

# Controlo de um Alimentador para Pequenos Ruminantes

— Versão Final —

Por

Diogo Miguel Moreira Faceira

**Orientador:** Professor Doutor Pedro Miguel Mestre Alves da Silva

**Co-orientador:** Professor Doutor Carlos Manuel José Alves Serôdio



Dissertação submetida à  
UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO  
para obtenção do grau de  
MESTRE

em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, de acordo com o disposto no  
DR – I série– N.º151, Decreto-Lei n.º 115/2013 de 7 de Agosto e no  
Regulamento de Estudos Conducente ao Grau de Mestre da UTAD  
DR, 2.ª série – N.º133 de 13 de Julho de 2016



# Controlo de um Alimentador para Pequenos Ruminantes

— Versão Final —

Por

Diogo Miguel Moreira Faceira

**Orientador:** Professor Doutor Pedro Miguel Mestre Alves da Silva

**Co-orientador:** Professor Doutor Carlos Manuel José Alves Serôdio

Dissertação submetida à

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

para obtenção do grau de

MESTRE

em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, de acordo com o disposto no

DR – I série– N.º151, Decreto-Lei n.º 115/2013 de 7 de Agosto e no

Regulamento de Estudos Conducente ao Grau de Mestre da UTAD

DR, 2.ª série – N.º133 de 13 de Julho de 2016



*Orientação Científica :*

**Professor Doutor Pedro Miguel Mestre Alves da Silva**

Professor Auxiliar do  
Departamento de Engenharias da Escola de Ciências e Tecnologias  
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

**Professor Doutor Carlos Manuel José Alves Serôdio**

Professor Associado com Agregação do  
Departamento de Engenharias da Escola de Ciências e Tecnologias  
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

*Acompanhamento do trabalho :*

**Severiano José Cruz da Rocha e Silva, Maria José Marques Gomes, José Carlos  
Marques de Almeida**

Professor Associado com Agregação, Professora Auxiliar, Professor Auxiliar do  
Departamento de Zootecnia da Escola de Ciências Agrárias e Veterinárias



*"No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade."*

***Albert Einstein (1879 – 1955)***

*"Isto não é o fim. Não é sequer o princípio do fim. Mas é, talvez, o fim do princípio."*

***Winston Churchill (1874 – 1965)***

*A quem dedico, José Joaquim Faceira Guedes*



UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO  
Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Os membros do Júri recomendam à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro a aceitação da dissertação intitulada “**Controlo de um Alimentador para Pequenos Ruminantes**” realizada por **Diogo Miguel Moreira Faceira** para satisfação parcial dos requisitos do grau de **Mestre**.

Julho 2018

Presidente: **Professor Doutor João Agostinho Batista de Lacerda Pavão,**

Direcção do Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores do Departamento de Engenharias da Escola de Ciências e Tecnologias da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Vogais do Júri: **Professor Doutor Jorge Miguel Nunes Santos Cabral,**  
Professor Auxiliar da Escola de Engenharia da Universidade do Minho

**Professor Doutor Pedro Miguel Mestre Alves da Silva,**  
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharias da Escola de Ciências e Tecnologias da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro



# Controlo de um Alimentador para Pequenos Ruminantes

*Diogo Miguel Moreira Faceira*

Submetido na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro  
para o preenchimento dos requisitos parciais para obtenção do grau de  
Mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

**Resumo** — No âmbito do estudo da ciência animal e para efetuar certos ensaios relacionados com a alimentação, em específico de pequenos ruminantes, como por exemplo ensaios de digestibilidade de determinadas dietas, é necessário submeter os animais a um controlo rigoroso dos alimentos que ingerem. Este controlo pode ser efetuado, quer colocando os animais em jaulas individuais (sendo mais fácil e eficaz controlar o alimento que lhes é fornecido), ou em alternativa, uma opção que causa menos "stress" animal, que é deixá-los junto aos restantes elementos do rebanho e alimentá-los através de um sistema automático, permitindo assim um controlo autónomo do que cada animal ingere.

Na presente dissertação é apresentado o sistema desenvolvido que será aplicado ao espaço de alimentação das ovelhas (ovil), que é baseado num conjunto de baias com cancela, controlada pneumaticamente, já existente nas instalações do Departamento de Zootecnia da UTAD. Esse sistema será composto por sensores Laser, *tags* e leitores RFID, interligados com um sistema embebido baseado em Linux.

O objetivo primordial será solucionar não só o problema da monitorização e controlo da dosagem da alimentação que cada animal ingere bem como a forma com que eles a acedem, mas também produzir um sistema capaz de interligar a tecnologia (como por exemplo a identificação animal), a uma área em constante evolução, que é a produção animal.

**Palavras Chave:** Sistemas Embebidos, Linux, Sensores, Produção Animal, RFID.



# Control of a Feeder for Small Ruminants

*Diogo Miguel Moreira Faceira*

Submitted to the University of Trás-os-Montes and Alto Douro  
in partial fulfillment of the requirements for the degree of  
Master of Science in Electrical Engineering and Computers

**Abstract** — In the study of animals, it is necessary to submit the animals to a strict control of their diet, to perform some feeding related tests, specifically for small ruminants, such as digestibility tests of a specific diet. This can be done either by placing the animals in individual cages (being easier and more effective to control the food that is provided to them), or alternatively, an option that causes less stress to the animal, which is to leave them with the other elements of the flock and feed them through an automatic system, providing an autonomous log of what each animal ingest.

In the present dissertation it is presented a system that will be applied to the sheep feeding space (ovil), which is based on a set of pneumatically controlled bays with cages, that already exists in the facilities of the Zootechny Department of UTAD. This system will be composed by Laser sensors, RFID tags and readers, interconnected with an Linux based embedded system.

The main objective is to solve not only the problem of monitoring and controlling the feeding dosage that each animal ingests as well as the way they access it, but also to produce a system capable of interconnecting the technology (such as animal identification), to an area in constant evolution, animal production.

**Key Words:** Embedded Systems, Linux, Sensors, Animal Production, RFID.



# Agradecimentos

---

Os meus agradecimentos ao Professor Doutor Pedro Miguel Mestre Alves da Silva, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharias da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, orientador deste trabalho, por toda a sua paciência, por toda a sua colaboração e aprendizagem proporcionada.

Ao Professor Doutor Carlos Manuel José Alves Serôdio, Professor Associado com Agregação do Departamento de Engenharias da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, na qualidade de co-orientador, por todos os momentos de lazer, trabalho e de amizade proporcionados.

À minha família, pelo apoio e amor que me dedicaram durante toda esta caminhada.

À minha namorada Solange Teixeira Bento, por todo o amor, companheirismo, amizade e força que me deu e dá todos os dias da minha vida, é também a ela que dedico todo o meu trabalho.

Ao Christophe Teixeira, Luís Coutinho e Rui Guedes, por todos os ensinamentos e experiências de trabalho e amizade que vivemos, ajudando-me a criar hábitos laborais.

A todos os meus colegas do Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, em especial ao Artur Martins, ao Carlos Coelho, ao Diogo Valente, ao Luís Santos e ao Nuno

Penelas.

A todos, um sincero obrigado!

UTAD,

Vila Real, 12 de Julho de 2018

Diogo Miguel Moreira Faceira

# Índice geral

---

|  |          |
|--|----------|
| Resumo   | xi       |
| <i>Abstract</i>  | xiii     |
| Agradecimentos   | xv       |
| Índice de tabelas  | xix      |
| Índice de figuras  | xxi      |
| Lista de acrónimos   | xxv      |
| <b>1 Introdução</b>  | <b>1</b> |
| 1.1 Motivação . . . . .                                      | 2        |
| 1.2 Objetivos . . . . .                                      | 3        |
| 1.3 Organização da Dissertação . . . . .                     | 4        |
| <b>2 Enquadramento Tecnológico</b>                           | <b>5</b> |
| 2.1 Sistemas Embebidos . . . . .                             | 5        |
| 2.2 SBC - <i>Single-Board Computers</i> . . . . .            | 7        |
| 2.2.1 Raspberry Pi . . . . .                                 | 9        |
| 2.2.2 Java em Raspberry Pi . . . . .                         | 10       |
| 2.3 RFID - <i>Radio Frequency Identification</i> . . . . .   | 10       |
| 2.3.1 Definição e Funcionamento de um Sistema RFID . . . . . | 11       |
| 2.4 Dispositivos RFID . . . . .                              | 14       |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 2.4.1    | <i>Tags</i> . . . . .   | 14        |
| 2.4.2    | Bandas de Frequências . . . . .   | 17        |
| 2.4.3    | Leitores . . . . .  | 18        |
| 2.4.4    | Antenas . . . . .   | 19        |
| 2.5      | EPC - <i>Electronic Product Code</i> . . . . .                          | 19        |
| 2.6      | Tipos de Comunicação . . . . .  | 20        |
| 2.7      | Identificação Electrónica Animal . . . . .                              | 22        |
| <b>3</b> | <b>Conceção e Implementação</b>   | <b>25</b> |
| 3.1      | Descrição do Sistema . . . . .  | 26        |
| 3.2      | Arquitetura do Sistema . . . . .  | 28        |
| 3.3      | Características de <i>Software</i> e <i>Hardware</i> . . . . .          | 31        |
| 3.3.1    | Características de <i>Software</i> . . . . .                            | 31        |
| 3.3.2    | Características de <i>Hardware</i> . . . . .                            | 32        |
| 3.4      | Equipamentos Utilizados . . . . .                                       | 33        |
| 3.4.1    | Equipamentos RFID . . . . .   | 33        |
| 3.4.2    | Raspberry Pi . . . . .  | 33        |
| 3.4.3    | Comparador LM311 e Relé . . . . .                                       | 34        |
| 3.4.4    | Sensor Laser . . . . .  | 37        |
| 3.5      | Funcionamento e Comunicação entre Equipamentos . . . . .                | 37        |
| 3.6      | Desenvolvimento do <i>Software</i> e Funcionamento do Sistema . . . . . | 38        |
| 3.6.1    | <i>Software</i> do Sistema . . . . .                                    | 38        |
| 3.6.2    | Funcionamento actual do Sistema . . . . .                               | 45        |
| <b>4</b> | <b>Testes e Resultados</b>  | <b>49</b> |
| 4.1      | Teste e Ensaio do Sistema . . . . .                                     | 49        |
| 4.1.1    | Primeiro Teste . . . . .  | 50        |
| 4.1.2    | Segundo Teste . . . . .   | 51        |
| 4.2      | Resultados do Ensaio . . . . .  | 57        |
| 4.2.1    | Resultados do Primeiro Teste . . . . .                                  | 57        |
| 4.2.2    | Resultados do Segundo Teste . . . . .                                   | 58        |
| <b>5</b> | <b>Conclusões</b>   | <b>63</b> |
| 5.1      | Trabalho Futuro . . . . .   | 64        |
|          | <b>Referências bibliográficas</b>                                       | <b>67</b> |

# Índice de tabelas

---

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 2.1 | Evolução do RFID . . . . .                                     | 11 |
| 2.2 | Banda de Frequências RFID . . . . .                            | 18 |
| 2.3 | Características do Sistema HDX e FDX . . . . .                 | 23 |
| 4.1 | Distância de Leitura entre os Equipamentos RFID . . . . .      | 58 |
| 4.2 | Resultado do Funcionamento do Sistema durante 2 Dias . . . . . | 61 |



