



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES E INFORMÁTICA

LABORATÓRIOS DE TELECOMUNICAÇÕES E INFORMÁTICA II

SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE ATIVIDADE FÍSICA FASE B

Grupo 2:

David José Ressurreição Alves - A79625

José Pedro Afonso Rocha - A70020

Luís Pedro Lobo de Araújo - A73232

Guimarães, 28 de Junho de 2019

Índice

1	Introdução	3
2	Planeamento	4
2.1	Planeamento temporal	4
2.2	Ferramentas utilizadas	4
3	Síntese do projeto	5
4	Arquitetura do sistema	6
4.1	Esquema geral	6
4.2	O Concentrador	6
4.3	Sistema Gestor de Serviço	7
4.4	Sistema Sensor Simulado	7
4.5	Base de Dados	7
4.6	Protocolo de comunicação entre Concentradores e Gestor de Serviço	8
4.7	Interpretação das amostras	10
4.7.1	Cálculo da posição do sujeito em repouso	10
4.7.2	Sujeito em movimento	13
5	Requisitos	16
5.1	Requisitos funcionais	16
5.2	Requisitos não funcionais	16
6	Conclusão	17
7	Referências	18

Lista de Figuras

1	Diagrama de Gantt com a planeamento temporal da fase B.	4
2	Arquitetura do sistema para a Fase B.	6
3	Modelo Conceptual de Dados da BD.	8
4	Definição da trama DATA.	9
5	Definição da trama ERROR.	9
6	Definição da trama START.	10
7	Definição da trama STOP.	10
8	Sujeito em repouso voltado para cima	11
9	Sujeito em repouso voltado para baixo	11
10	Sujeito em repouso voltado para cima-situação ilustrada	12
11	Sujeito em movimento	12
12	Sujeito em repouso-situação ilustrada	13
13	Exemplo de sinal. [2]	14
14	Exemplo - Gráfico Andamento. [3]	14
15	Exemplo - Gráfico Agitado.[3]	15
16	Exemplo - Gráfico Queda. [4]	15

1. Introdução

Na unidade curricular de Laboratórios de Telecomunicações e Informática II, foi-nos proposto realizar um projeto que consiste na criação de um sistema de monitorização de atividade física para doentes internados numa instituição de saúde ou de apoio social.

É de extrema importância a alienação da tecnologia com os cuidados de saúde pois permite uma maior atenção aos pacientes de uma instituição de saúde e a obtenção de dados em tempo real maximiza e melhora as prestações de cuidados que os médicos e enfermeiros realizam, obtendo por exemplo, se não for possível estar em acompanhamento pessoal e contínuo com o doente, todos os dados relativos desse mesmo doente em qualquer lugar, sendo alertados para qualquer problema com rapidez e com a devida urgência, se necessário.

Este sistema global terá que ter um conjunto de sistemas críticos, que serão: dispositivos concentradores de dados obtidos, dispositivos sensores atuadores, servidor web e de base de dados e uma aplicação web que tenha uma interface para interação com o utilizador. Nesta segunda fase (Fase B), o foco será o desenvolvimento do sistema Gestor de Serviço e correto funcionamento com os sistemas concentradores já implementados na fase anterior, serão ainda implementados os sistemas sensores simulados para obter uma melhor interação e testes funcionais dos sistemas Gestores de Serviço.

2. Planeamento

Nesta secção encontra-se disponível a planificação temporal, do nosso grupo para esta fase B do projeto, bem como o conjunto de ferramentas que serão utilizadas neste projeto.

