



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Relatório do Mini Projeto

João Domingues, nº 2018278415

João Teixeira, nº 2018278532

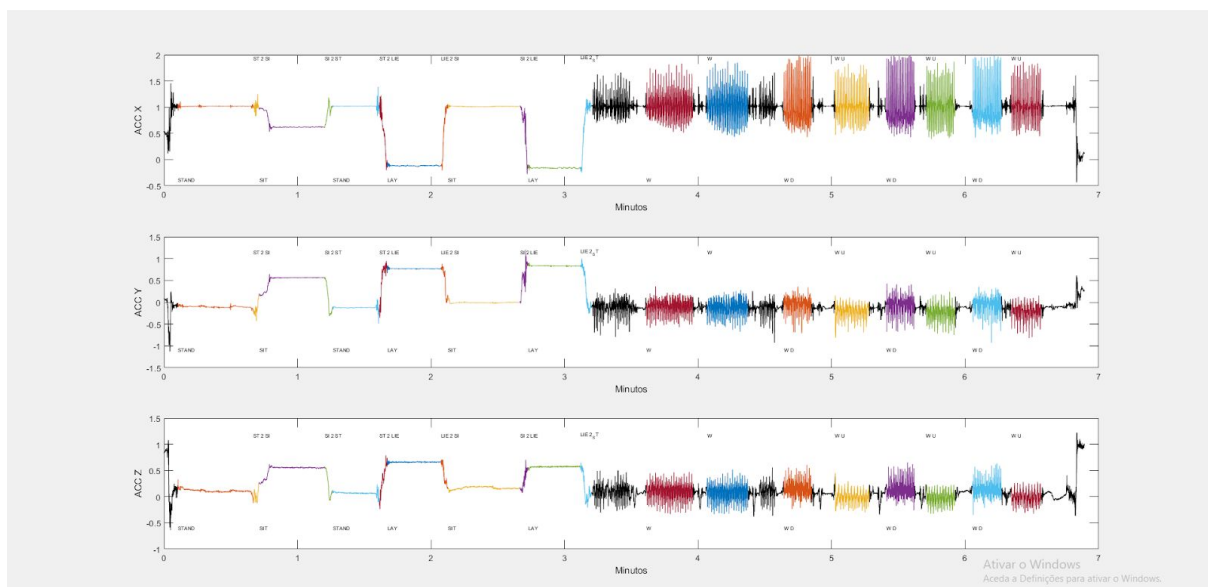
Miguel Galvão, nº 2018278986

Introdução

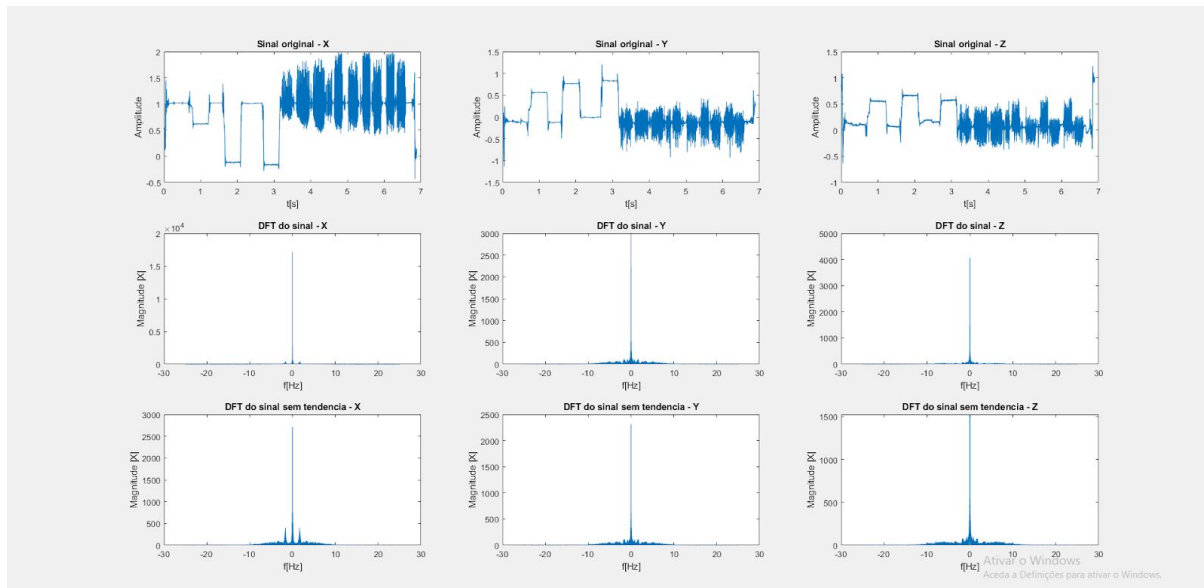
O objetivo deste trabalho é analisar 12 atividades (andar, subir ou descer escadas, estar sentado, de pé ou deitado, e as transições entre estas). Podem também ser agrupadas em 3 grupos: atividades estáticas, dinâmicas e de transição. Uma possível aplicação é o desenvolvimento de soluções para “Active Assisted Living (AAL)”, direcionada para os cuidados de saúde e apoio à população sénior. Os dados foram recolhidos num grupo de 30 voluntários entre os 19 e os 48 anos de idade, com o auxílio de Samsung Galaxy S II colocado na cintura. Os dados foram recolhidos nos 3 eixos do espaço.