# Índice de figuras

---

|      |  |    |
|------|--|----|
| 2.1  | Exemplos de Sistemas Embebidos . . . . .       | 6  |
| 2.2  | Comparação de Dois SBC . . . . .               | 8  |
| 2.3  | Sistema RFID . . . . .                         | 12 |
| 2.4  | Tag RFID . . . . .                             | 13 |
| 2.5  | Leitor RFID . . . . .                          | 13 |
| 2.6  | <i>Tags</i> Ativas e Passivas . . . . .        | 16 |
| 2.7  | <i>Tag</i> Semi-Passiva . . . . .              | 17 |
| 2.8  | Diagramas de Polarização . . . . .             | 19 |
| 2.9  | Antena em Portal . . . . .                     | 20 |
| 2.10 | Antena de HF . . . . .                         | 20 |
| 2.11 | Antena de Parede . . . . .                     | 20 |
| 2.12 | Estrutura EPC - 96 bits . . . . .              | 20 |
| 2.13 | Tipos de Acoplamento . . . . .                 | 22 |
| 3.1  | Alimentador Presente no Ovil da UTAD . . . . . | 26 |
| 3.2  | Funcionamento e Etapas do Sistema . . . . .    | 27 |
| 3.3  | Arquitetura do Sistema . . . . .               | 29 |
| 3.4  | Arquitetura do Sistema . . . . .               | 30 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 3.5  | Arquitetura do Sistema . . . . .  | 30 |
| 3.6  | Equipamentos RFID Utilizados . . . . .                                  | 34 |
| 3.7  | Módulo PCB Desenvolvido . . . . .                                       | 35 |
| 3.8  | Esquemático do PCB . . . . .  | 36 |
| 3.9  | Esquemático do PCB . . . . .  | 36 |
| 3.10 | Atuador Laser Utilizado . . . . .                                       | 37 |
| 3.11 | Diagrama da Primeira Máquina de Estados . . . . .                       | 39 |
| 3.12 | Diagrama da Segunda Máquina de Estados . . . . .                        | 40 |
| 3.13 | Esquemático do Leitor . . . . .   | 41 |
| 3.14 | Fluxograma do Sistema . . . . .   | 42 |
| 3.15 | Ficheiro de Configuração da Cancela 1 . . . . .                         | 44 |
| 3.16 | Ficheiro de Configuração da Cancela 2 . . . . .                         | 44 |
| 3.17 | Ficheiro de Configuração de ID de Ovelha . . . . .                      | 45 |
| 3.18 | Ficheiro de Configuração Principal . . . . .                            | 45 |
| 3.19 | Montagem do Sistema . . . . .   | 45 |
| 3.20 | Esquema Completo do Circuito . . . . .                                  | 46 |
| 3.21 | Esquemático de Ligações do Raspberry Pi . . . . .                       | 47 |
| 4.1  | Interface do <i>PuTTY</i> . . . . .                                     | 50 |
| 4.2  | Equipamentos e Ferramentas Utilizadas no Primeiro Teste . . . . .       | 51 |
| 4.3  | Compressor Presente no Ovil . . . . .                                   | 53 |
| 4.4  | Válvulas para a Abertura e Fecho da Cancela . . . . .                   | 53 |
| 4.5  | Atuador do Ovil . . . . .   | 54 |
| 4.6  | Cancela Individual do Ovil . . . . .                                    | 54 |
| 4.7  | Ligação à Fonte de Alimentação . . . . .                                | 55 |
| 4.8  | Montagem Geral da Ligação à Fonte de Alimentação e ao Atuador . . . . . | 55 |
| 4.9  | Ligação ao Atuador . . . . .  | 55 |
| 4.10 | Montagem Geral do Sistema . . . . .                                     | 56 |
| 4.11 | Montagem Geral do Sistema . . . . .                                     | 56 |
| 4.12 | Montagem Geral do Sistema . . . . .                                     | 56 |
| 4.13 | Teste de Equipamentos RFID Utilizados . . . . .                         | 57 |
| 4.14 | Atuação dos Sensores Laser . . . . .                                    | 59 |

|   |    |
|---|----|
| 4.15 Autorização para Abertura da Cancela . . . . .     | 60 |
| 4.16 Não Autorização para Abertura da Cancela . . . . . | 60 |



# Lista de acrónimos

---

## Lista de acrónimos

| <b>Sigla</b> | <b>Expansão</b>                          |
|--------------|--|
| AC           | <i>Alternating Current</i>               |
| API          | <i>Application Programming Interface</i> |
| ARM          | <i>Advanced Risc Machine</i>             |
| ASK          | <i>Amplitude Shift Keying</i>            |
| CSV          | <i>Comma-separated values</i>            |
| DC           | <i>Direct Current</i>                    |
| EPC          | <i>Electronic Product Code</i>           |
| FDX          | <i>Full Duplex</i>                       |
| FSK          | <i>Frequency Shift Keying</i>            |
| GPIO         | <i>General Purpose Input Output</i>      |

| <b>Sigla</b> | <b>Expansão</b>                                       |
|--------------|---|
| GPU          | <i>Graphics Processing Unit</i>                       |
| GSM          | <i>Global System for Mobile Communications</i>        |
| HDX          | <i>Half Duplex</i>                                    |
| HF           | <i>High Frequency</i>                                 |
| ID           | <i>Identification</i>                                 |
| IDE          | <i>Integrated Development Environment</i>             |
| ISO          | <i>International Organization for Standardization</i> |
| LDR          | <i>Light Dependent Resistor</i>                       |
| LED          | <i>Light Emitting Diode</i>                           |
| LF           | <i>Low Frequency</i>                                  |
| PCB          | <i>Printed Circuit Board</i>                          |
| RAM          | <i>Random Access Memory</i>                           |
| RF           | <i>Radio Frequency</i>                                |
| RFID         | <i>Radio Frequency Identification</i>                 |
| SBC          | <i>Single Board Computer</i>                          |
| SD           | <i>Secure Digital</i>                                 |
| SO           | Sistema Operativo                                     |
| SSH          | <i>Secure Shell</i>                                   |
| UHF          | <i>Ultra-High Definition</i>                          |
| USB          | <i>Universal Serial Bus</i>                           |

# 1

## Introdução

---

A identificação eletrónica dos animais pode proporcionar uma melhoria quantitativa e um ganho qualitativo na gestão dos dados próprios relacionados com os animais, o que permite prever que poderá haver uma melhoria significativa e globalizada a todos os processos da produção e comercialização animal. O consumidor poderá ter a garantia que o controlo veterinário foi insuspeito e concreto, o produtor tem a ter a certeza que o seu animal está triado e registado e que assim cumpre as exigências legisladas.

Da identificação eletrónica podem resultar soluções muito específicas para problemas existentes no sector pecuário, nomeadamente na identificação única dos animais e nas possibilidades, com elevada fiabilidade, de automatização e controlo da gestão zootécnica e veterinária dos animais da exploração. Uma melhor recolha de informação, desde a própria exploração até à base de dados contemplada com as atuais metodologias de trabalho, poderá conduzir à minimização de erros de origem humana, à poupança de tempo na recolha e processamento dos dados específicos de cada animal e ao aumento da confiança no produto final.

No seguimento desta temática, dois engenheiros agrónomos que trabalham para o U.S. Department of Agriculture (USDA), desenvolveram uma solução para a

monitorização do comportamento animal na alimentação, utilizando leitores de identificação por radiofrequência (RFID), antenas e multiplexadores para avaliar a saúde dos animais. O objectivo era obter o ID da *tag* personalizada de cada animal, sem alterar ou restringir o modo pelo qual os animais se alimentavam. Com os dados recolhidos, era possível identificar quais animais estão a comer, onde se juntam, por quanto tempo e com que frequência. Estas medidas fornecem informações sobre a resposta de cada animal às mudanças ambientais e também pode, potencialmente, identificar os animais doentes (Swedberg, 2013). Este sistema foi testado em gado suíno e instalado em 16 baias. Os leitores RFID utilizados neste sistema são de baixa frequência (LF) da Texas Instruments Series 2000. Os animais foram marcados com etiquetas RFID Allflex half-duplex 134.2 kHz, colocadas nas orelhas. Criaram também um *software* para o sistema operativo Windows, da Microsoft, que relaciona o número de identificação de cada animal com o local em que sua *tag* foi lida, e transfere essa informação para um arquivo de texto para futura análise.

Neste projeto e por forma a ajudar na produção animal, criou-se um *software* para controlar o acesso das ovelhas à comida. Este *software* permitirá a leitura da identificação electrónica de cada ovelha, validar se esta pode ou não comer, determinar a cancela onde poderá comer, e também registar a hora de início e fim da alimentação, contrariando assim eventuais efeitos de oportunismo alimentar por parte de ovelhas "dominantes".

## Motivação

A principal conquista do ponto de vista de Engenharia será conseguir transportar uma atualização tecnológica a diversas áreas, a área da produção animal não é exceção. A possibilidade de poder criar uma gestão mais ordenada e racional da distribuição alimentar de forma equitativa por todas as ovelhas do rebanho, podem ser fatores motivacionais para aplicações na área de produção animal.

Este trabalho em específico tem como base encontrar soluções tecnológicas e economicamente rentáveis por forma a tornar a produção animal das ovelhas no

Ovil da UTAD um processo mais automatizado, no qual os produtores poderão implementar os seus objetivos e metodologias de produção. Esta atualização passará por adicionar ao alimentador existente nas instalações, previamente pensado e utilizado para porcos, e que foi implementado através de leitores RFID que se encontram num estado detriorado, contuo contém também um sistema de cancelas diferenciadas, suportes laterais para colocação dos novos equipamentos a adicionar, e uma funcionalidade eletropneumática em bom estado para efetuar o controlo das cancelas. Estes componentes podem ser aproveitados para a implementação de um novo sistema de controlo, com diferentes tecnologias das anteriormente utilizadas, mais tecnológico e atualizado, que permita efetuar um controlo automático das baias onde se alimentam as ovelhas.

## Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é criar um sistema de controlo do Ovil da UTAD, através da implementação de tecnologias RFID, visando melhorar o processo de alimentação de pequenos ruminantes. Este sistema terá de ser capaz de solucionar não só o problema de dosagem da ração administrada aos animais, o controlo do acesso à própria ração, mas também a introdução de regras de alimentação, como por exemplo a criação de horários específicos de alimentação e por fim armazenar todo o registo da informação.

Como a componente eletropneumática do Sistema se encontra em boas condições, a ideia principal será tentar aproveitar esses recursos.

Os principais requisitos funcionais estão relacionados com a funcionalidade do sistema. Assim, este terá de ser capaz de detetar a presença de ovelhas a tentar comer, terá de ler o ID presente em cada uma das ovelhas, deverá abrir ou fechar a cancela mediante os padrões de alimentação escolhidos e deverá também registar todas as aberturas e fechos das cancelas. Como requisitos não funcionais, este sistema foi concebido para funcionar com recurso a um sistema embebido baseado em Linux, através de um SBC - *Single Board Computer*, um leitor RFID USB,

*tags* de 125kHz, um sensor Laser e também um *PCB* desenvolvido que contém um comparador LM311 e um relé.

## Organização da Dissertação

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, onde se inclui este capítulo de introdução, no qual é identificada a motivação inerente ao trabalho e os seus objetivos.

No segundo capítulo aborda-se o enquadramento tecnológico, onde se apresentam todas as tecnologias e materiais utilizados, bem como as suas características.

Passando para o terceiro capítulo, Conceção e Implementação, explica-se como é concebido e implementado o projeto, aprofundando-se todos os passos para a sua criação bem como os equipamentos utilizados.

É possível ver no capítulo quatro, Testes e Resultados, alguns testes efetuados ao funcionamento do sistema implementado bem como os resultados.

Numa última fase, Conclusões, podemos tirar algumas ilações do projeto e contemplar também, possíveis trabalhos futuros relacionados com este.

# 2

## Enquadramento Tecnológico

---

Cada vez mais, é recorrente utilizar as tecnologias RFID como soluções de monitorização para estudos em várias áreas do saber, e a pecuária é uma delas.

Assim sendo, neste capítulo, procede-se à apresentação das tecnologias utilizadas que permitem a implementação deste sistema. Para cada uma é descrita as suas características e funcionalidades, de modo a compreender-se o porquê da sua utilização.

### Sistemas Embebidos

Pode definir-se qualquer Sistema como um conjunto de unidades, que trabalham segundo um critério de regras (Hall et al., 1956). Os Sistemas Embebidos, podem definir-se como dispositivos onde se pode incluir um processo programável, e que não esteja virado para a computação genérica, estando assim ligado à realização de uma específica função na sua aplicação, processando a informação automaticamente (Campos, 2011) (Fernandes, 2004).

O nosso quotidiano é marcado por contatos e experiências de uso com Sistemas

Embebidos (como podemos ver na Figura 2.1), temos o exemplo simples de uma máquina de calcular, programada para realizar uma simples tarefa, realizar cálculos, ou um electrodoméstico como um micro-ondas. Estes dois exemplos, são sistemas embebidos devido à capacidade que têm de processar a informação que lhes é introduzida, e também pelo facto de não ser possível alterar o seu funcionamento base.

Em contrapartida a este tipo de Sistemas Embebidos, temos *gadgets* mais complexos, como por exemplo os *smartphones*, que, mesmo permitindo haver certo tipo de modificações no seu *software*, possuem restrições a nível de *hardware*.