2.1. Planeamento temporal

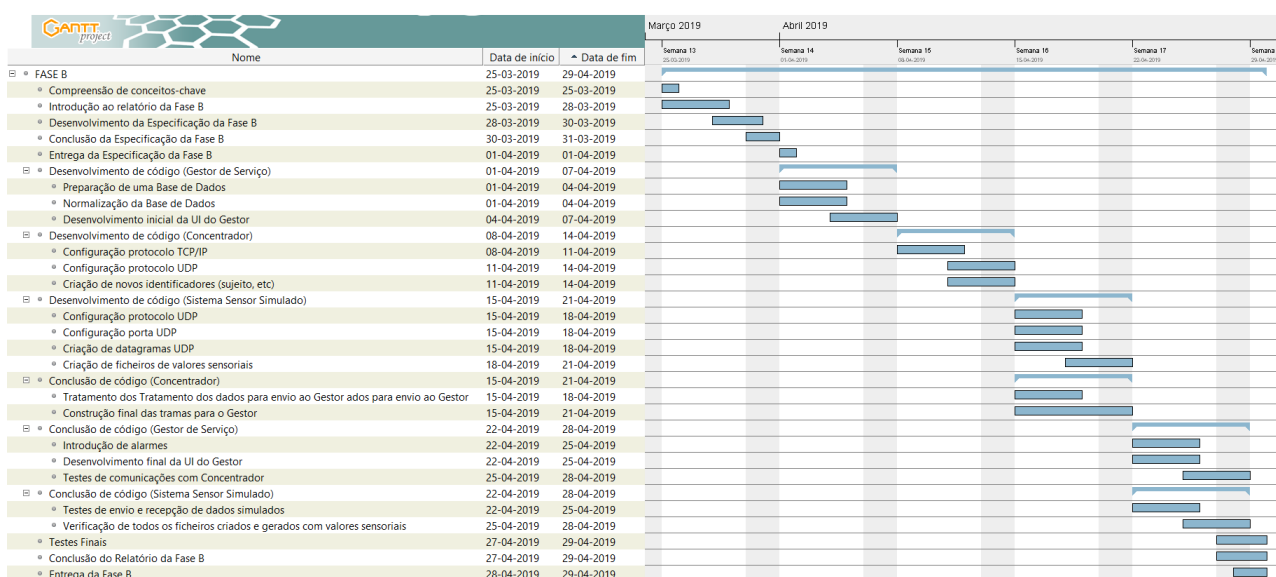


Figura 1: Diagrama de Gantt com a planeamento temporal da fase B.

2.2. Ferramentas utilizadas

As ferramentas utilizadas serão as seguintes:

- Programa **GanttProject** para planeamento temporal das tarefas do grupo;
- Programa **Arduino IDE**, para editar, compilar e enviar código para a placa Arduino;
- Programa **Visual Studio Code**, para editar e compilar código;
- Programa **Visual Paradigm**, para elaboração de diagramas.
- Plataforma **Slack**, para comunicação entre os membros do grupo;
- Plataforma **GitHub**, para partilha e organização do código desenvolvido pelo grupo.
- Plataforma **Google Drive**, para partilha de ficheiros entre os membros do grupo.
- Plataforma **OverLeaf**, para elaboração de relatórios em LaTeX.
- Plataforma **Vectary**, para elaboração modelos em 3D.

3. Síntese do projeto

Na sua globalidade, este sistema irá conter um conjunto de dispositivos e sistemas críticos para o desenvolvimento deste projeto, sendo estes: sensores, servidores, base de dados, dispositivos de comunicação e microcontroladores.

Nesta fase iremos focar o desenvolvimento no Sistema Gestor de Serviço, que irá integrar a comunicação e interpretação dos dados recebidos pelos concentradores ligados à sua área.

A comunicação entre concentradores e Sistemas Gestores de Serviço é feita via TCP, sendo que os concentradores enviam os dados recebidos dos sensores para os Sistemas Gestores de Serviço, que neste caso funcionam como um servidor que guarda e interpreta toda a informação recebida.

4. Arquitetura do sistema

4.1. Esquema geral

Para esta fase B a arquitetura do nosso sistema pode ser visualizada na seguinte figura:

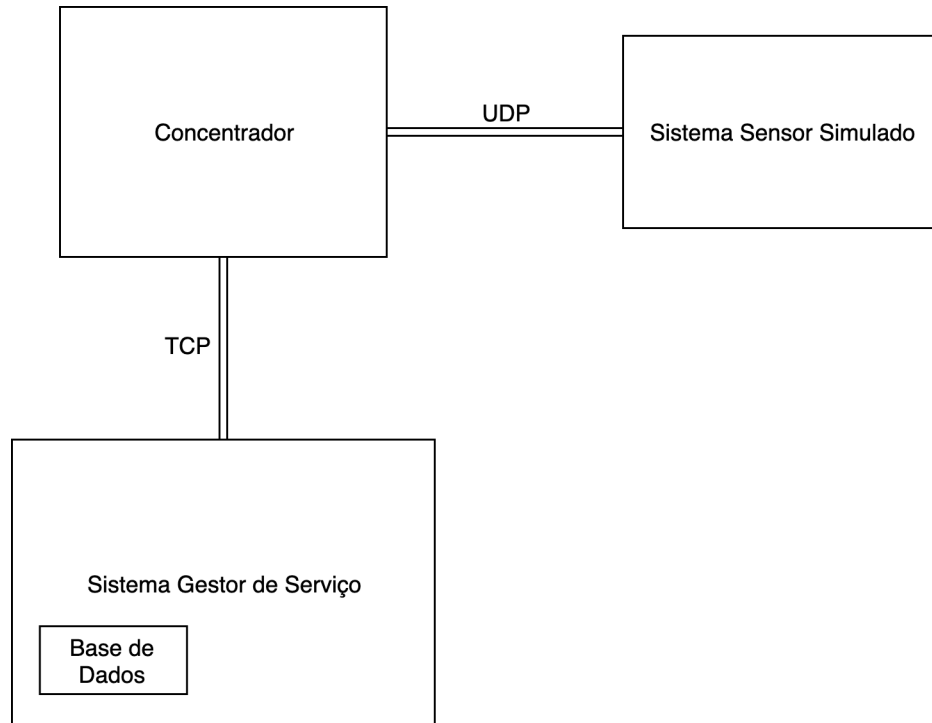


Figura 2: Arquitetura do sistema para a Fase B.