1, 2 e 3

Começamos por importar os dados fornecidos através de funções criadas com o módulo “Import Data” do MATLAB. Criamos os gráficos representados abaixo, que mostra as diferentes atividades que são realizadas, com o auxílio de tags de texto e diferentes cores para identificar cada parte do sinal.

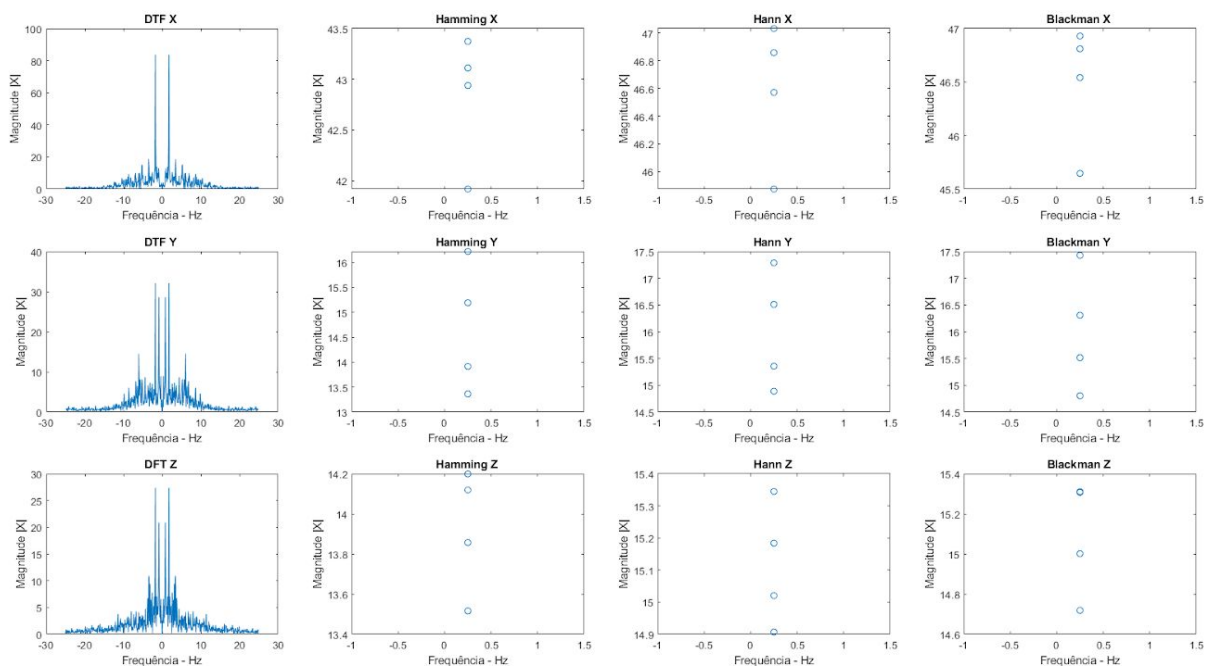


Como é visível nos plots que apresentamos em baixo, existe uma diferença clara entre o sinal original, a sua DFT e a DFT aplicada após retirar a tendência. Para a nossa análise ao longo deste relatório usamos exatamente a DFT sem tendência do sinal considerado (uma única atividade) uma vez que esta é a que permite tirar conclusões.



