação Original X Tratado do trecho pontilhado da figura 21

Para o segundo caso, aumentamos ainda mais a resolução da curva original, que passa a atingir o nível 6. Abaixo mostramos o comparativo do sinal comprimido com o original:

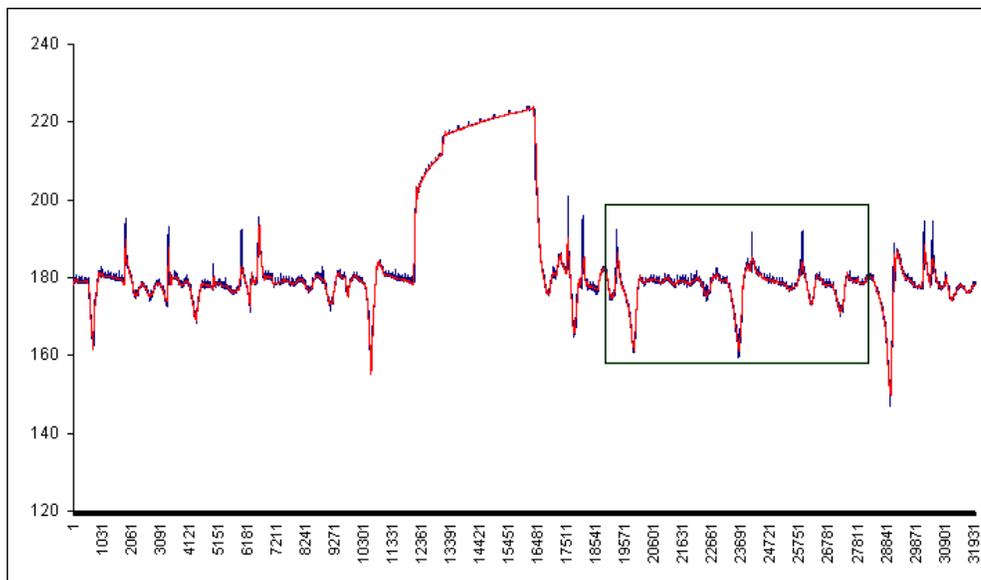


Figura 22: Conjunto 1: Original X Resolução nível 6

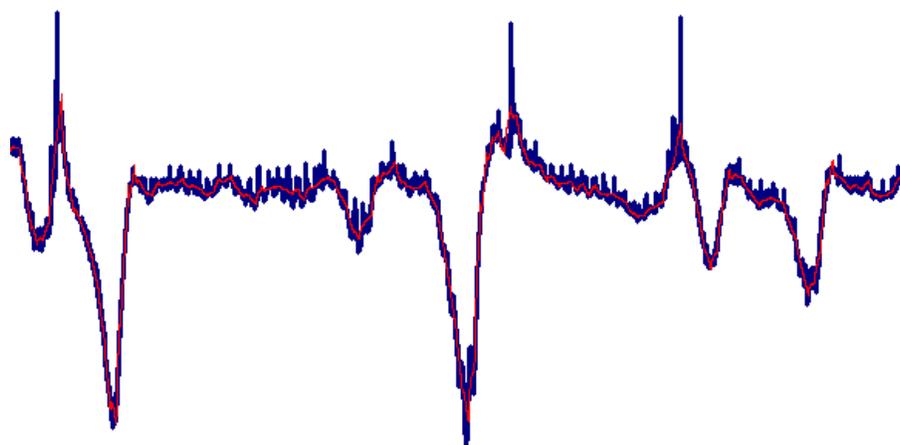


Figura 23: Comparação Original X Tratado do trecho pontilhado da figura 23

A aplicação deste tratamento gerou um sinal com as seguintes características em termos de compressão:

Componentes do arquivo	Original	Compactado	Taxa
Sinal	128 Kb	2,34 Kb	1:55
Datas e horas	256 Kb	4,47 Kb	1:57
Total	384 Kb	6,81 Kb	1:56

Tabela 15: Resultados da compactação para o caso 6

Para concluirmos a análise do conjunto 1, mostramos um comparativo do tamanho do arquivo compactado em cada resolução analisada. Como a informação de data e hora é processada em separado do resto do sinal, sua contribuição ao tamanho do arquivo comprimido é constante e diretamente proporcional a quantidade de dias, enquanto a sequência numérica que compõe o sinal vai sendo cada vez mais aproximada de forma a usar menos coeficientes de detalhe, o que causa uma suavização no sinal a medida que a resolução aumenta.