4.2. O Concentrador

Nesta fase o Concentrador vai manter a sua função de captação e normalização dos dados recebidos pelos sensores, já implementado na fase anterior. No entanto, será adicionada a possibilidade de receber dados via UDP de um sensor simulado, o que permite uma introdução direta dos valores do sensor, que por sua vez facilita os testes e análise de resultados no Sistema Gestor do Serviço.

Além disso, será adicionado o módulo de comunicação com o Sistema Gestor de Serviço, neste caso via TCP. Este módulo é responsável pelo envio dos dados recebidos pelo sensor para o Sistema Gestor de Serviço, na sub-secção 4.6 será descrito o protocolo de comunicação utilizado entre o concentrador e o Sistema Gestor de Serviço.

4.3. Sistema Gestor de Serviço

Para esta fase, irá ser criado um Sistema Gestor de Serviço que, através de dados obtidos provenientes do concentrador, faz o tratamento desses dados e recolhe-os para uma base de dados de forma que possa apresentar um conjunto de dados estatísticos sobre a monitorização da atividade física de cada sujeito internado. Este sistema terá também uma *User Interface* (UI), onde será possível que um utilizador visualize o comportamento físico dos sujeitos na área em que este sistema está inserido. As áreas disponíveis e a lista de sujeitos monitorizados para cada Sistema Gestor de Serviço serão indicados num ficheiro de configuração. A comunicação com o concentrador será implementada sobre o protocolo TCP/IP.

4.4. Sistema Sensor Simulado

De modo a poder-se realizar vários testes num ambiente em que existem vários sistemas sensores a funcionar em simultâneo para testar as funcionalidades dos Sistemas Gestores de Serviço, será criado um Sistema Sensor Simulado.

Este sistema irá aceder a um ficheiro com valores sensoriais armazenados resultantes da monitorização do funcionamento de um sistema sensor, e comunica sobre o protocolo UDP com o Concentrador. Esta comunicação entre Concentrador e Sistema Sensor Simulado terá o mesmo protocolo de comunicação que os sensores reais, apenas altera o tipo de comunicação, uma vez que será usado UDP.

4.5. Base de Dados

De maneira a poder-se armazenar toda a informação enviada por todos os concentradores do sistema, será preciso uma Base de Dados (BD) para o efeito e de maneira a que se possa fazer o processamento de dados e apresentar um conjunto de dados estatísticos relacionados com as amostras obtidas pela monitorização da atividade física de um sujeito.

O grupo decidiu que a BD a ser implementada será realizada em MySQL e o planeamento inicial da mesma, a nível de entidades e relacionamentos, é demonstrado pela imagem a seguir que é um modelo conceptual de dados:

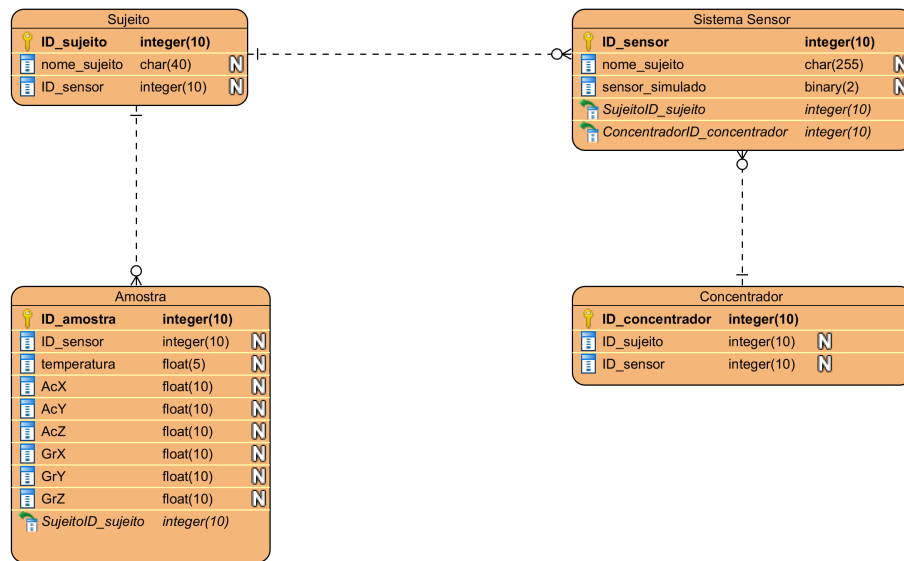


Figura 3: Modelo Conceptual de Dados da BD.