4

4.1 - Numa abordagem inicial a este problema tentamos implementar um sistema de janela deslizante para tentar avaliar sua eficácia e os seus resultados para uma melhor análise dos dados. Para isso, definimos uma janela que percorre o sinal transformado pela DFT com um overlap de 50%, selecionando de cada uma o valor com a máxima magnitude. Com isto, a ideia era conseguir representar essa mesma magnitude com a sua correspondente frequência num gráfico, filtrando assim as frequências mais relevantes. No entanto, perante o resultado apresentado, não fomos capazes de retirar conclusões visto que não conseguimos interpretar o seu significado. Na figura seguinte apresentamos um desses exemplos, para a atividade “Walking Up” da experiência 57, com algumas janelas, que enunciamos de seguida.



Activity	Window	Leakage Factor	Relative Sidelobe Attenuation	Main Lobe Width
Walking Up	Hamming	0.04%	-42.7dB	0.0043945
Walking Up	Hann	0.05%	-31.5dB	0.0048828
Walking Up	Blackman	0%	-58.1dB	0.005652
Standing	Hamming	0.04%	-42.7dB	0.0023193
Standing	Hann	0.05%	-31.5dB	0.0025635
Standing	Blackman	0%	-58.1dB	0.0029297
Stand to Sit	Hamming	0.4%	-42.7dB	0.015625
Stand to Sit	Hann	0.05%	-31.5dB	0.017578
Stand to Sit	Blackman	0%	-58.1dB	0.019531

Tabela 1 - Informação das janelas para algumas atividades da experiência 51

Por essa razão, decidimos que a melhor forma de fazer a análise das janelas seria aplicando-as à DFT do sinal no seu todo e observar os resultados, atividade a atividade.

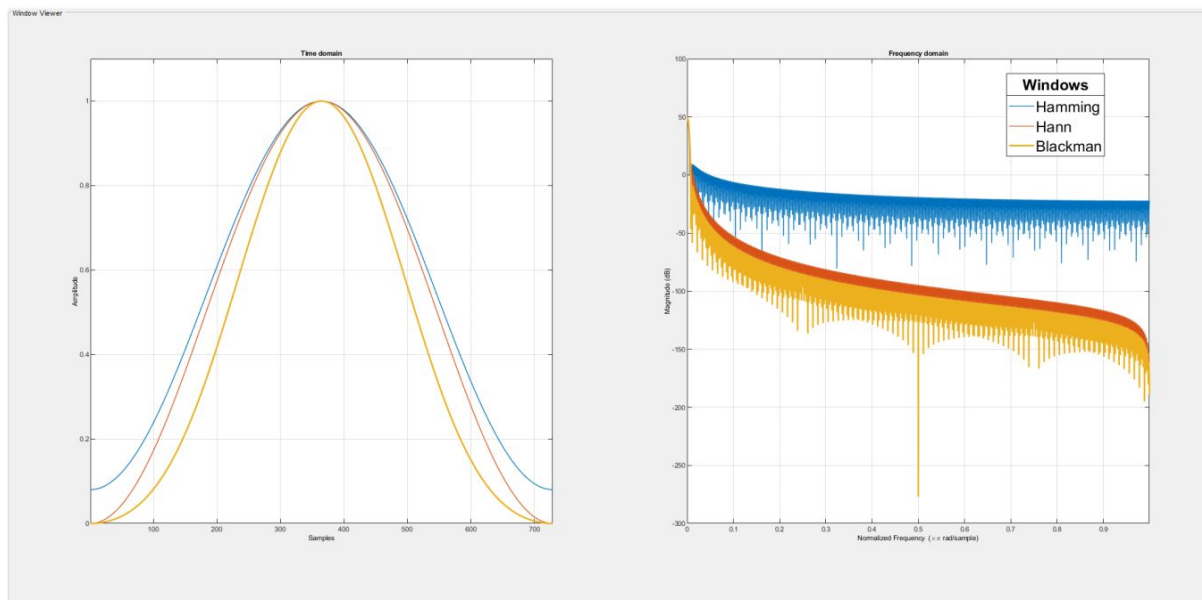
Escolhemos as janelas de Hamming, Hann e Blackman para aplicar ao nosso sinal de modo a obter os resultados para conseguir uma melhor análise. Para isso tivemos em conta três características relevantes: leakage factor, relative sidelobe attenuation, main lobe width.