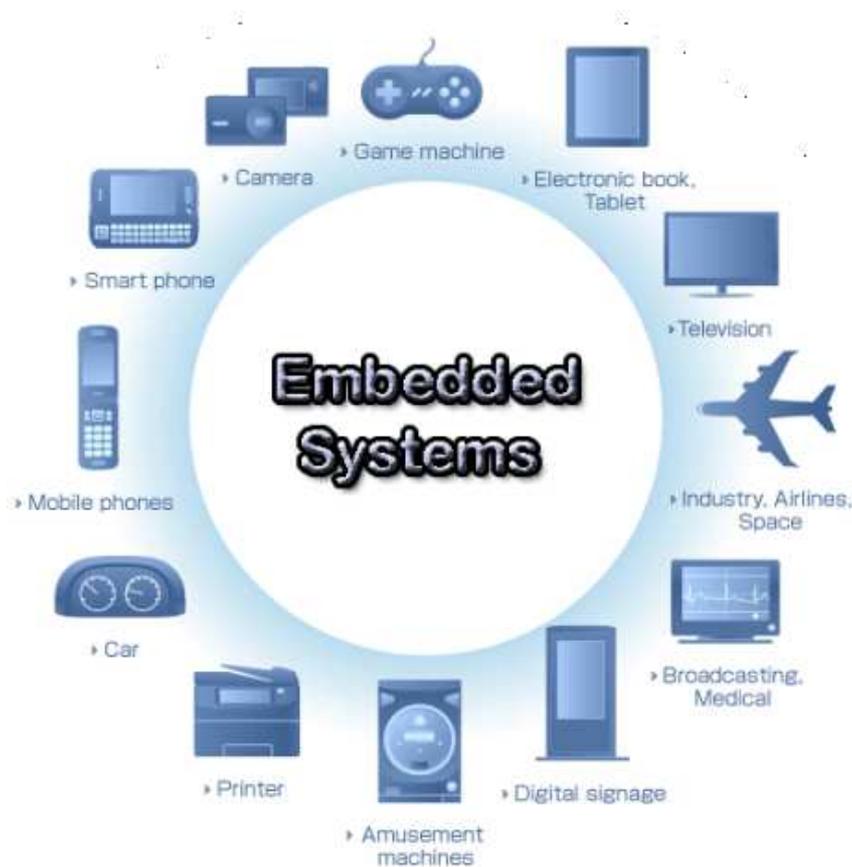


Figura 2.1 – Exemplos de Sistemas Embebidos (Bhatia, 2013).

Podemos então subdividir um Sistema Embebido em duas partes funcionais:

- *Software*: Podemos definir o *software* como toda a informação contida no cérebro do Sistema, todos os dados e programas que possibilitam que o Sistema atue e trabalhe nas funções para as quais é definido;
- *Hardware*: É o cérebro do Sistema e está ligado a toda a parte física do Sistema Embebido, onde estão presentes, quer os circuitos integrados quer os componentes mecânicos (Oliveira, 2013).

Podemos identificar como características principais de um Sistema Embebido:

- Funcionamento simples: Um sistema embebido realiza sempre a operação para a qual foi programada;
- Sistemas *Hardware-Software*: Este sistema tem de permitir uma parte programável específica e compatível com equipamentos que processem e realizem as funções que lhes são incumbidas.

Em geral podemos caracterizar os Sistemas Embebidos como rápidos e de fácil customização, reduzido consumo de energia, baixo custo e uma óptima performance (Point, 2015).

## SBC - *Single-Board Computers*

Nos Sistemas Embebidos, podemos incluir o *Single-Board Computer*, que irá neste projeto funcionar como um Controlador do Sistema Embebido. Um *Single-Board Computer* é um computador completo, construído numa placa de circuito única, contendo microprocessador, memória, entre outras funcionalidades que estão contidas num computador funcional. Ao contrário de um computador pessoal, os SBC geralmente não dependem de *slots* de expansão para funções periféricas (Corporation, 2016).

Atualmente, os SBC podem ser agrupados em duas categorias diferentes, proprietário e *open source*. Os SBC proprietários são frequentemente designs industrializados,

que passaram pelo mesmo tipo de teste que um produto final exige e são muitas vezes integrados em projetos de produtos finais prontos a utilizar. Os SBC *open source*, por outro lado permitem que os utilizadores alterem tanto o design e *layout* de *hardware*, bem como o acesso ao código-fonte do *software* instalado na placa. Este é ideal para todos os utilizadores, pois podem facilmente entender como o *software* e *hardware* funcionam e alterar o design para cumprir os seus requisitos pessoais ou simplesmente aprender como um equipamento funciona (Ortmeyer, 2014).

Os SBC atuais vêm com uma grande variedade de tipos de processadores, a maioria com GPU *on-board*. Esses processadores variam desde processadores baseados em X86 dos computadores tradicionais (AMD e Intel) até processadores ARM. O SO mais utilizado nos SBC é o Linux com inúmeras derivações incluindo Ubuntu, Fedora, Debian e Arch Linux, podemos ver na Figura 2.2 uma comparação entre dois dos principais SBC, bem como as suas características principais.

| Features                 | MIPS Creator CI20            | Raspberry Pi (Model B+)                      | BeagleBone Black  |
|--------------------------|---|---|--|
| SoC                      | Ingenic JZ4780  | Broadcom BCM2835  | Texas Instruments AM3358   |
| Main processor           | 1.2 GHz MIPS-based Xburst dual-core CPU (FPU, Xburst MXU)<br>L1: 32 KB I-cache + 32 KB D-cache<br>L2: 512 KB    | 700 MHz ARM1176JZF-S single-core CPU (no FPU, no SIMD/DSP)<br>L1: 16 KB I-cache + 16 KB D-cache<br>L2: 128 KB (shared with GPU) | 1 GHz ARM Cortex-A8 single core CPU<br>L1: 32 KB I-cache + 32 KB D-cache<br>L2: 256 KB                 |
| Graphics                 | PowerVR SGX540  | Broadcom VideoCore IV   | PowerVR SGX530   |
| Dedicated video hardware | MPEG-2, VC-1, H.264, VP8, MPEG-4, RV9 decoder (1080p at 60 fps)<br>H.264 encoder (1080 at 30 fps)               | MPEG-2, VC-1, H.264, MPEG-4 AVC decoder (1080p at 30 fps)<br>MPEG-2, VC-1, H.264, MPEG-4 AVC encoder (1080p at 30 fps)          | No dedicated video decoder/encoder   |
| Memory                   | 1 GB (32-bit DDR3)  | 512 MB (shared with GPU)  | 512 MB (DDR3)  |
| Camera                   | ITU-R BT.645 standard dedicated connector for CMOS cameras  | 15-pin MIPI camera interface (CSI) connector  | No dedicated camera connector  |
| Onboard storage          | 8 GB NAND flash<br>1 x SD, 1 x SD expansion slot  | No internal onboard storage<br>1 x MicroSD  | 4 GB 8-bit eMMC flash<br>1 x MicroSD   |
| USB 2.0 ports            | 1 x USB host, 1 x USB OTG device  | 4 x USB device (via the on-board 5-port USB hub)  | 1 x USB host, 1 x USB mini device  |
| Onboard network          | 10/100 Mbit/s Ethernet<br>802.11 b/g/n, Bluetooth 4.0   | 10/100 Mbit/s Ethernet (8P8C) USB adapter   | Fast Ethernet (MII based)  |
| Low-level peripherals    | 25 x GPIO, 2 x SPI buses with four chip selects, I <sup>2</sup> C, ADC, UART, standard 14-pin MIPS EJTAG header | 17 x GPIO, SPI bus with two chip selects, UART, I <sup>2</sup> C, I <sup>2</sup> S audio  | 2 x SPI buses, 2 x I <sup>2</sup> C, ADC, 4 x UART, 8 x PWM, LCD, GPMC, MMC1, 2 x CAN bus              |
| Size                     | 90.2 mm x 95.3 mm   | 85.60 mm x 56 mm  | 86.40 mm x 53.3 mm   |

Figura 2.2 – Comparação de Três SBC (Lehrbaum, 2014)

Mesmo que os SBC possam ser usados para um vasto leque de funções, muitos

foram originalmente concebidos para uma função ou aplicação específica. Um exemplo perfeito disso é o Raspberry Pi, que foi desenvolvido como uma ferramenta educacional para ajudar e incentivar as capacidades de programação dos alunos. O BeagleBone também foi desenvolvido para ajudar a educar e promover os benefícios da utilização de *hardware* e *software open-source* nos Sistemas Embebidos.

O sucesso a longo prazo de um SBC, como a maioria de outros produtos, depende muito da relação qualidade/preço. Além desta relação importa também avaliar o excelente suporte técnico que este tipo de produtos possui. Enquanto alguns SBC contam com um fornecedor específico ou entidades de suporte secundário, a maior parte dos SBC *open source* são suportados por uma comunidade de programadores bem constituída. Essas comunidades sustentam a funcionalidade base dos SBC, fornecendo atualizações de *software*, bem como projetos que mostram todo o seu potencial, ou até muitos acessórios que permitam a sua expansão (Ortmeyer, 2014).

## Raspberry Pi

Introduzido o conceito de SBC, a escolha deste para este projecto baseou-se nas características já referidas, a relação qualidade/preço, o baixo consumo energético, o excelente suporte técnico e diversas funcionalidades, o seu tamanho, o seu hardware bem estruturado, permitindo a instalação de diversos sistemas operativos, entre outros, o que me levou a utilizar o Raspberry Pi. Em termos técnicos, este trabalho beneficiará da utilização do Raspberry Pi devido às suas características, o facto de possuir entradas USB que permitem conexão via porta-série e 26 pinos GPIO que permitem uma interface física com equipamentos externos, sendo esta conectividade uma funcionalidade essencial para o desenvolvimento deste trabalho.

O Raspberry Pi, RasPi ou RPI, é um SBC inicialmente criado com intuito de ensinar programação a crianças. Foi criado e registado pela Raspberry Pi Foundation, uma instituição sem fins lucrativos do Reino Unido. Apesar da sua função inicial, o seu objetivo foi muito além da educação, tendo agora uma vasta área de aplicações, desde os conteúdos multimédia até aos jogos (Foundation, 2013).

O que torna o Raspberry Pi num modelo operacional, capaz e ao mesmo tempo tão pequeno são algumas características tais como um *System-on-Chip* Broadcom BCM2835, que contém um ARM1176JZFS. As duas portas USB incorporadas do Modelo B permitem conectividade suficiente para um rato e teclado. Para alimentar o Raspberry Pi basta ligar qualquer fonte de alimentação à porta micro-USB (Sparkfun, 2014).

## Java em Raspberry Pi

Para a realização deste projeto poderiam ter sido escolhidas várias plataformas e linguagens de programação como: C, C++, Java, entre outras. Cada uma com as suas características, vantagens e desvantagens, a linguagem de programação utilizada é Java. Pesou na escolha desta linguagem características tais como *Multi-Threading*, sendo possível suportar múltiplos processamentos, compatibilidade entre diversas plataformas sem haver a necessidade de alterar código, e também por ser uma linguagem orientada a objetos o que permite reutilizar o código produzido, reduzindo o tempo de desenvolvimento de aplicações. Numa aplicação Java é necessário um *software*, o *Java Runtime Environment*. Apesar dos benefícios do Java, convém avaliar que este possui um consumo elevado de memória RAM, por isso é sempre de extrema importância executar apenas os *softwares* essenciais para o Sistema Operativo, fazendo com que este disponibilize mais memória RAM para a utilização do Java.

## RFID - *Radio Frequency Identification*

Os sistemas RFID (*Radio Frequency Identification*) têm vindo a ganhar cada vez mais importância, já que se trata de uma área abrangente e com uma margem de progressão enorme, devido por exemplo a um mercado cada vez mais competitivo e aos avanços constantes da tecnologia. Estes sistemas permitem uma identificação à distância contrariamente a sistemas como código de barras, não precisando que

haja assim uma linha de contato e inclusive se analisarmos as *tags* RFID, estas podem conter informações adicionais tais como o tipo de produto, o fabricante e conseguem também medir e analisar fatores ambientais tais como a temperatura, e também fazer um rastreamento da localização de animais (Want, 2006) (Lizzi et al., 2014). Actualmente, os sistemas RFID estão presentes em tecnologias que cada vez mais se vão desenvolvendo, como por exemplo, a Via Verde.

Como é possível ver na Tabela 2.1, podemos ter uma pequena noção da evolução e história do RFID.