4.6. Protocolo de comunicação entre Concentradores e Gestor de Serviço

A comunicação entre concentradores e gestor de serviço é absolutamente crucial para o sistema que irá ser implementado, pois os dados do cliente que foram recebidos pelo concentrador terão que ser enviados para o gestor de serviço e, para isso, será preciso um protocolo aplicacional que permita uma comunicação fiável com o correto envio e recepção de dados entre os dois serviços.

Esse protocolo será constituído por um conjunto de mensagens que serão enviadas pelo concentrador, que contém informações acerca do comportamento físico monitorizado pelos sensores atuadores e, adicionalmente, uma solução que permita que os gestores saibam quando a comunicação com um concentrador termina abruptamente. O envio destas mensagens será realizado através do protocolo TCP/IP e foram definidos os seguintes tipos de mensagem:

- **DATA** - mensagem enviada de um concentrador para um gestor de serviço com os valores das amostras recolhidas de todos os sistemas sensores que lhes estão conectados. [1]

Tal como se pode observar, definimos 1 *byte* para identificar o tipo de mensagem que está a ser recebida ou enviada. Neste caso para o tipo DATA, definimos o valor de 0. Os restantes campos da trama foram definidos de acordo com o tipo e tamanho dos dados que estão a ser enviados ou recebidos.

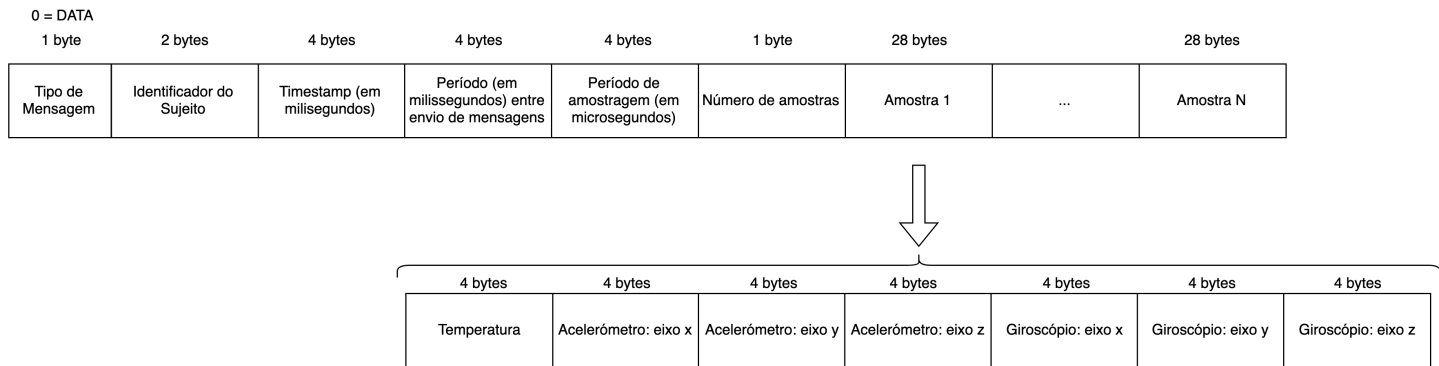


Figura 4: Definição da trama DATA.

- **ERROR** - mensagem enviada de um concentrador para um gestor de serviço a indicar um tipo de erro. [1]

Para esta trama, definimos 1 *byte* para identificar o tipo de mensagem que esta a ser recebida ou enviada, neste caso para o tipo ERROR, definimos o valor de 1. Os restantes campos da trama foram definidos de acordo com o tipo e tamanho dos dados que estão a ser enviados ou recebidos.

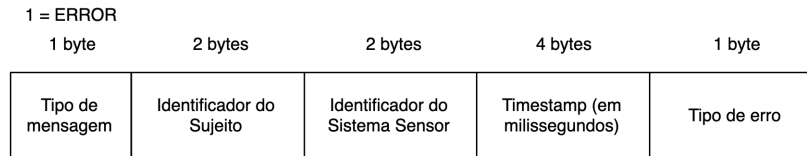


Figura 5: Definição da trama ERROR.