Spectral leakage representa um fenómeno em que frequências próximas umas das outras podem tornar-se indistinguíveis após a aplicação de uma janela, seja por uma dessas ter uma maior magnitude e “abafar” a outra ou simplesmente “esconderem-se” uma à outra. Por causa disso queremos escolher uma janela que tenha esse fator o mais pequeno possível.

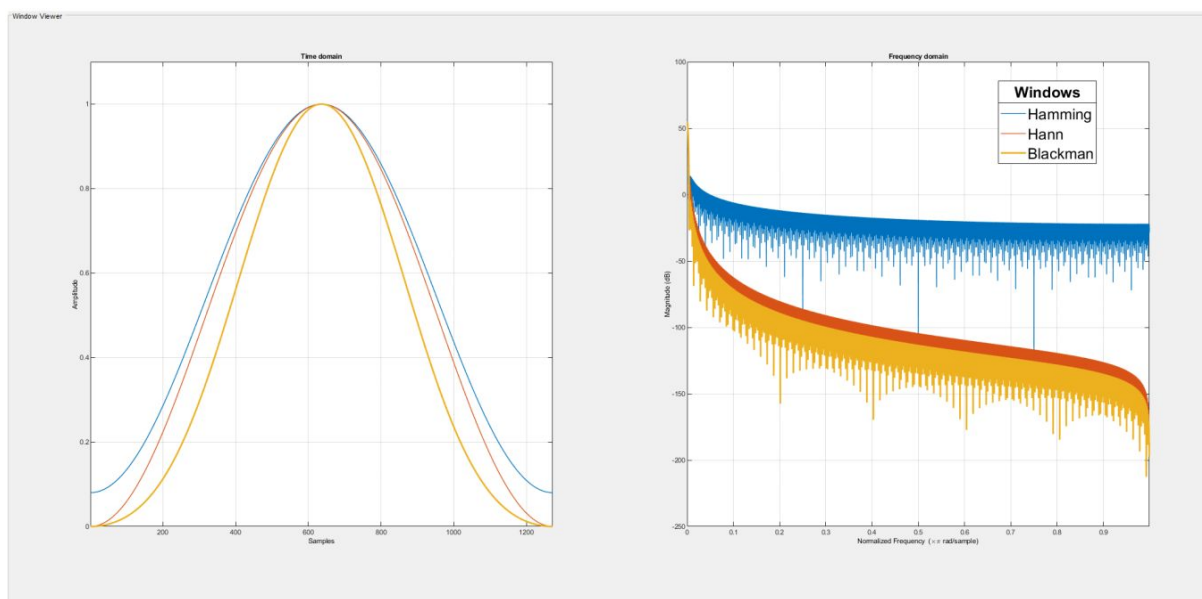
Este fator está relacionado com o atenuamento dos lóbulos laterais, que quanto maior for, mais reduz a spectral leakage. Por outro lado isto também leva a que seja difícil distinguir frequências cujos lóbulos principais estejam também mais próximos uns dos outros, ou seja prejudica a análise das frequências mais predominantes, logo procuramos um equilíbrio entre estes fatores.