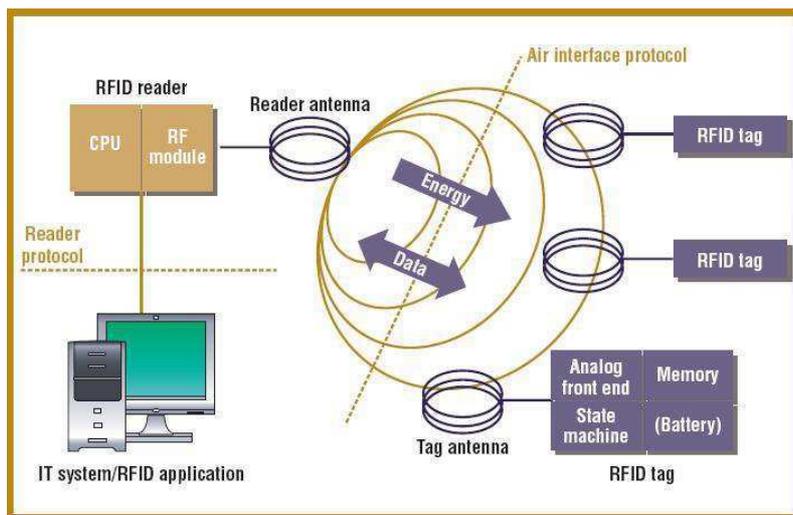
| Década    | Eventos  |
|-----------|--|
| 1940-1950 | Invenção e rápido desenvolvimento do radar durante a 2ª Guerra Mundial;<br>O princípio de funcionamento do RFID em 1948. |
| 1950-1960 | Primeiras explorações do RFID e experiências laboratoriais.  |
| 1960-1970 | Desenvolvimento da teoria do RFID;<br>Primeiras aplicações experimentais no terreno.                                     |
| 1970-1980 | Explosão no desenvolvimento do RFID;<br>Aceleração dos testes;<br>Implementações embrionárias do RFID.                   |
| 1980-1990 | Aplicações comerciais do RFID entram no mercado.   |
| 1990-2000 | Surgimento de standards;<br>RFID é largamente utilizado começando a fazer parte da vida de cada um.                      |

**Tabela 2.1** – Evolução do RFID  
(Gomes, 2007)

## Definição e Funcionamento de um Sistema RFID

A identificação por ondas rádio, mais conhecida por RFID (Radio Frequency Identification) consiste no envio de informação por meio de ondas eletromagnéticas para circuitos integrados. Este sistema permite a identificação, localização e monitorização de objetos ou animais recorrendo a ondas rádio. Os atuais sistemas de RFID levaram a que esta tecnologia assumisse um papel importante na indústria. É possível elencar diversas aplicações para esta tecnologia nas mais

variadas áreas, desde a identificação e localização de objetos, monitorização de pessoas, monitorização e controlo na área da zootecnia, através da Identificação Electrónica Animal. O seu princípio físico consiste na propagação de ondas electromagnéticas no espaço (Nasri et al., 2008) (Castro, 2011). Como é possível visualizar na Figura 2.3 está exemplificado um diagrama de um sistema RFID.



**Figura 2.3** – Sistema RFID  
(Floerkemeier and Fleisch, 2008)

Na tecnologia RFID é possível realizar remotamente o armazenamento e recuperação de informação utilizando um dispositivo chamado *tag*, que é um objecto de tamanho reduzido que poderá ser fixado ou integrado no componente que se pretende rastrear. Os sistemas RFID actuais têm uma arquitetura bastante simples e que se baseia em três componentes básicos:

- *Tag* (etiqueta): Componente essencial para o sistema RFID. Está associado ao recurso que se pretende identificar. Contém circuitos integrados e uma antena que lhe permite responder aos sinais de rádio enviados pelo leitor;
- Sistema de leitura (leitor e antena): é responsável pela leitura da informação enviada pela *tag*. Muitos dos leitores não possuem uma antena incorporada, mas os leitores mais recentes já têm essa funcionalidade;

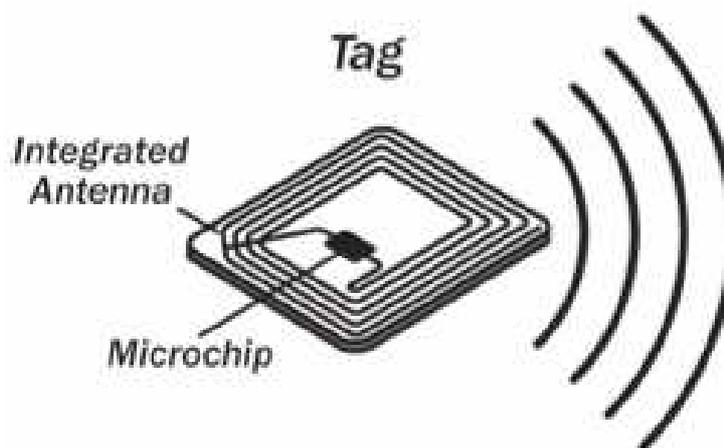


Figura 2.4 – Tag RFID  
(World, 2015)



Figura 2.5 – Leitor RFID  
(Group, 2017b)

- Servidor e *software (middleware)*: teoricamente, qualquer sistema RFID pode operar sem estes componentes, mas nesse caso torna-se praticamente inútil, apesar disso, este serve também para agregar toda a informação recolhida. (Luís, 2009).

## Dispositivos RFID

### *Tags*

Um sistema de identificação por radiofrequência usa *tags*, ou etiquetas, anexadas aos objetos a serem identificados. Os transmissores-recetores de rádio bidireccionais chamados leitores enviam um sinal para a etiqueta e lêem a respetiva resposta.

As *tags* RFID podem ser passivas, ativas ou semi-passivas. Uma *tag* ativa possui uma bateria embutida e transmite periodicamente o seu sinal de identificação. Uma *tag* semi-passiva possui uma pequena bateria e é apenas ativada quando recebe um sinal eletromagnético da parte do leitor RFID. Uma *tag* passiva é mais barata e menor porque não tem bateria; Em vez disso, a *tag* usa a energia de rádio transmitida pelo leitor. No entanto, para operar uma *tag* passiva, o leitor deve ser alimentado com níveis de potência aproximadamente mil vezes superior do que para a transmissão do sinal. Isso faz diferença na interferência e na exposição à radiação (Hallmen, 2016).

As *tags* podem ser somente de leitura, tendo um número de série atribuído pelo fabricante e é usado como uma chave, ou pode ser lido ou gravado, onde os dados específicos do objeto podem ser escritos na *tag* pelo utilizador do sistema. As *tags* programáveis podem ser escritas uma vez.

As *tags* RFID contêm pelo menos três partes: um circuito integrado para armazenar e processar informações que modulam e desmodulam sinais de radiofrequência (RF); um recetor de energia DC do sinal do leitor incidente; e uma antena para receber e transmitir o sinal. As informações da etiqueta são armazenadas numa memória não volátil. A etiqueta RFID inclui lógica fixa ou programável para processar a transmissão e a interação com outros sistemas, respetivamente (Hallmen, 2016).

### *Tags Ativas*

As *tags* ativas possuem um sistema de alimentação próprio que alimenta tanto o

*chip* como o sinal de comunicação. Esta característica permite-lhes um incremento na distância de leitura e transmissão, comparativamente às *tags* passivas, além disso contam com uma autonomia de vários anos. O rendimento destas, é também maior do que as *tags* passivas, sendo mais eficazes, mesmo com altos níveis de interferência. Devido à sua autonomia, é possível integrar sensores de temperatura, humidade, entre outros e também sistemas de armazenamento com maior capacidade e funcionalidade, embora o tamanho das *tags* tenha que aumentar significativamente. Posto isto, o custo e tamanho das *tags* ativas é maior que as *tags* passivas, sendo sempre melhor estudar e averiguar qual a melhor a utilizar mediante cada utilização. Assim sendo, as *tags* ativas são principalmente utilizadas quando for necessário um maior alcance e distância de leitura e transmissão, maior largura de banda, em ambientes sensíveis a interferências ou quando for necessário utilizar sensores integrados (Garfinkel and Rosenberg, 2006) (Ramakrishnan and Deavours, 2006) (Want, 2006).

### **Tags Passivas**

As *tags* passivas, não têm integrado um sistema de alimentação próprio, tendo assim que absorver a energia através do campo eletromagnético gerado pelos leitores de RFID. O sinal transmitido pelos leitores fornece assim energia suficiente para alimentar o *chip* da *tag* e enviar também um sinal de resposta. A onda eletromagnética propaga-se pelo ar até ao limite de potência fornecido pela antena. A *tag* consegue captar e fornecer energia ao chip para a processar (Rocha, 2008) (Want, 2006). A este processo chamamos modulação *backscatter*, a modulação é então, uma flutuação periódica na amplitude do sinal de rádio-frequência que é usada para transmitir dados da etiqueta para o leitor (Leal, 2004).

As antenas que são feitas para estas *tags*, devem absorver energia e também transmitir um sinal de resposta. Este sinal não é só capaz de enviar o número de identificação (ID), mas também informações armazenadas numa memória que pode ser integrada na *tag*.

Têm também um intervalo de leitura e transmissão curto, podendo variar desde centímetros até poucos metros, dependendo das frequências de transmissão e do

desenho das antenas. Este tipo de *tags* são usadas principalmente na indústria, em implantes, mas também numa grande quantidade de produtos e dispositivos pequenos, como adesivos, pulseiras, botões e brinquedos, visto que não possuem um sistema de alimentação (Lalley, 2004).

Podemos visualizar na Figura 2.6 exemplos de *tags* ativas e passivas.



Figura 2.6 – *Tags* Ativas e Passivas  
(Raabi, 2017)

### *Tags* Semi-Passivas

Estas *tags*, visível na Figura 2.7, possuem uma pequena bateria para alimentar o *chip*, que é somente ativada ao receber um sinal eletromagnético vindo do leitor/antena, sendo esta energia a única responsável por permitir a comunicação do *chip*, o que implica logo um menor consumo de energia, prolongando assim a duração da sua bateria, fazendo com que no geral se tornem também menos dispendiosas do que as *tags* ativas, contudo têm um raio de alcance inferior (Castro, 2011).



**Figura 2.7 – Tag Semi-Passiva**  
(Group, 2017a)

### Comparação entre *Tags* Ativas e Passivas

Podemos então afirmar que os sistemas RFID passivos utilizam *tags* sem fonte de energia interna e, em vez disso, são alimentados pela energia eletromagnética transmitida a partir de um leitor de RFID, o que lhes permite também possuir um tempo operacional de vida incerto. As *tags* RFID passivas são usadas para aplicações como controlo de acesso, controlo de animais, entre outros (Want, 2006).

As *tags* RFID ativas são mais precisas para a localização em tempo real, devido à sua funcionalidade em ambientes com interferências e também à transmissão contínua de sinais. As *tags* ativas fornecem um alcance de leitura muito maior do que as *tags* passivas, podendo chegar até 100 metros, mas também são muito mais caras (Smiley, 2016) (Anu et al., 2015).

### Bandas de Frequências

A frequência de rádio influencia diretamente o nosso sistema RFID e tem influência na distância de alcance de leitura e transmissão, velocidade de comunicação e na capacidade de penetração dos diferentes tipos de superfícies (Hassan and Chatterjee, 2006). Existe um espectro de bandas de frequência adequado, ora vejamos na Tabela 2.2 onde estão resumidas as bandas de frequência e diferentes sistemas RFID, bem

como as suas principais características e algumas aplicações. À primeira leitura podemos verificar que o aumento da frequência é inversamente proporcional à sua capacidade de propagação para ultrapassar eventuais obstáculos, a diminuição de frequência é diretamente proporcional à diminuição da distância de alcance (menos alcance - mais baratos / mais alcance + velocidade - mais dispendioso) (Hassan and Chatterjee, 2006).

| Banda de Frequência                      | Características   | Aplicações   |
|--|---|--|
| Low Frequency - LF<br><135KHz            | Velocidade de transmissão baixa;<br>Distância de leitura de apenas alguns centímetros;<br>Penetram água e tecidos musculares,mas não metal                    | Identificação animal;Controlo de acessos;<br>Controlo de inventários;<br>Imobilizar veículos |
| High Frequency - HF<br>13.56MHz          | Velocidade de transmissão moderada;<br>Distância de leitura de 1cm - 1.5m;<br>Penetram água e tecidos musculares,mas não metal                                | Controlo de bibliotecas;Smart Cards;<br>Controlo de acessos;<br>Transportes públicos.        |
| Ultra High Frequency - UHF<br>0.3-1.2GHz | Velocidade de transmissão elevada;<br>Suportam grandes distâncias de leitura;<br>Não penetram água,metais e tecidos musculares.                               | Portagens;<br>Localização de veículos  |
| Microwave<br>2.45 - 5.8 GHz              | Velocidade de transmissão elevada;Não penetram água,metais e tecidos musculares;<br>Resistência a fortes campos eletromagnéticos;Caros e requer muita energia | Linhas de produção automóvel   |

**Tabela 2.2** – Banda de Frequências RFID  
(Antunes, 2011)

## Leitores

Um leitor é um aparelho que permite ler dados da *tag*, transmitir energia para as *tags* RFID e também ser a interface com o servidor e *middleware*. O leitor encontra-se ligado a uma ou mais antenas para permitir a emissão e receção de ondas rádio. Podemos dividir um leitor em duas partes (Battezzati and Hygounet, 2006):

- A unidade de controlo é um microprocessador, que em tempo real permite controlar diversas antenas, e também o sistema operativo;
- A antena é a interface de comunicação entre a unidade de controlo do leitor e a *tag*.

Existem vários tipos de leitores, podendo inclusive ser fixos ou móveis. A interface de comunicação com outros dispositivos é possível visto que os leitores possuem diferentes tipos de comunicação como *RS-232* ou até *USB*.

Também podem comunicar com o *middleware* através de vários protocolos como Bluetooth e ZigBee. Atualmente os leitores são dotados para ler diferentes tipos de bandas de frequência.