- **START** - mensagem enviada de um concentrador para um gestor de serviço a indicar que a recolha de amostras dum sistema sensor particular foi iniciada (ou reiniciado após uma paragem controlada). [1]

Para esta trama, definimos 1 *byte* para identificar o tipo de mensagem que esta a ser recebida ou enviada, neste caso para o tipo START, definimos o valor de 2. Os restantes campos da trama foram definidos de acordo com o tipo e tamanho dos dados que estão a ser enviados ou recebidos.

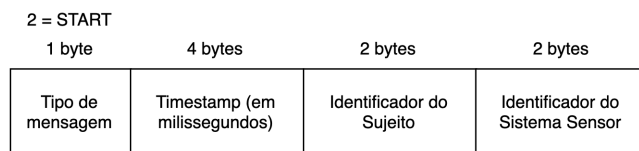


Figura 6: Definição da trama START.

- **STOP** - mensagem enviada de um concentrador para um gestor de serviço a indicar que a recolha de amostras dum sistema sensor particular foi interrompida controladamente (ou seja, foi provocada intencionalmente e não por qualquer condição de erro). [1]

Para esta trama, definimos 1 *byte* para identificar o tipo de mensagem que esta a ser recebida ou enviada, neste caso para o tipo START, definimos o valor de 3. Os restantes campos da trama foram definidos de acordo com o tipo e tamanho dos dados que estão a ser enviados ou recebidos.

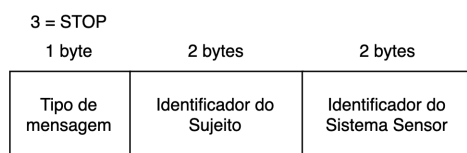


Figura 7: Definição da trama STOP.

4.7. Interpretação das amostras

Com a recolha das amostras dos sensores, procedemos à interpretação dos dados recebidos dos mesmos. Para isso definimos algumas regras que nos ajudam a perceber melhor as condições em que os sujeitos se encontram.

4.7.1. Cálculo da posição do sujeito em repouso

Conhecendo o funcionamento do sensor MPU-6050, e de acordo com a nossa calibração do mesmo, sabemos que se o sujeito estiver em repouso (mas voltado para cima), os valores que devemos receber do acelerómetro devem ser: $x=0; y=0; z=1$ uma vez que apenas existe uma aceleração, que é no eixo z , a aceleração da gravidade, mas com sentido inverso.

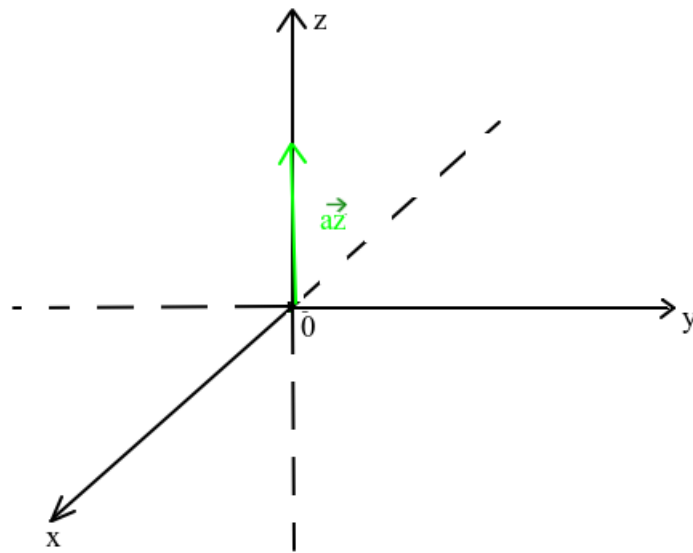


Figura 8: Sujeito em repouso voltado para cima

Se o sujeito estiver em repouso, mas voltado para baixo, a única aceleração a que estará sujeito será a da gravidade, e por isso os valores devem ser $x=0; y=0; z=-1$

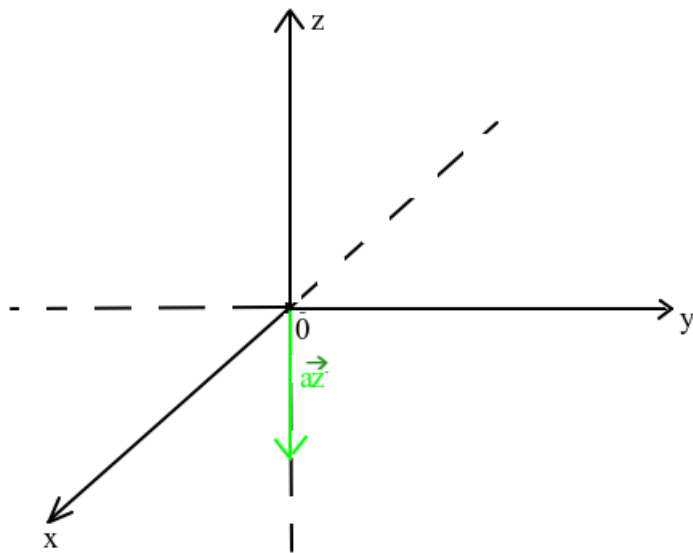


Figura 9: Sujeito em repouso voltado para baixo

Em termos concretos do projeto, a situação real vivida pelo paciente, neste caso (em repouso), está ilustrada na figura 10.