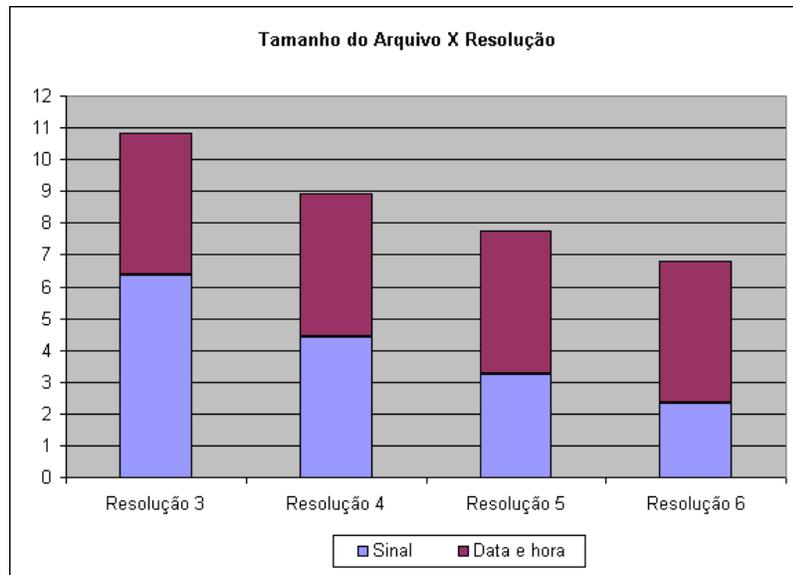


Figura 24: Gráfico comparativo do tamanho do arquivo por nível de resolução

4.3 Análise do conjunto 2

O conjunto de dados 2 foi adquirido em um período de tempo onde o sensor estava apresentando falhas na aquisição ou transmissão, gerando um sinal espúrio.

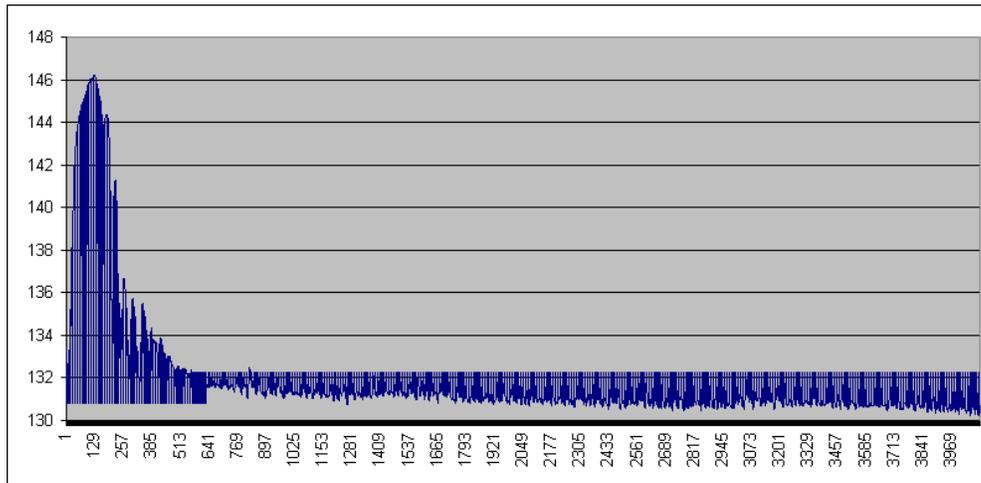


Figura 25: Sinal original do conjunto 2

O objetivo da análise deste conjunto é demonstrar o poder de recuperação que a técnica proposta neste trabalho pode exercer em algumas situações onde normalmente o sinal seria perdido.

Embora o reduzido tamanho deste conjunto não favoreça um estudo muito detalhado em relação à compressão do sinal, ainda assim mostraremos a variação do tamanho do arquivo comprimido ao longo dos casos apresentados.

No primeiro caso codificamos o sinal com resolução 3, conforme ilustrado:

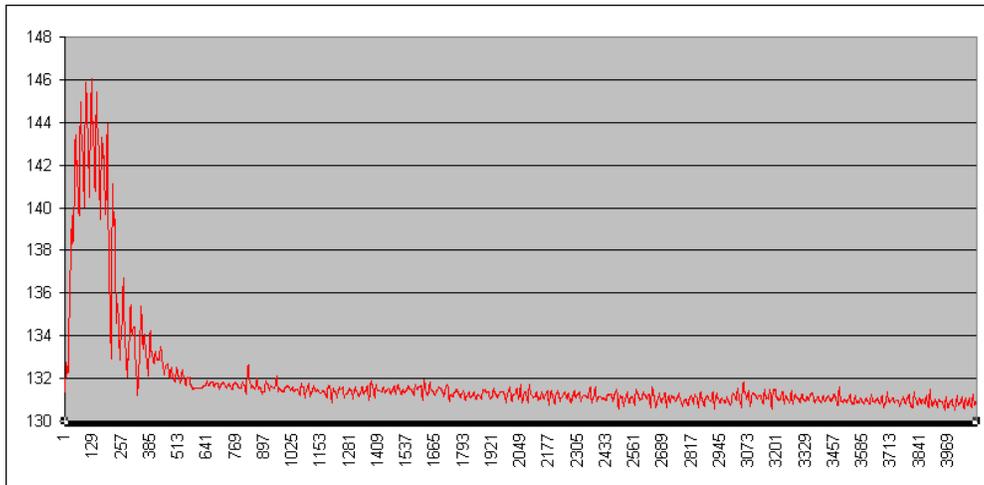


Figura 26: Sinal do conjunto 2 com resolução nível 3

Podemos notar que o sinal melhorou sensivelmente tendo removido grande parte do ruído contaminante. Para entendermos como isso aconteceu, devemos analisar o sinal original de forma mais próxima. Abaixo veremos um trecho qualquer do sinal original ampliado em 400%:

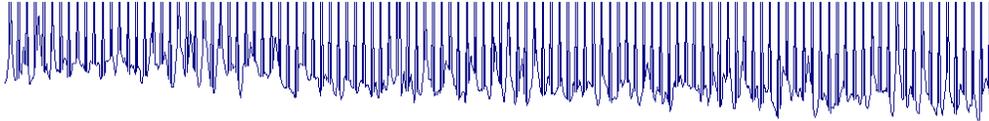


Figura 27: Conjunto 2: Trecho aleatório do sinal original contaminado

Perceba que o ruído possui um padrão de comportamento bem definido e que na parte inferior podemos visualizar parte do comportamento normal do sinal, que concentra uma maior quantidade de pontos. Ao configurarmos a resolução para 3, o sinal é reconstruído a partir da aproximação dos pontos pela função base da Wavelet. Abaixo vemos a curva aproximada de um outro trecho qualquer do sinal.

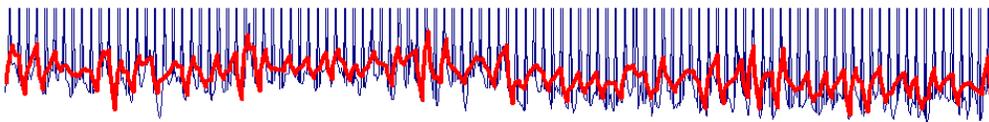


Figura 28: Conjunto 2: Trecho Sinal Contaminado X Resolução Nível 3

Podemos visualizar no gráfico abaixo o sinal original e o sinal tratado e comprimido.

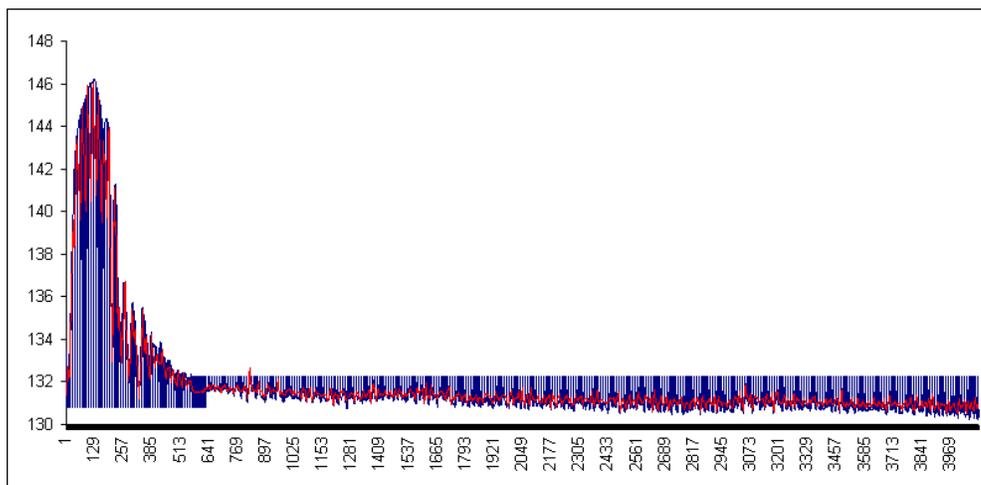


Figura 29: Conjunto 2: Original X Resolução nível 3

A aplicação deste tratamento gerou um sinal com as seguintes características em termos de compressão:

Componentes do arquivo	Original	Compactado	Taxa
Sinal	16 Kb	2,07 Kb	1:8
Datas e horas	32 Kb	0,9 Kb	1:35
Total	48 Kb	3,06 Kb	1:16