Procuramos também ter uma largura dos lóbulos principais menor para conseguir verificar a predominância de todas as frequências no sinal, dada as suas grandes disparidades.

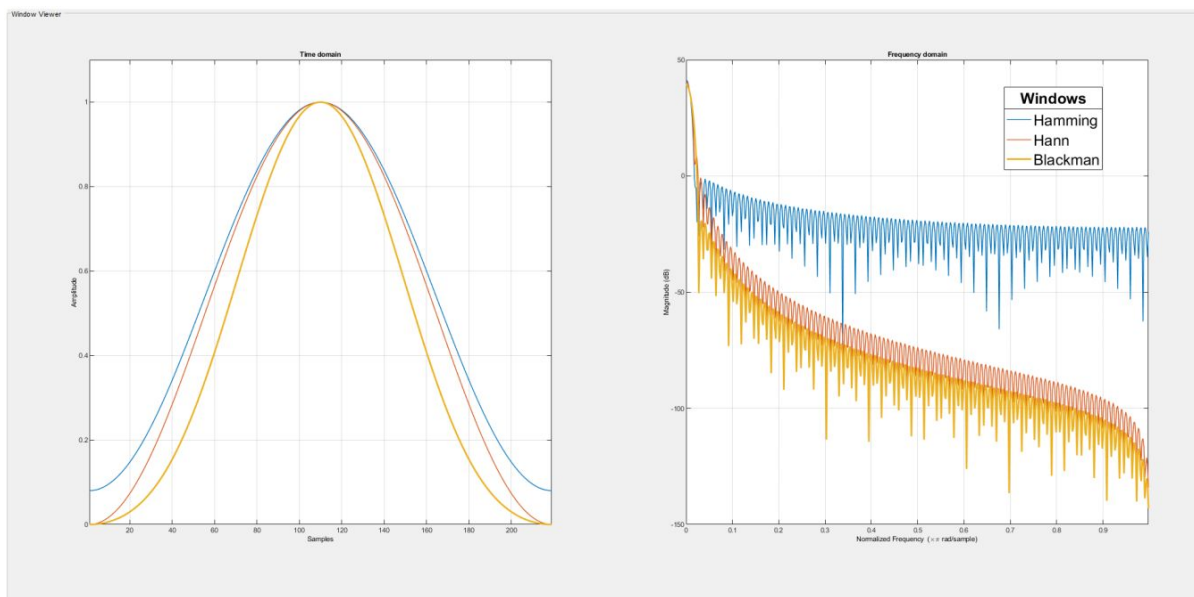
Tendo em conta estes fatores considerámos que a melhor janela para o nosso dataset é a que apresenta o melhor equilíbrio dos mesmos e que apresenta os melhores resultados graficamente, a janela de Hamming, e é a que usamos para a análise ao longo do projeto. É possível visualizar os dados que apresentámos na tabela 1 nos seguintes gráficos, que contêm uma representação das janelas que aplicámos exemplificadas em três atividades diferentes:



Atividade Walking Up, janelas que aplicámos



Atividade Standing, janelas que aplicámos



Atividade Stand to Sit, janelas que aplicámos

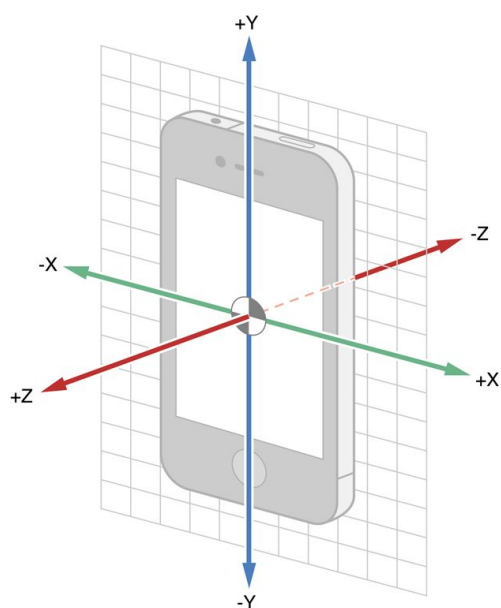
4.2 -

Para a identificação estatística do número de passos por minutos, desenvolvemos uma função que utiliza as partes da DFT (sem tendência) onde a frequência é positiva. Encontramos os picos, e aplicamos-lhes um thresholding, de forma a eliminar os picos sem significado para o cálculo. Após várias tentativas, chegámos à conclusão que o valor de thresholding que gera resultados que melhor se enquadram com os valores que são expectáveis é um thresholding de 40% do pico máximo. Utilizamos o primeiro pico da DFT sem tendência depois de aplicar o thresholding para procurar a frequência correspondente, que irá corresponder ao número de passos por segundo. Multiplicamos por 60 para obtermos o número de passos por minuto.

	$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{y} \pm \sigma$	$\bar{z} \pm \sigma$
Walking	104.70 ± 6.23	66.08 ± 23.48	71.76 ± 26.56
Walking Up	90.99 ± 15.85	52.26 ± 13.23	50.76 ± 8.18
Walking Down	103.49 ± 11.05	49.34 ± 6.24	46.07 ± 22.92

Tabela 2

Na tabela apresentada estão os resultados obtidos para média e desvio padrão de cada atividade dinâmica. Após a nossa pesquisa, o eixo x é aquele que melhor se enquadra nos valores expectáveis (<https://ijbnpa.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12966-019-0769-6>). Isto enquadra-se também com a nossa interpretação da atividade experimental:



O telemóvel utilizado para fazer as medições estava à cintura dos participantes. Assim, pensamos que o telemóvel estivesse na posição normal no bolso, com o seu eixo x na direção do movimento do participante, visto que seria dessa forma que o acelerómetro deste eixo registaria os maiores valores de aceleração a cada passo dado.

4.3/4.4 -

É visível que a magnitude máxima da DFT dos diferentes tipos de atividade é bastante diferente. O valor máximo nas atividades dinâmicas é bastante superior ao valor máximo nas atividades de transição, que por sua vez é bastante superior ao valor máximo nas atividades estáticas. Assim, acreditamos que seja possível diferenciar os tipos de atividades pela sua magnitude máxima.

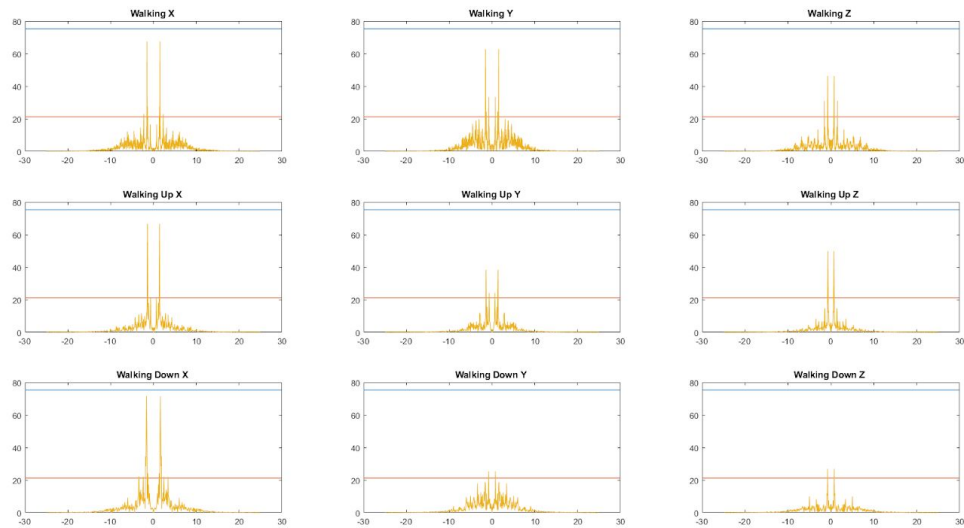
Para testar esta teoria, decidimos fazer a média e o desvio padrão destes valores para todos os *datasets*. Para isso, removemos os outliers (considerando que são erros de leitura). Encontramos assim os seguintes valores:

Tipo de atividade	Intensidade máxima média	Desvio padrão (σ)
Dinâmica	48.2363	± 27.0347
Transição	12.203	± 5.6538
Estática	2.623	± 1.941

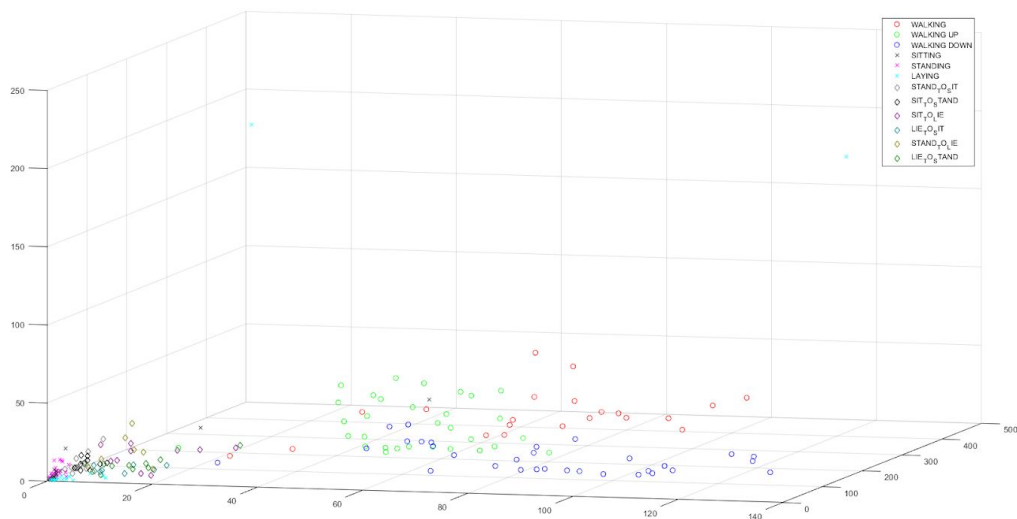
Tabela 3

É assim perceptível que, considerando o desvio padrão, não há nenhum intervalo de valores que dê “*overlap*”, ou seja, não há nenhum valor que pertença a dois tipos de atividades distintas. O problema que este método pode apresentar são os eventuais outliers, que podem fazer com que uma atividade seja mal identificada. No entanto, quando estes são

removidos, à partida será possível identificar com relativa facilidade o tipo de atividade correspondente.



Na imagem acima, é possível verificar que se o pico da DFT estiver entre as duas linhas (“limites” tendo em conta o desvio padrão), fará parte das atividades dinâmicas. Apesar de neste exemplo termos tido uma taxa de sucesso de 100%, em alguns datasets este sucesso era mais reduzido, devido a valores que consideramos anómalos.



Como é possível visualizar nesta representação tridimensional, onde está representada a magnitude máxima de cada uma das atividades de cada um dos datasets, as atividades estão relativamente divididas de acordo com a sua magnitude máxima (excluindo alguns valores anómalos). As atividades estáticas concentram-se perto da origem do referencial,