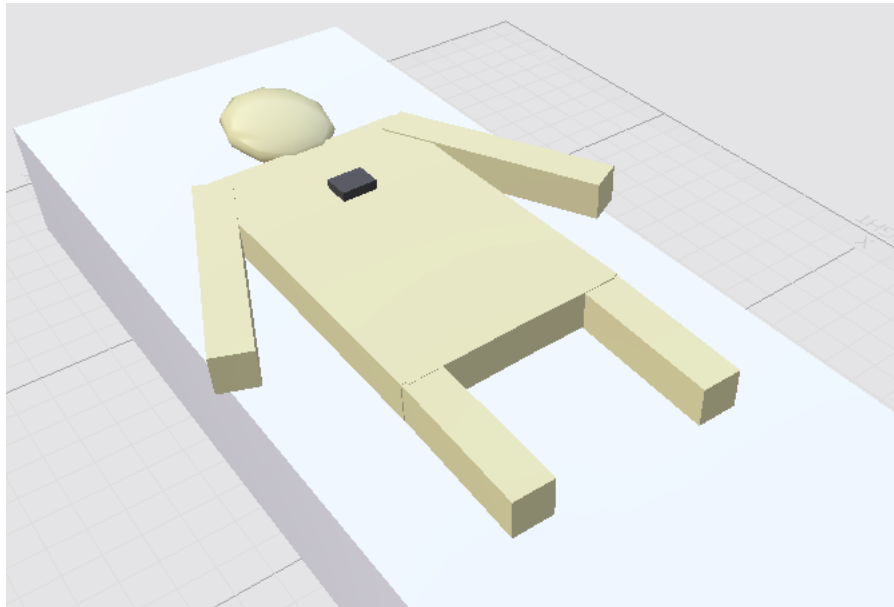


Figura 10: Sujeito em repouso voltado para cima-situação ilustrada

Quando o sujeito se encontra em repouso, poderá-se calcular o ângulo que este faz em relação ao eixo do x (que poderia ser considerado como referência a base onde o sujeito se encontra apoiado).

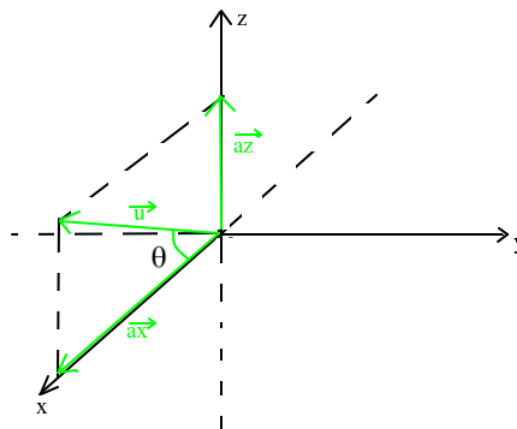


Figura 11: Sujeito em movimento

Sendo que para se calcular esse ângulo teremos que fazer os seguintes cálculos:

Sendo:

$$ax = |\vec{u}| \cdot \cos\theta$$

$$az = |\vec{u}| \cdot \sin\theta$$

$$ay = 0$$

Temos:

$$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \tan\theta = \frac{az}{ax} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \theta = \tan^{-1} \left(\frac{az}{ax} \right)$$

E conseguimos obter o ângulo em que o sujeito encontra, em relação à base de apoio.

Em termos concretos do projeto, a situação real vivida pelo paciente neste caso, está ilustrada na figura 16.