## Antenas

As antenas são o factor chave de um sistema RFID. Possibilitam a comunicação entre os leitores e as *tags*. Em geral são alimentadas pelo leitor, por outro lado quando a *tag* está exposta ao campo eletromagnético, os elétrons percorrem a antena ativando o circuito integrado da *tag* (Alkhalidi, 2014) (Want, 2006). Conforme a aplicação, variam na forma e dimensão que determina a sua frequência de utilização. A sua eficiência é influenciada pelos seus diagramas de radiação e polarização. A polarização das antenas utilizadas em RFID pode ser do tipo linear ou circular, como podemos ver na Figura 2.8. As antenas com polarização circular são mais eficientes quando não se conhece a orientação da *tag*. Contudo as antenas com polarização linear permitem fazer leituras a maiores distâncias (Hassan and Chatterjee, 2006) (Chen and Qing, 2010). Podemos ver nas Figuras 2.9 2.10 e 2.11 exemplos e tipos de antenas.

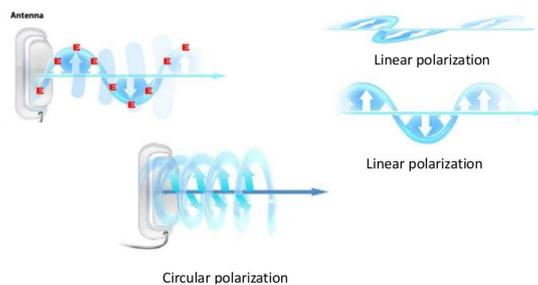


Figura 2.8 – Diagramas de Polarização (Alkhalidi, 2014)

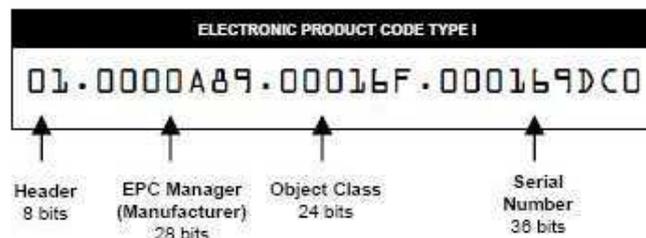
## EPC - *Electronic Product Code*

Uma das funcionalidades que permitiu a expansão dos sistemas RFID, foi a criação do EPC (Electronic Product Code). O EPC é um número de identificação único e



**Figura 2.9** – Antena em Portal (Xinlidahong, de HF (Chafon, 2017)). **Figura 2.10** – Antena de Parede (Zebra, 2017). **Figura 2.11** – Antena de Parede (Zebra, 2017).

universal para cada objecto físico e a sua numeração é utilizada para identificar o fabricante, o produto e o número de série de um objecto (a sua estrutura e regulamentos está definida no "EPCglobal Tag Data Standard", disponível no site oficial da EPCglobal.inc) (Gomes, 2008) (Leal, 2004). Cada *tag* RFID possui um EPC, onde a estrutura possui 96 bits e está ilustrada na Figura 2.12.



**Figura 2.12** – Estrutura EPC - 96 bits  
(Adhiarna and Rho, 2009)

## Tipos de Comunicação

O processo de comunicação nos sistemas RFID, designa-se por acoplamento e é feito através de um sinal de rádiofrequência entre a *tag* e o leitor, sinal esse que consegue transferir energia suficiente para manter a comunicação (Want, 2006). Os principais tipos de acoplamento são:

- Acoplamento de propagação: Neste tipo de acoplamento as *tags* refletem a mesma frequência emitida pelo leitor. O leitor envia um sinal para a *tag* e esta reenvia o sinal por reflexão. A possibilidade de extrair a energia do leitor, traz um ganho na durabilidade, fiabilidade, manutenção e nas condições térmicas a que é exposto. Parte da energia irradiada pelo leitor é aproveitada pelas *tags*, fazendo com que seja possível a reflexão da onda, visto que as ondas eletromagnéticas são refletidas por objetos de dimensão superior à metade do comprimento de onda do sinal enviado (teoria de radares). O termo utilizado para caracterizar a eficiência dessa reflexão é "*reflection-cross-section*", sendo que os objetos em ressonância com o sinal eletromagnético que os atinge têm um "*reflection-cross-section*" elevado (Rodrigues, 2006). Este tipo de acoplamento é usado nas *tags* passivas UHF que não necessitam de dispositivos de alimentação mas têm porém um transmissor ativo (Want, 2006).
  
- Acoplamento indutivo: No acoplamento indutivo, as *tags* são alimentadas através da energia induzida pelo campo magnético produzido pelo leitor. Este campo direciona a corrente por uma espiral na *tag* (por indução) comparativamente a um transformador que transfere energia entre duas bobinas. O campo criado é capaz de fornecer uma quantidade de energia tal, para o chip, que permite que este comunique com o leitor pela modulação de carga (semelhante ao acoplamento de propagação) (Want, 2006). Uma resistência da *tag*, "liga e desliga" gerando assim variações no campo magnético criando mudanças de amplitude de tensão na antena do leitor, permitindo assim que através destas variações, sejam interpretados os *bits* enviados pela *tag*. Este tipo de acoplamento é usado nas *tags* passivas LF e HF (Bridgelall, 2004) (Dias, 2012) (Rodrigues, 2006).

Na Figura é possível visualizar um esquema de funcionamento de ambos os tipos de acoplamento.

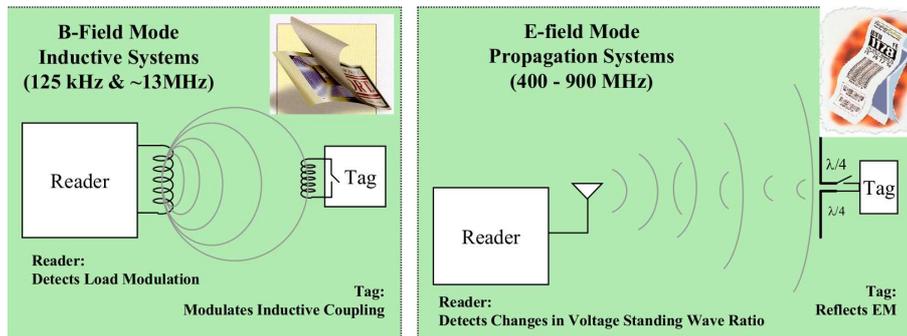


Figura 2.13 – Tipos de Acoplamento  
(Bridgelall, 2004)

## Identificação Electrónica Animal

A partir da identificação electrónica é possível obter soluções muito concretas para problemas existentes no sector pecuário no geral e no dos pequenos ruminantes em particular, nomeadamente no que respeita aos animais ficarem permanentemente identificados durante toda a sua vida útil. A evolução tecnológica tem permitido a que a fiabilidade desta identificação aumente cada vez mais. Existe já um grande número de países que implementaram medidas obrigatórias para a identificação dos animais domésticos, tais como a Nova Zelândia e Austrália (Floyd, 2015). Este sistema, não permite somente uma identificação única e inalterável dos animais, mas também as possibilidades de automatização e controlo da gestão dos animais de uma exploração. Assim sendo, podemos elencar algumas vantagens do uso da identificação electrónica animal, em algumas áreas tais como (Veterinária, 2009):

- Administração: Sistema fiável de controlo que garante melhorias a diversos níveis;
- Organização de grupos de Produtores: Controlo de toda a produção inerente aos animais;
- Produtores: Melhoria na gestão técnica das explorações por parte dos produtores;

- Autoridades sanitárias: Controlo de doenças animais;
- Matadouros: Registo e controlo automático da proveniência dos animais;
- Consumidores: Maior controlo do consumidor, perante a possibilidade de consultar e visualizar todo o historial do animal.

A Organização Internacional de Standards (ISO) desenvolveu dois standards para a identificação animal, ISO-11784 (*"Radio Frequency Identification for Animals - Code Structure"*) e ISO-11785 (*"Radio Frequency Identification for Animals - Technical Concept"*) (Floyd, 2015). Das tecnologias de identificação por rádio-frequência existentes, somente duas são reconhecidas por ambas as ISO para a identificação animal, a tecnologia HDX e FDX. A diferença entre ambas está no tipo de comunicação entre o leitor e o identificador. Na tecnologia FDX, a comunicação entre o leitor e a *tag* é contínua, ou seja, a resposta da *tag* é enviada assim que recebe a onda do leitor e continuamente envia a resposta até que o leitor pare de enviar a onda de rádio frequência. Na tecnologia HDX, a *tag* envia a resposta após o sinal do leitor cessar, enviando uma única resposta. Outro fator que diferencia ambas as tecnologias, é a modulação (processo de conversão de ondas digitais para analógicas). Em HDX, a modulação é FSK (Frequency Shift Keying) que consiste na modulação por variações na frequência das ondas. Em FDX, a modulação é ASK (Amplitude Shift Keying) que modula a onda, através de alterações ao nível de amplitude (Veterinária, 2009) (Vlajic, 2010). Pode visualizar-se na Tabela 2.3 uma pequena comparação entre ambas (Floyd, 2015) (Mclean and Sutton, 2012).

| <b>Protocolo</b> | <b>Full-Duplex</b>                 | <b>Half-Duplex</b>           |
|------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Modulação        | ASK                                | FSK                          |
| Frequência       | 129 - 133.2kHz<br>135.2 - 139.4kHz | 124.2kHz = 1<br>134.2kHz = 0 |
| Codificação      | DBP modificado                     | NRZ                          |

Tabela 2.3 – Características do Sistema HDX e FDX  
(Veterinária, 2009)



# 3

## Conceção e Implementação

---

Neste capítulo, efetuar-se-á de forma detalhada a apresentação e a forma de conceção de todo o Sistema que permitirá um rigoroso controlo do Alimentador, tal como, permitir a monitorização da actividade dos pequenos ruminantes. Serão também caracterizados todos os equipamentos utilizados, e também todo o processo de desenvolvimento e funcionamento do sistema, à data de escrita desta dissertação.

Como vimos no Capítulo 1, onde dois Engenheiros Agrónomos desenvolveram uma solução para controlo da alimentação animal, utilizando leitores de identificação por radiofrequência (RFID), tanto a identificação eletrónica como projectos relacionados, são uma área cada vez mais usual e utilizada.

O presente projeto vai em conta com essas temáticas e consiste no desenvolvimento de um sistema de monitorização de atividade animal, focalizando o caso de estudo na alimentação de pequenos ruminantes. O Sistema permitirá a monitorização de atividade animal através do controlo do Alimentador que está presente no ovil da UTAD, tornado-o assim mais eficaz e autónomo. Ao automatizar tanto o sistema em si como o alimentador, será possível fazer a gestão e racionalização do alimento, de forma equitativa entre todos os animais. Havendo esta racionalização, será também possível analisar os padrões de alimentação dos animais, de forma individual e

quando integrados no rebanho, fazer o relacionamento da quantidade de alimento ingerido com a produção de leite ou até desenvolvimento de determinadas condições de saúde, entre muitos outros aspetos que possam derivar de uma melhoria na qualidade da produção animal.

## Descrição do Sistema

O projeto proposto exige uma reestruturação do sistema que coordenava e geria o Alimentador (visível na Figura 3.1), que passa pela substituição de alguns componentes, tais como os leitores RFID utilizados por forma a tornar o sistema mais funcional e atualizado do que o anteriormente instalado. Esta atualização tem como função-base criar um sistema mais atual, funcional, não muito dispendioso, e prático de instalar e reparar. O Alimentador está definido para suportar a alimentação de pequenos ruminantes, especificamente gado ovino. Apesar deste Sistema estar orientado a gado ovino, pode ser aplicável a outro tipo de gado.



**Figura 3.1** – Alimentador Presente no Ovil da UTAD.

O processo de controlo do Alimentador vai ser coordenado e accionado em

concordância da leitura/proximidade das *tags* com o leitor RFID instalado, e com o sensor Laser, que detetará a presença dos animais aquando da sua aproximação do alimentador. Cada ovelha presente no ovil possui uma *tag* identificadora, que terá de ser colocada na zona da orelha. Imediatamente antes da cancela existe um sensor Laser que servirá para detetar a presença das ovelhas. O leitor RFID estará colocado na entrada da cancela para permitir uma rigorosa leitura das *tags* de cada ovelha. O sensor Laser servirá para detetar a presença das ovelhas e o relé conecta com o atuador do alimentador presente no Ovil, que permitirá efetuar a abertura e fecho da cancela. Explicando sucintamente o processo descrito na Figura 3.2, podemos analisar todo o processo do nosso sistema, para o controlo de uma cancela, sendo que posteriormente será utilizado e testado o sistema com duas cancelas controladas simultaneamente:

- 1 - Uma ovelha é detetada pelo sensor Laser;
- 2 - O SBC espera por leituras válidas das *tags*;
- 3 - Uma leitura válida faz com que o SBC atue sobre o atuador que procederá à abertura em caso válido ou fecho, caso a cancela esteja aberta;
- 4 - Abertura ou Fecho da cancela;
- 5 - Registo da abertura e fecho.