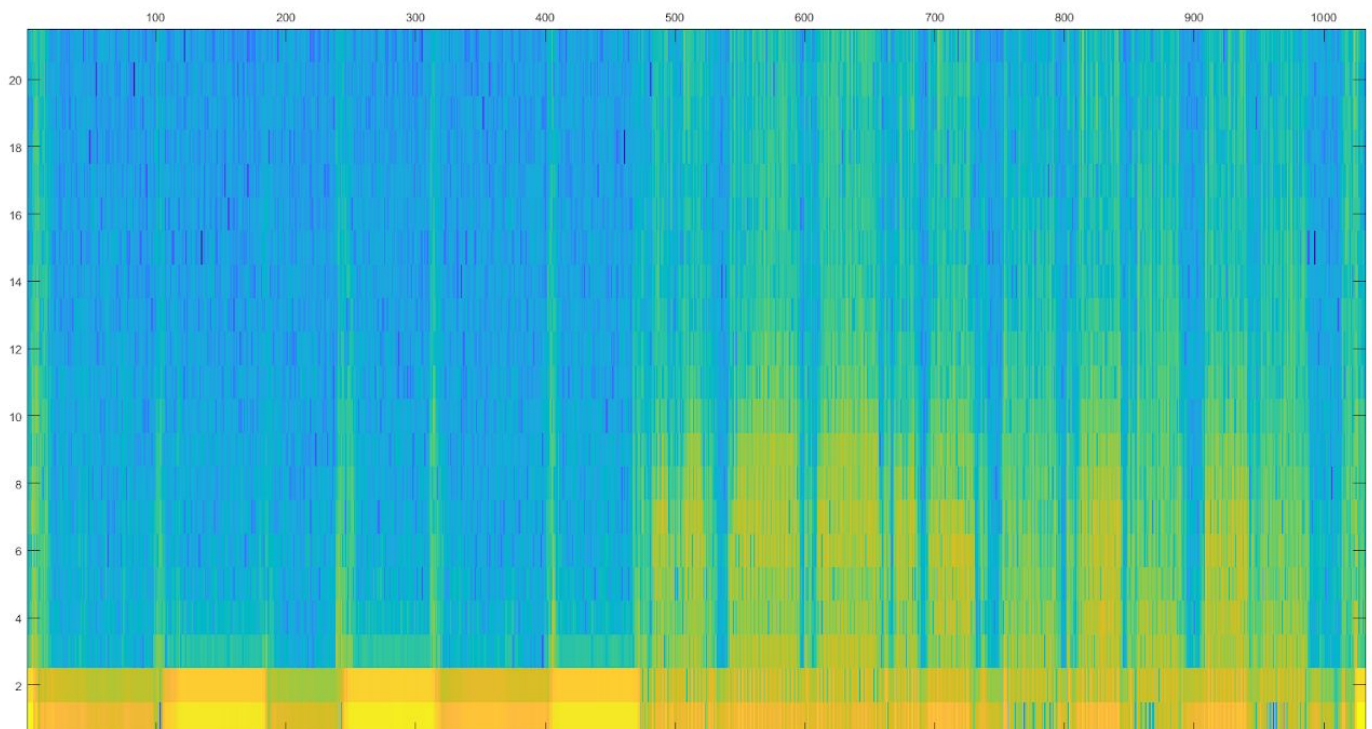
devido às suas baixas magnitudes, como é visível na tabela 3. Posteriormente, aparecem as atividades de transição, com valores ligeiramente mais elevados, mas concentrados num pequeno “espaço” devido ao seu reduzido desvio padrão. As atividades dinâmicas encontram-se mais dispersas pelo referencial, o que nós explicamos como resultado das diferentes formas de caminhar dos diferentes participantes. Nas atividades estáticas e de transição não existe uma variação tão grande visto que o tipo de atividade não o proporciona (em termos comportamentais, a diferença entre participantes será muito mais pequena, daí os baixos valores de desvio padrão).

Para além de tudo isto, é também possível visualizar as diferentes atividades nos resultados apresentados no ponto 5, que será desenvolvido mais à frente.

4.5-

O método que encontrámos para diferenciar as diferentes atividades prende-se com a análise do resultado da STFT. Assim sendo, apresentaremos este método a seguir.

5



Representação gráfica da STFT

Como pedido no enunciado, desenvolvemos um método para calcular e visualizar a STFT correspondente ao sinal do eixo z. O maior problema que encontramos foi encontrar o valor correto para o tamanho da janela. Após algumas tentativas, chegamos à conclusão que (aquele que nos parece ser) o melhor valor é o de uma janela de tamanho 0.002 vezes o tempo total do sinal original. Utilizamos um overlap de 50% não só por ter sido o que utilizamos nas aulas, mas também porque foi o valor que mantinha uma melhor continuidade temporal.

Quanto ao ponto 4.5 conclui-se que é possível, a partir de uma análise macroscópica do gráfico apresentado, diferenciar as várias atividades.

Regressando ainda à diferenciação entre os diferentes tipos de atividades (4.4), é visível de forma análoga as diferentes “assinaturas” espectrais presentes na representação da STFT.