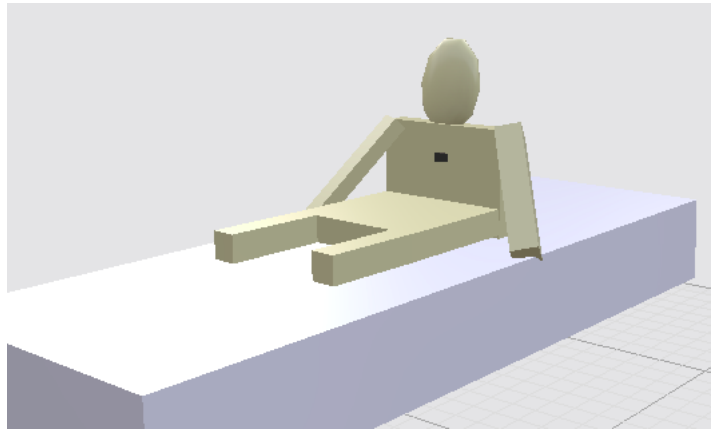


Figura 12: Sujeito em repouso-situação ilustrada

4.7.2. Sujeito em movimento

No caso do sujeito se encontrar em movimento, o módulo do somatório das componentes x, y e z terá um valor diferente de 1g (força gravítica). No cenário deste projeto e no âmbito do sujeito em movimento são referidos os seguintes comportamentos básicos:

- Andamento;
- Agitado;
- Queda.

Como tal será necessária um tratamento das amostras recebidas ao nível da análise do sinal como podemos ver na figura 13.

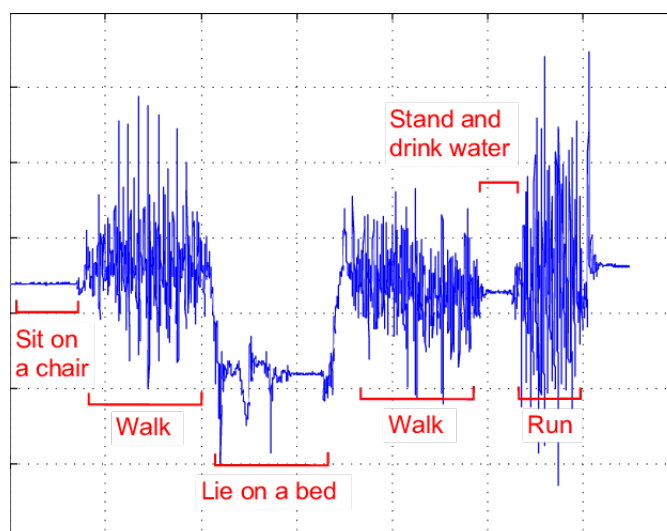


Figura 13: Exemplo de sinal. [2]

4.7.2.1 Andamento e Agitado

Quando o sujeito está em andamento ou agitado, a variação do módulo do somatório será maior, pois os valores do acelerómetro que recebe estão sujeitos a maior variação devido há constante mudança de aceleração em relação a um eixo x, y e z quando um sujeito está nessas condições. No entanto, a variação será sempre maior quando está agitado do que quando está em andamento.

Se forem construídos dois gráficos que relacionam os valores obtidos do módulo do somatório com com estas duas situações, podemos obter semelhantes aos abaixo representados:

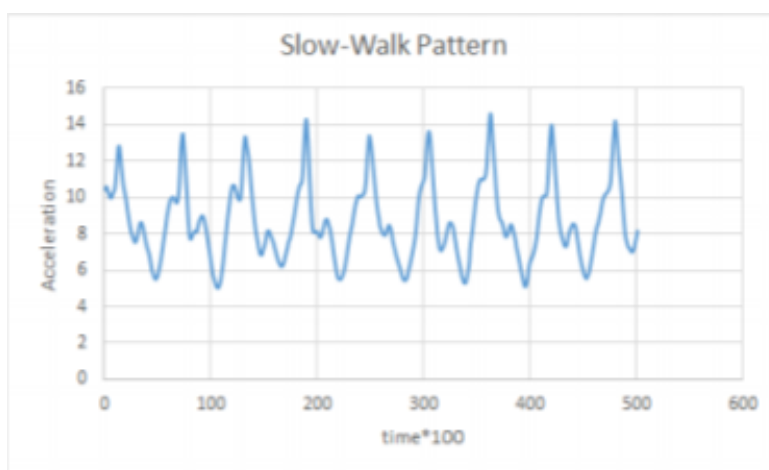


Figura 14: Exemplo - Gráfico Andamento. [3]

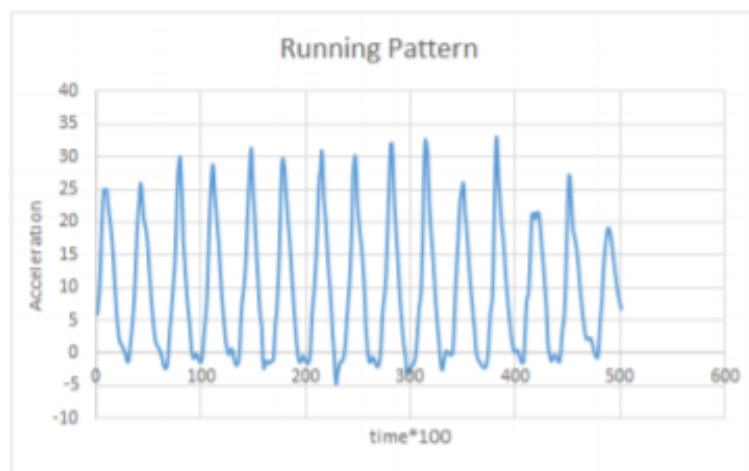


Figura 15: Exemplo - Gráfico Agitado.[3]

4.7.2.2 Queda

Quando o sujeito está em queda, o vetor de aceleração vai tender para 0 como se pode ver no exemplo apresentado na figura .