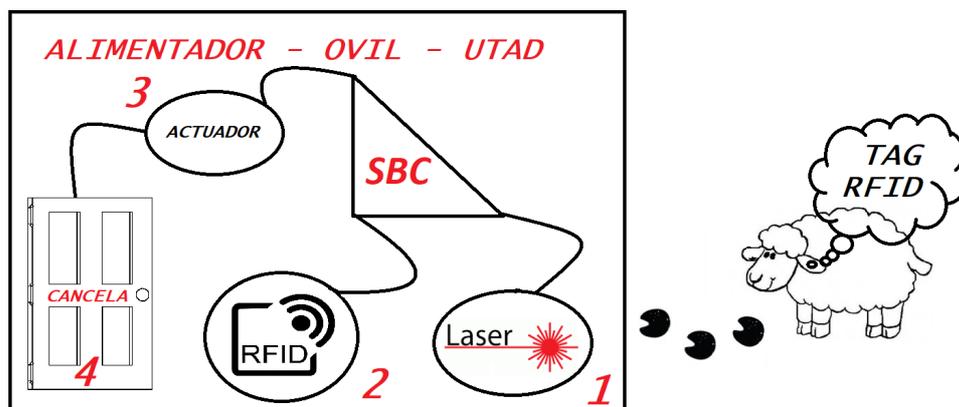


Figura 3.2 – Funcionamento e Etapas do Sistema.

Todo o sistema será alimentado por uma fonte de alimentação comercial. Para isso e analisando os atuadores presentes no Ovil poderá ser utilizada uma fonte de alimentação comercial de *INPUT:120-230-500V AC e OUTPUT: 24V - 10A DC*.

## Arquitetura do Sistema

Arquitetura de um Sistema refere-se a todos os módulos que o constituem e as suas interligações. Todos os constituintes do Sistema são importantes e estão relacionados entre si de forma a ser possível documentar e relatar a forma como se comportam. A arquitetura do Sistema permite-nos tomar as melhores decisões a nível de *software* e *hardware* podendo desta forma reduzir eventuais custos extra caso haja uma má gestão e planificação do Sistema. Em termos de *software* uma das mais importantes formas de projetar e desenvolver é a ampliação e globalização do seu desenvolvimento para ser possível incorporá-lo em diversas tecnologias *hardware*, não o singindo única e exclusivamente ao componente ou equipamento para o qual o estamos a projetar no momento. Em termos de *hardware* o principal foco é escolher sempre quais os equipamentos que permitem cumprir os requisitos e competências tecnológicas de uma forma mais viável, rentável e prática de utilizar.

Neste Sistema de Controlo, como é possível visualizar na Figura 3.3 podemos definir a arquitetura do sistema em 9 módulos distintos:

- Módulo 1 - *Tag* RFID (*hardware*);
- Módulo 2 - Leitor RFID (*hardware*);
- Módulo 3 - Raspberry Pi (*hardware*);
- Módulo 4 - Relé (*hardware*);
- Módulo 5 - Sensor Laser (*hardware*);
- Módulo 6 - Atuador (*hardware*);
- Módulo 7 - LM311 (*hardware*);

- Módulo 8 - Ficheiros de Configuração (*software*);
- Módulo 9 - *Software* do Sistema (*software*).

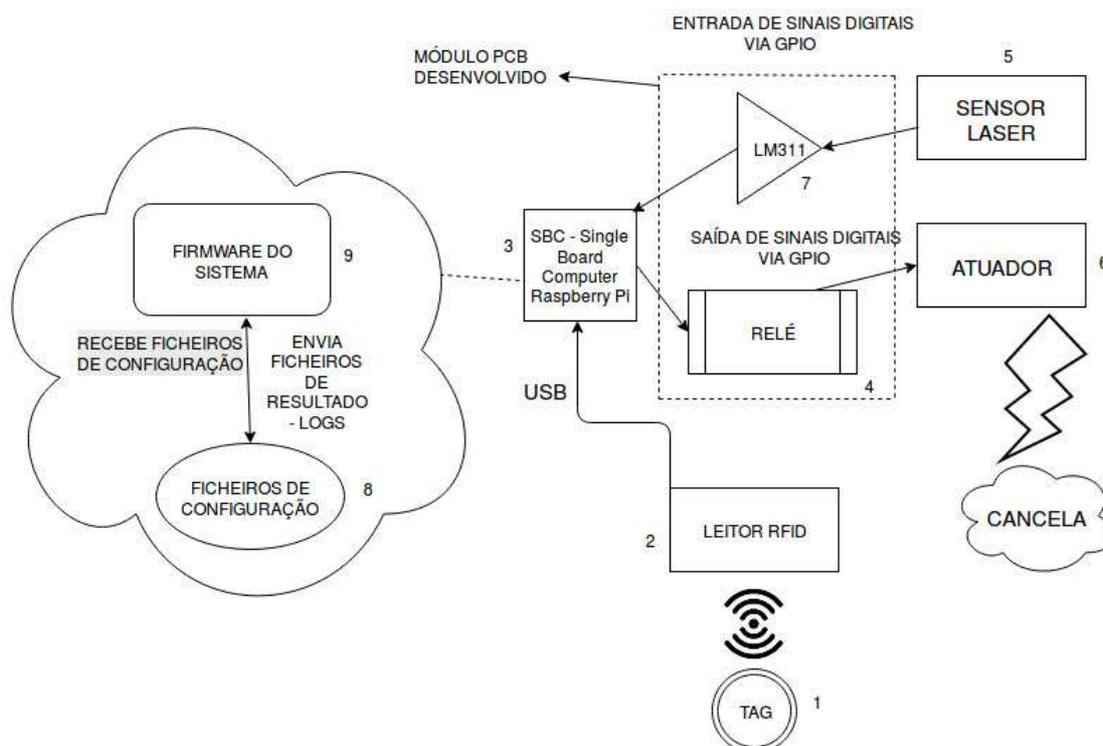


Figura 3.3 – Arquitetura do Sistema.

Pode ainda dividir-se a estrutura da arquitetura em dois esquemas diferentes. No esquema da Figura 3.4, inclui-se o módulo dos "Equipamentos" onde estão presentes a *tag*, o leitor RFID, sensor Laser, comparador e relé, o "*Software* do Sistema" que é responsável pela interligação entre os módulos e pelos mecanismos das funcionalidades do sistema, e os "Ficheiros de Configuração" onde estão presentes os ficheiros de informação de cada animal e também dos horários a que podem comer e, para onde posteriormente é gerada toda a informação para análise futura dos resultados inerentes do sistema (*logs*).

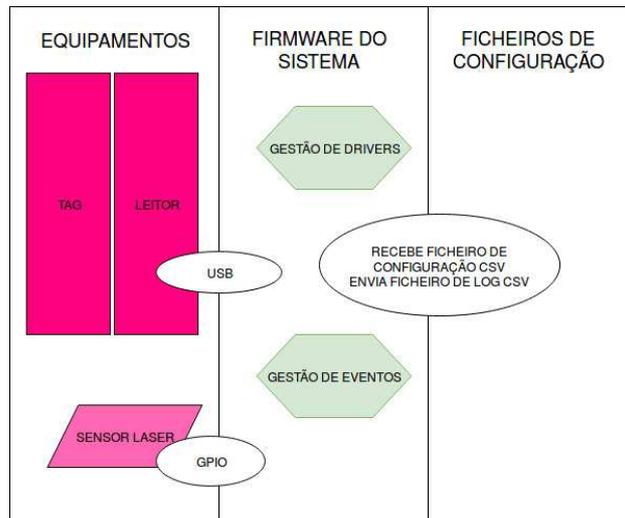


Figura 3.4 – Arquitetura do Sistema.

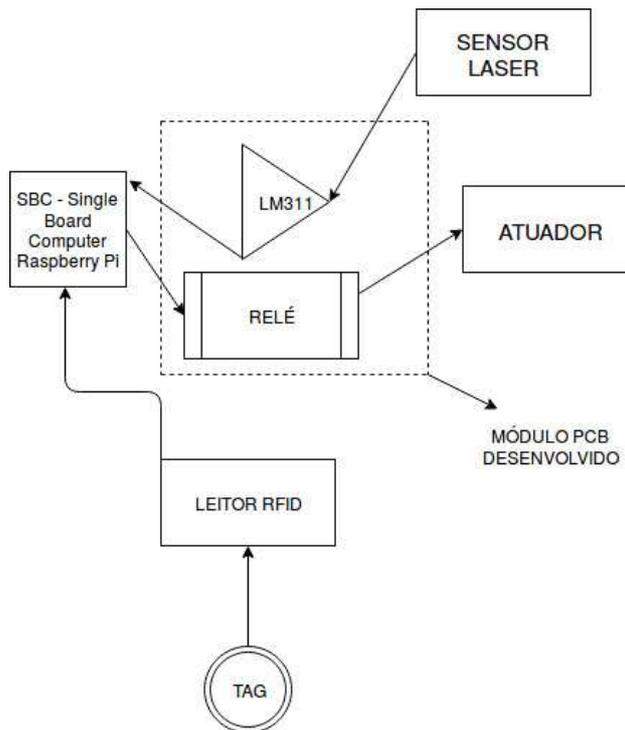


Figura 3.5 – Arquitetura do Sistema.

Já no esquema da Figura 3.5, está explícita na interligação e na forma de funcionamento de cada um dos 7 módulos, a *tag*, responsável pelo envio de

informação do ID de cada animal e que comunicará com o "leitor RFID", este por sua vez transmitirá ao Raspberry Pi a informação obtida. Em conjunto com o LM311, o Raspberry Pi cruzará a primeira informação recebida com a informação proveniente do sensor Laser que servirá para detetar a presença ou não de ovelhas, perto da cancela. Este processo permitirá ao Raspberry Pi, através do relé, accionar o atuador do alimentador para que este atue sobre a cancela, abrindo-a ou fechando-a.

## Características de *Software e Hardware*

Analisando a arquitetura do sistema, é tempo de explicar as características funcionais, de uma forma mais profunda e específica que os módulos presentes na Figura 3.3 devem impôr para a constituição do *hardware* e *software* do Sistema.

### Características de *Software*

Como já foi referido, o *software* divide-se em dois módulos distintos:

- *Software* do Sistema - As características principais deste módulo são: Receber sinais provenientes do sensor Laser - estes permitem averiguar se há ou não presença de animais para comer; Receber dados do leitor RFID - permite a comunicação deste com os dois módulos (*tag* e leitor), ou seja, recebe deste o ID de cada *tag* que permitirá identificar cada um dos animais. Através desta identificação é possível averiguar se o ID alterou (*tag* diferente), ou se deixou de haver leitura (*tag* inexistente); Comunicar com os ficheiros de configuração para cruzar os dados recebidos e averiguar qual o procedimento a seguir (abrir a cancela ou fechar a cancela); Enviar informação ao atuador - esta informação permitirá abrir a cancela em resposta afirmativa (Ovelha pode comer, agora, nesta cancela), ou não abrir (Ovelha não pode comer agora, ou Ovelha não pode comer nesta cancela) ou até fechar a cancela (Ovelha autorizada está a comer, é detetada outra Ovelha que não tem permissões por

- exemplo); Gerar ficheiros sobre o resultado (*logs*) - Todas as decisões tomadas serão armazenadas num ficheiro .CSV.
- Ficheiros de Configuração - As características principais deste módulo são: Fornecer os dados de configuração onde estão guardadas as informações e autorizações para cada animal (pode comer, onde e quando); Recebe os resultados (*log*) num ficheiro .CSV.

### Características de *Hardware*

Em relação às características do *hardware*, este divide-se, como anteriormente referido, em sete módulos diferenciados:

- *Tag* RFID - Transmitir o seu ID para o leitor;
- Leitor RFID - Receber os dados provenientes da *tag* RFID; Enviar os dados recebidos para posterior análise;
- Raspberry Pi - Permitir ligação ao módulo PCB (comparador e relé) e ao Leitor RFID, através de comunicação *USB* e *GPIO*; Executar e suportar o funcionamento do *Software* do Sistema;
- Relé - Permitir ligação ao Raspberry Pi, recebendo deste via *GPIO* informações para abertura e fecho da cancela e posterior ligação ao atuador eletropneumático;
- Comparador LM311 - Permitir ligação ao Raspberry Pi, enviando para este via *GPIO* os sinais do sensor Laser.
- Sensor Laser - Detetar a presença de ovelhas no comedouro; Envio de informação do seu estado (0 ou a 1 - Ativo ou Não Ativo);
- Atuador Eletropneumático - Suportar a comunicação *GPIO* do PCB desenvolvido; Receber informação para alteração do seu estado (0 ou a 1 - On/Off - Abre/Fecha).