Tabela 16: Resultados da compactação para o caso 7

Para compararmos os efeitos das mudanças de resolução no conjunto 2, iremos desenhar o gráfico na resolução 4. Veja abaixo:

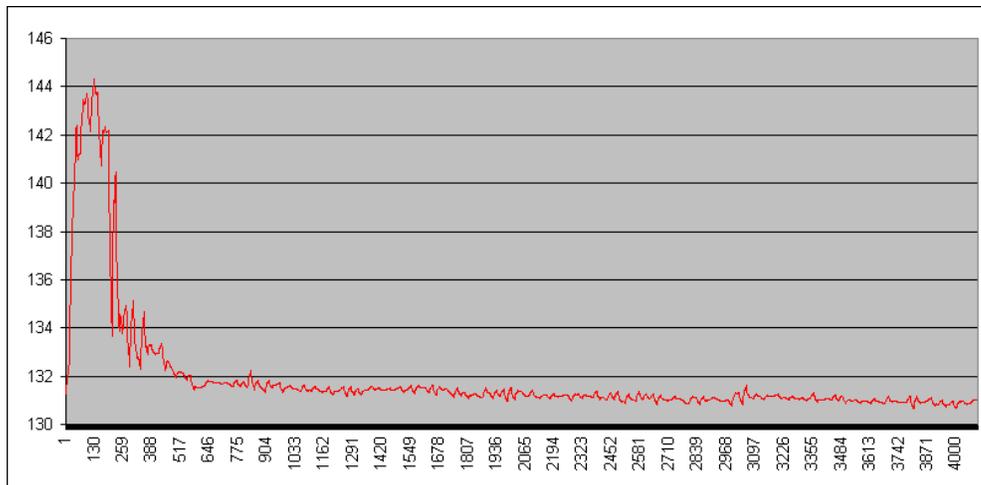


Figura 30: Sinal do conjunto 2 com resolução nível 4

A principal diferença entre o sinal tratado na resolução 3 em relação a resolução 4 é que na resolução 4, as componentes de alta frequência foram ainda mais suavizadas devido ao maior descarte de coeficientes de detalhe da transformada Wavelet.

A aplicação deste tratamento gerou um sinal com as seguintes características em termos de compressão:

Componentes do arquivo	Original	Compactado	Taxa
Sinal	16 Kb	1,24 Kb	1:13
Datas e horas	32 Kb	0,9 Kb	1:35
Total	48 Kb	2,14 Kb	1:22

Usar a técnica de Wavelet Shrinkage neste caso alteraria as componentes de alta frequência que possuem pequena variação, como o sinal já está bastante suavizado, um fator denoise alto pode desfigurar o sinal. Vejamos um exemplo:

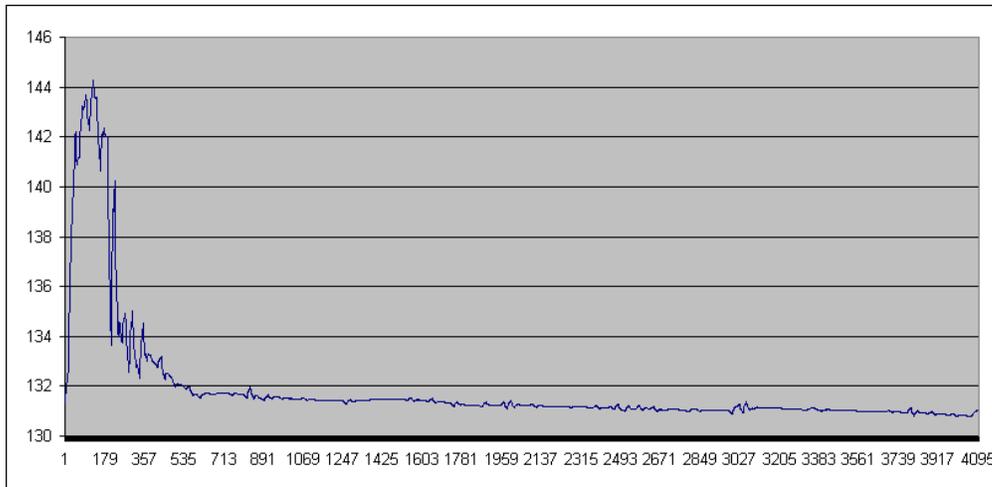


Figura 31: Sinal do conjunto 2 com resolução nível 4 e fator de ruído 0.35

Verificamos com facilidade que a primeira parte do sinal que contém as maiores variações de frequência não sofreu alterações enquanto a parte mais estável do sinal onde ocorriam pequenas variações de frequência agora exibe menos variações.

Em termos de compressão, a aplicação de remoção de ruídos não alterou o tamanho do arquivo comprimido.