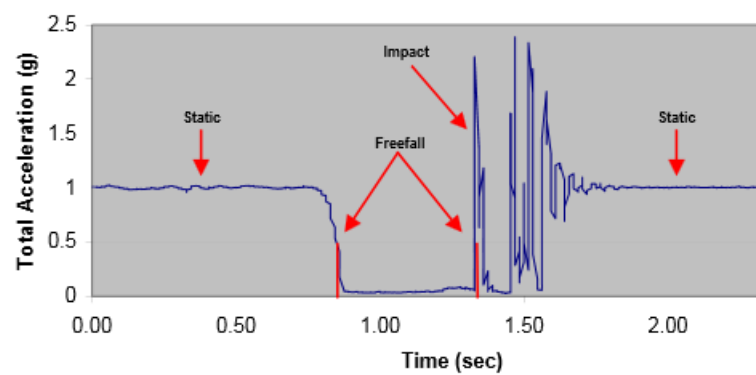


Fig. 1) Drop Test Signature

Figura 16: Exemplo - Gráfico Queda. [4]

5. Requisitos

5.1. Requisitos funcionais

Para o correto funcionamento do sistema num todo, é necessário que os seguintes requisitos sejam cumpridos:

- Captação correta dos dados dos sensores, reais ou simulados, pelo concentrador;
- Correta interpretação do comportamento físico dos sujeitos através das amostras recebidas;
- Base de dados bem estruturada e que armazene corretamente todos os dados obtidos pelo gestor de serviço;
- Uma interface de acordo com o objetivo deste sistema e que satisfaça os requisitos do cliente.

5.2. Requisitos não funcionais

Estes requisitos da fase B que serão abaixo enumerados são não funcionais o que indica que não estão diretamente ligados com as funcionalidades do sistema e estão mais relacionados como o tempo de resposta e a fiabilidade. Os requisitos não funcionais definidos são:

- Tempo de cálculo para interpretação da condição do sujeito baixo;
- Fiabilidade da comunicação entre os dispositivos concentradores e os dispositivos sensores;
- Fiabilidade da comunicação entre o gestor de serviço e os dispositivos concentradores;
- Fiabilidade dos dados recolhidos pelos sistemas sensores atuadores;
- Configuração dos parâmetros de obtenção das mensagens pelo gestor de serviço e enviados pelo concentrador.

6. Conclusão

Após a conclusão desta especificação da fase B, o grupo obteve as competências necessárias para começar a planear a base do sistema que irá ser implementado e organizou, de imediato, todas as ferramentas que irão ser utilizadas para desenvolvimento do mesmo.

Foi feito um novo planeamento temporal que está de acordo com o tempo que será preciso dispensar para cada tarefa/objetivo que foram distribuídos para cada elemento do grupo.

Para esta fase pretendemos implementar com sucesso novas funcionalidades que nos permitirão analisar os dados recolhidos de forma mais intuitiva e agradável para o utilizador, tal como foi possível observar nas especificações presentes neste relatório.

7. Referências

- [1] **Docentes de Laboratórios de Telecomunicações e Informática II**, "*Sistema de Monitorização de Atividade Física - ANEXO 3 – Fase B*", Universidade do Minho, 2019
- [2] **Zhang, Mi A. Sawchuk, Alexander**. "*USC-HAD: a daily activity dataset for ubiquitous activity recognition using wearable sensors*", 2012
- [3] **Bayat, Akram Pomplun, Marc Tran, Duc**. "*A Study on Human Activity Recognition Using Accelerometer Data from Smartphones*". *Procedia Computer Science*, 2014.
- [4] **"App note: Free-fall sensing for drop-force modeling using a Kionix MEMS tri-axis accelerometer « Dangerous Prototypes»"**, **Dangerousprototypes.com**
Disponível em <http://dangerousprototypes.com/blog/2014/09/21/app-note-free-fall-sensing-for-drop-force-modeling-using-a-kionix-mems-tri-axis-accelerometer> [Acedido em em 1 de abril de 2019]