## Equipamentos Utilizados

À data de escrita desta dissertação, e numa primeira fase de testes, a escolha dos equipamentos cumpre os requisitos presentes na secção anterior, podendo mesmo assim haver no futuro algumas alterações que cumpram ainda melhor o objetivo de todo este projeto, no imediato é possível obter um funcionamento estável do sistema. A utilização destes equipamentos, permite uma transição clara e acessível para equipamentos futuros que possam vir a ser utilizados. Posto isto, na presente secção apresentam-se os equipamentos e as suas características que permitiram a implementação de teste atual.

### Equipamentos RFID

Os equipamentos RFID utilizados para testar o *software* do sistema são, um leitor *RFID USB Reader - ID-12LA RFID Module - Sparkfun*, e as *tags* ativas que operam numa frequência LF de 125 KHz e alcance máximo tabelado até 10 cm de distância de leitura até ao leitor.

O leitor utilizado, apresentado na Figura 3.6 permite estabelecer uma conexão com o Raspberry Pi via USB. A escolha deste leitor prendeu-se com a facilidade de utilização e com o seu baixo custo.

A *tag* utilizada para teste permite facilmente transmitir os dados, possuindo um ID de identificação único, e não necessitando também de existir contacto com o leitor. Podemos observar a *tag* utilizada na Figura 3.6.

### Raspberry Pi

O Raspberry Pi é um SBC que suporta várias distribuições do sistema operativo Linux, sendo que a usada neste projeto foi uma distribuição baseada no Debian e otimizada para este dispositivo, o Raspbian. Este dispositivo, além de apresentar



Figura 3.6 – Equipamentos RFID Utilizados

consumos e dimensões reduzidos integra várias interfaces de comunicação como a de Ethernet, USB e GPIO, o que reduz a complexidade no desenho do sistema. A escolha deste SBC para este projeto teve que ver com a capacidade de suportar todos os requisitos e funcionalidades pretendidas, mantendo um impacto económico baixo, também pesou o facto de ser intuitivo e acessível de aprender e desenvolver. A versatilidade do Raspberry Pi permite uma utilização de diferentes componentes, facilitando assim possíveis mudanças de equipamentos do sistema.

## Comparador LM311 e Relé

Para averiguar a presença das Ovelhas, é utilizado o sensor Laser, e para permitir saber o seu estado, é utilizado um LDR, cuja resistência varia mediante a incidência de luz. Para transmitir essa informação para o Raspberry Pi é utilizado o comparador LM311 que compara a tensão do divisor resistivo do LDR (tensão variável) com a tensão do potenciómetro (tensão fixa), ou seja, quando a tensão do LDR é inferior que a do potenciómetro (3,3V) o output é zero, isto acontece quando o feixe Laser não incide sobre o LDR, o que se verifica quando existe uma ovelha perto da cancela. Quando a tensão do LDR (máximo 5V) é superior à do potenciómetro o output é 1, o que acontece quando o feixe Laser incide diretamente sobre o LDR, transformando assim o sinal analógico em digital, que faz acender o

LED verde e envia o sinal para o Raspberry Pi via *GPIO*. Através do processamento do Sistema, o Raspberry Pi, através do relé, atua para a abertura ou fecho da cancela, acendendo o LED vermelho em caso de abertura e desligando em caso de fecho, o relé Crydom DM063 estando ligado à fonte de alimentação e ao autômato do atuador eletropneumático do Alimentador, ordena a abertura e fecho da cancela.

Tanto o comparador como o relé foram colocados num módulo PCB, presente na Figura 3.7, que foi desenvolvido de forma a minimizar ao máximo a utilização de componentes externos para o funcionamento do Sistema, e assim permitir uma comunicação e ligação entre o Raspberry Pi, o sensor Laser, o relé e o atuador eletropneumático do Alimentador. Este módulo contém pinos *GPIO*, três resistências, um potenciômetro, um comparador LM311, dois Leds e um relé Crydom DM063.

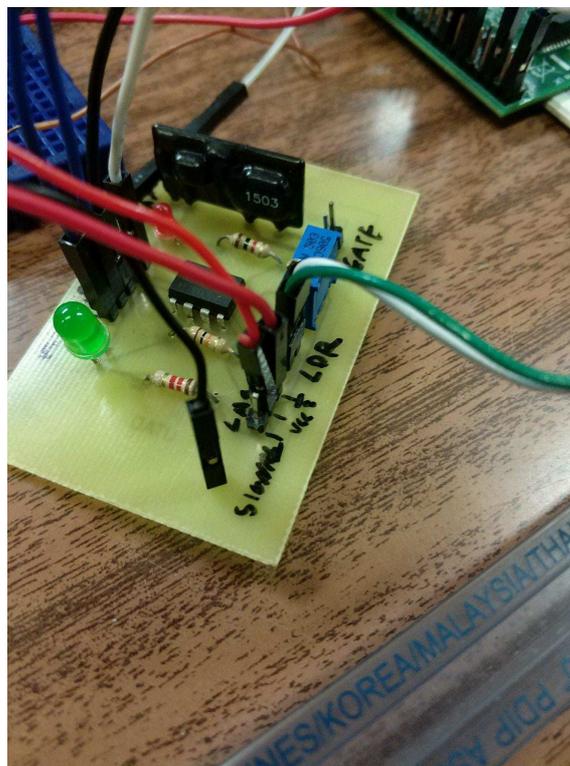


Figura 3.7 – Módulo PCB Desenvolvido

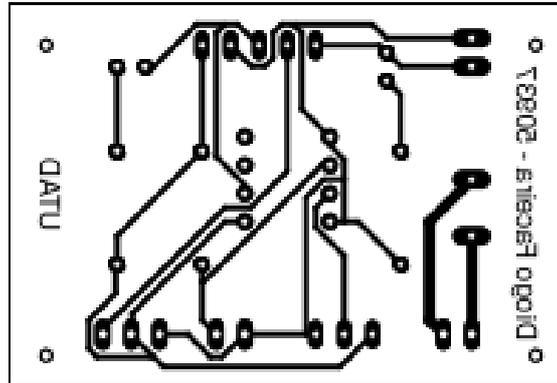


Figura 3.8 – Esquemático do PCB

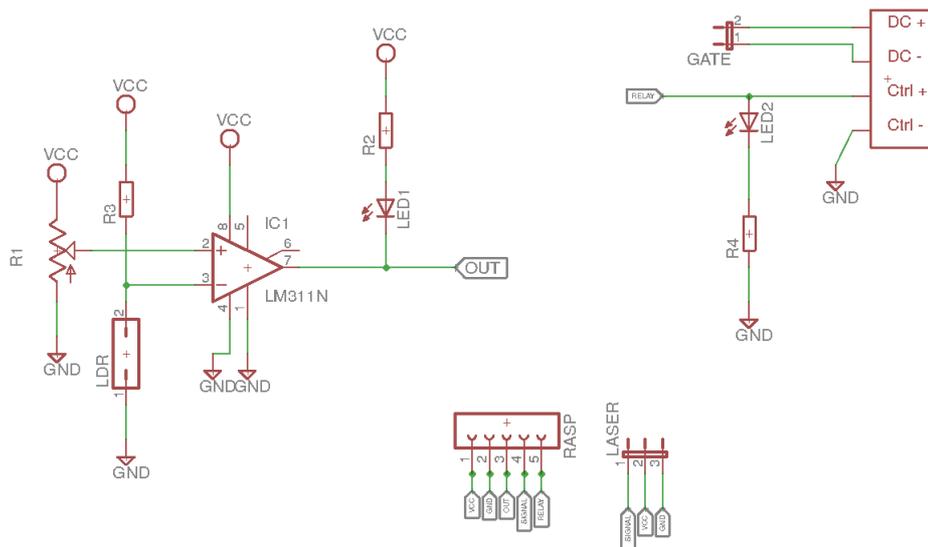


Figura 3.9 – Esquemático do PCB

Nas Figuras 3.8 e 3.9 podemos visualizar o modelo esquemático de ligações e funcionamento do PCB. Analisando o circuito da Figura 3.9, podemos verificar que o potenciômetro (R1) está ligado ao comparador LM311 na entrada 2 (*non-inverting comparator*) e o LDR à entrada 3 (*inverting input comparator*), à saída do comparador (7 - *output collector comparator*) temos o LED. Relativamente ao relé a entrada *Control+* está ligada ao LED e ao Raspberry Pi, a alimentação (DC) está ligada diretamente ao atuador eletropneumático.

## Sensor Laser

O sensor Laser utilizado é feito entre o atuador Laser, Figura 3.10, e um LDR e tem como função detetar a presença/ausência de ovelhas no comedouro. A direcção de envio do feixe está orientada para o LDR para ser possível como já foi referido a transformação do sinal para posterior interpretação pelo Sistema.

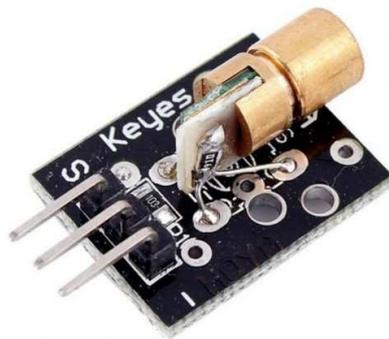


Figura 3.10 – Atuador Laser Utilizado

## Funcionamento e Comunicação entre Equipamentos

Recuperando o diagrama da Arquitetura do Sistema, presente na Figura 3.5, podemos avaliar o funcionamento e comunicação entre os equipamentos de uma forma mais expedita.

*Tag* e Leitor RFID:

A *tag* utilizada é do tipo passivo no espectro da faixa de frequências LF (*Low Frequency*), mais concretamente na frequência de 125kHz, desta forma, quando a *tag* se aproxima do leitor, o campo de radiofrequência do leitor alimenta a sua comunicação, permitindo assim a leitura e transferência de dados.

Leitor RFID e Raspberry Pi:

A ligação entre o leitor RFID e o Raspberry Pi é feita via USB.

Raspberry Pi e Módulo PCB desenvolvido:

A ligação entre o Raspberry Pi e o PCB é feita através dos pinos *GPIO* do PCB.

Sensor Laser e Módulo PCB desenvolvido:

A ligação entre o atuador Laser, o LDR e o PCB é feita através dos pinos *GPIO* do PCB e posteriormente transmitido da mesma forma ao Raspberry Pi.

## Desenvolvimento do *Software* e Funcionamento do Sistema

### *Software* do Sistema

O Sistema Operativo base que permite a conceção e desenvolvimento deste sistema e que está instalado no Raspberry Pi, é o Linux, na sua variante Raspbian. Esta distribuição Linux oferece muitos pacotes que estão pré-compilados para serem facilmente utilizados no Raspberry Pi ([Raspbian, 2012](#)).

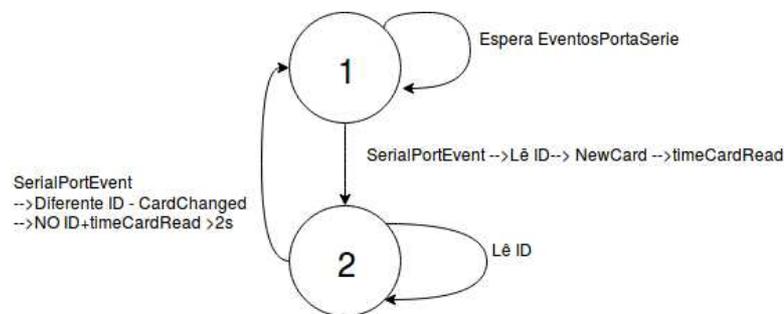
O *software* desenvolvido é composto por duas máquinas de estados, a primeira permite determinar qual o ID da tag de cada ovelha que está no comedouro a tentar comer, através do processamento dos dados recebidos do sistema RFID. A segunda permite efetuar o controlo da cancela e criar o ficheiro de registo para cada atuação, onde estão contidos registos do nome da ovelha, do ID da cancela, das horas e se abriu ou fechou a cancela, através do processamento dos dados provenientes da primeira máquina de estados e do sensor Laser.

Na primeira máquina de estados, Figura [3.11](#) temos dois estados diferentes:

- 1 - No estado IDLE - 1, o leitor espera pela presença de uma *tag* (presentes em cada ovelha), e quando o leitor detetar uma *tag* (nova ovelha), guarda o seu

ID num *buffer* que é guardado como o último ID a ser lido, bem como a hora da leitura e transita para o segundo estado;

- 2 - No segundo estado (HADCARD - 2) o leitor continua a aguardar pela leitura das *tags*, e se houver alteração do ID da *tag* da ovelha (comparativamente à última leitura), é guardado o diferente ID como outra ovelha, bem como a hora da leitura, voltando ao primeiro estado, por outro lado se não existir nenhuma leitura, passado dois segundos desde a última leitura, volta ao primeiro estado. Os resultados e leituras provenientes da atuação desta máquina de estados são posteriormente utilizados na segunda máquina de estados.



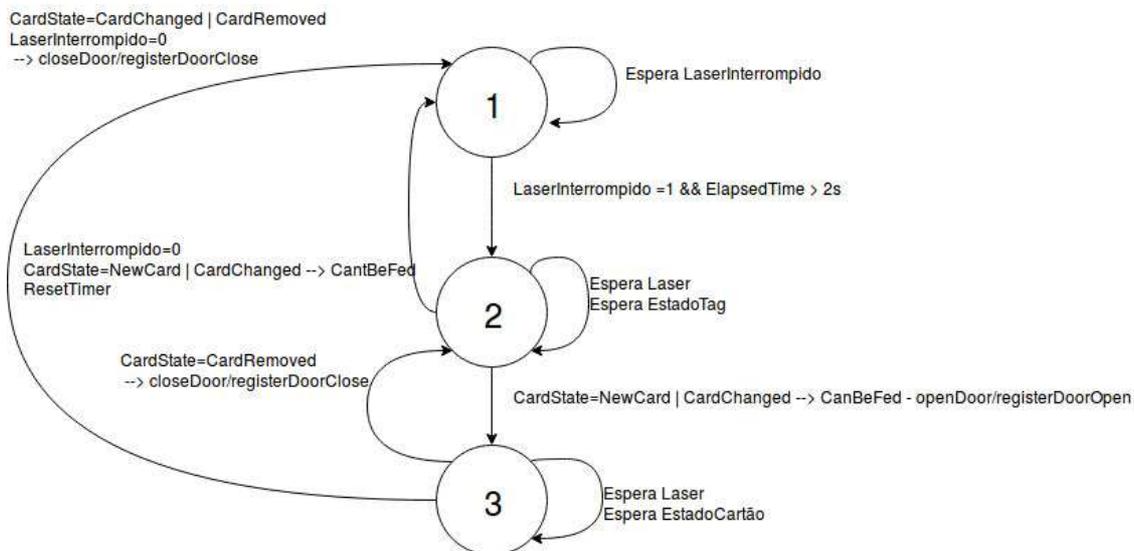
**Figura 3.11** – Diagrama da Primeira Máquina de Estados

Na segunda máquina de estados, Figura 3.12, existem três estados:

- 1 - No estado (PORTAIDLE - 1) é possível saber quando o sensor Laser muda de estado (*true/false*), ou seja, quando é detetada a presença de uma ovelha. Quando o feixe Laser está interrompido por mais de dois segundos, há uma transição para o segundo estado, significando que existe a presença de ovelha e esta poderá tentar comer;
- 2 - Neste estado (PORTAWAITCARD - 2), através das leituras resultantes da primeira máquina de estados, se obtivermos uma leitura válida de uma *tag*, mesmo não sabendo ainda se a ovelha está autorizada a comer, é invocado o método *CanBeFed* onde é feita a comparação da leitura da *tag* com a dos ficheiros de configuração a fim de perceber se pode ou não se alimentar naquela hora e naquela cancela. Em caso positivo, é accionada a abertura da cancela e

efetuado o registo da abertura no Ficheiro de *Log*, transitando para o terceiro estado, em caso negativo, volta para o primeiro estado. Por outro lado, se o sensor Laser deixar de estar interrompido, significando que a Ovelha deixou de tentar comer, volta ao primeiro estado;

- 3 - No terceiro estado (PORTAABERTA - 3), é continuamente efetuado o processamento das leituras recebidas da primeira máquina de estados e também do sensor Laser. Se o ID da *tag* tiver sido alterado, ou seja, houver uma ovelha diferente a tentar comer e não esteja autorizada, é accionado o fecho da cancela e efetuado o registo do fecho, voltando ao primeiro estado. Se não houver nenhuma leitura, é ativo o fecho da cancela e realizado o registo do fecho e volta ao segundo estado. Por outro lado, se o sensor Laser deixar de estar interrompido, é efetuado o fecho da cancela e é registado o seu fecho, e volta para o estado inicial.



**Figura 3.12** – Diagrama da Segunda Máquina de Estados

Conforme dito, a linguagem de programação utilizada para conceber o *software* foi a linguagem *Java*. Esta linguagem permite a utilização de bibliotecas de *Input/Output* para o Raspberry Pi, tais como o "*Pi4J*". O *Java* permite comunicação via porta-série mas é necessário instalar uma biblioteca externa, que neste caso foi o "*RxTx*".

Na primeira máquina tiramos partido das funcionalidades da biblioteca *RxTx*, sendo que no primeiro estado obtemos os dados das leituras e o tipo de eventos da porta-série. No segundo estado o leitor continua a processar a leitura dos dados das *tags*. Além destas funcionalidades, a leitura de dados e eventos da porta-série teve de ser complementada com outro recurso, que é a leitura contínua das *tags* da parte do leitor, o que não acontece na sua função-base. Para isto ser possível, e visto que o Leitor tem uma funcionalidade que permite averiguar se existe alguma *tag* no seu alcance de leitura (pino 6 - *TaginRange*), é possível verificar que quando o pino fica com o valor lógico 1 existe uma *tag* no seu raio de leitura. Esta funcionalidade permite também detetar de uma forma mais fácil, quando uma *tag* deixou de estar no seu campo de leitura, ou seja, quando não temos nenhuma ovelha a comer. Para permitir esta utilização e também a ligação aos pinos do Raspberry Pi, utilizou-se um divisor resistivo para baixar a tensão de 5V emitida pelo Leitor para 3,3V que é a tensão máxima que os pinos do Raspberry Pi podem suportar. Na figura 3.13 podemos visualizar o esquemático do Leitor RFID.

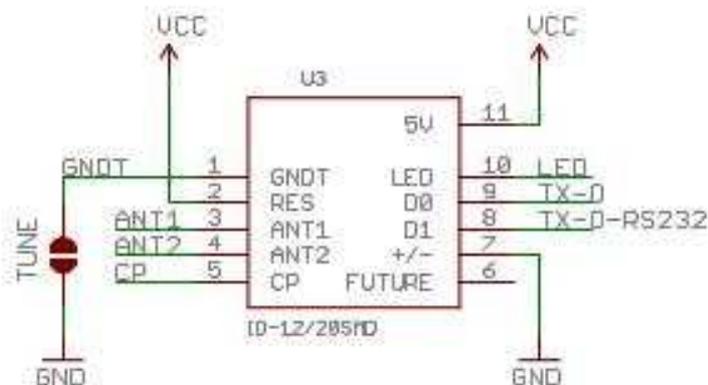


Figura 3.13 – Esquemático do Leitor

A segunda máquina utiliza também as funcionalidades da biblioteca do *"Pi4J"*. No primeiro estado são utilizados métodos de deteção de eventos nos pinos do Raspberry Pi para permitir averiguar a ocorrência de mudança de estado do sensor Laser, para saber se existe ou não existe alguma ovelha a tentar comer. No segundo estado, através das leituras das *tags* e também do sensor Laser, é feita a comparação com os

ficheiros de configuração para averiguar se a Ovelha pode comer, de forma a permitir a abertura da cancela. O terceiro estado tem uma função semelhante ao segundo estado mas no sentido inverso, sendo que ao invés de analisar e comparar as *tags* que estão a ser lidas, com as condições contidas nos ficheiros de configuração para permitir a abertura da cancela, são analisadas e comparadas as condições mas para proceder ao fecho da cancela.

A parte principal do sistema está presente na função *main()* e é possível ver na Figura 3.14.

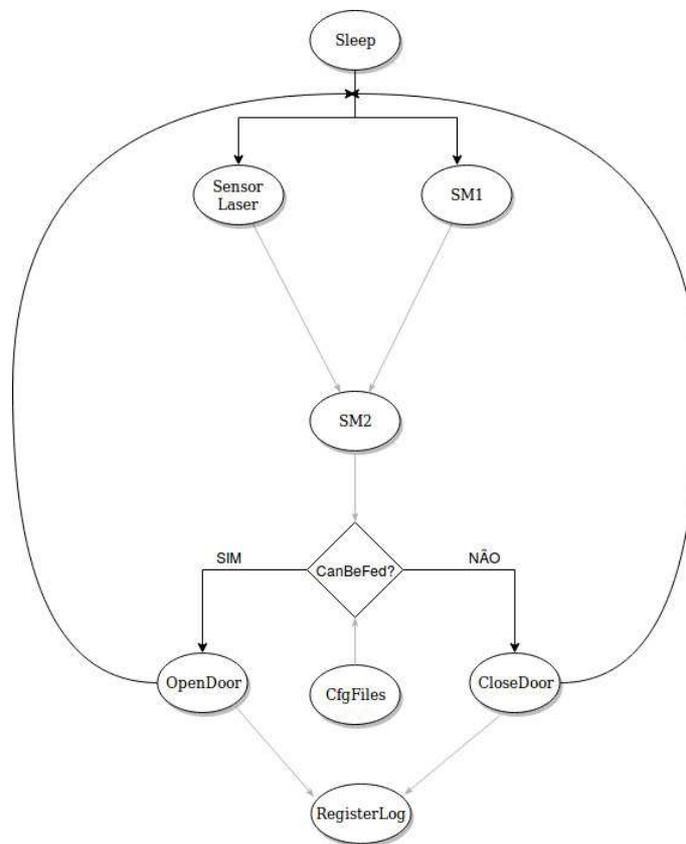


Figura 3.14 – Fluxograma do Sistema

O sistema encontra-se em modo *Sleep* e quando existem leituras das *tags* é executada a primeira máquina de estados - SM1. A máquina de estados dois - SM2, através das leituras e dos dados da primeira máquina de estados, do sensor Laser e dos Ficheiros

de Configuração e efetua o processamento com o objetivo de averiguar se a ovelha pode ou não comer, em simultaneidade com a função *CanBeFed*.

Esta função é baseada no conceito de *Hashing*, mais concretamente *HashMaps*, que estão relacionados com o conceito de pares associados entre chaves e valores, ou seja, cada chave de uma lista (como por exemplo o nome de uma Ovelha) tem um valor específico associado (o ID da *tag* relativo ao seu nome), sendo assim mais rápido de fazer pesquisas ou comparações dos nossos dados nos ficheiros.

Através da função é possível então comparar o ficheiro de configuração principal onde estão incluídos, o nome de uma Ovelha (associado a um ID de uma *tag*), o ID da cancela e o/os intervalos de horas em que esta pode comer, com o ID da *tag* e as horas a que uma determinada Ovelha está a tentar comer. Através desta comparação é possível fazer uma triagem da possibilidade ou impossibilidade de estas se poderem alimentar. Caso esteja autorizada, a máquina de estados dois executa a abertura da cancela, caso a cancela esteja aberta e se a Ovelha não estiver autorizada a comer ou deixar de haver uma Ovelha a tentar comer, executa o fecho da cancela, e em ambos os casos é invocada a função de registo (*RegisterLog*), que tem como principal função o incremento num ficheiro do registo dos resultados.

Os *CfgFiles* estão separados em quatro ficheiros distintos:

O primeiro possui o número de cancelas a ser controladas pelo sistema (que neste projeto em específico serão duas).

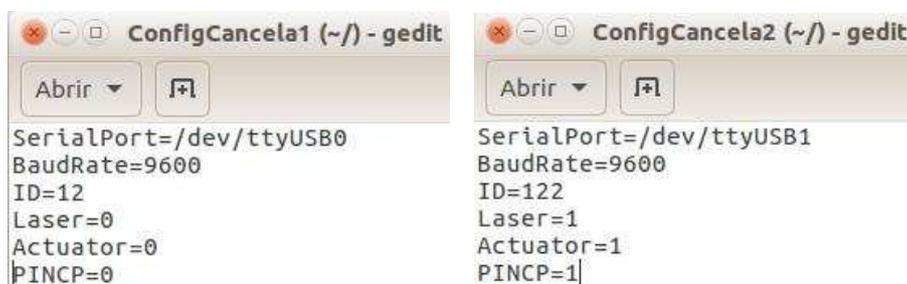
O segundo, Figuras 3.15 e 3.16, possui as configurações do número de cancelas controladas pelo sistema e também os dados de controlo usados, como por exemplo, o número da porta-série usado *SerialPort* e o *BaudRate*, o ID da cancela, o pino do Raspberry Pi usado como *input* que permite detetar a presença das Ovelhas, ligado ao sensor Laser (*Laser*), o pino usado como *output*, que permite efetuar a abertura e fecho da cancela, ligado ao relé (*Actuator*) e o pino que permite acrescentar a funcionalidade de leitura contínua das *tags*, como já vimos anteriormente - *PINCP*.

Estas propriedades são utilizadas como referência para o funcionamento do *software*.

Em cada um destes ficheiros foram definidos 3 pinos (*laser*, *actuator* e *PINCP*) com 0 e 1 para a primeira e segunda cancela, respetivamente. No *Software* foi implementada uma máquina de estados para cada um destes pinos, sendo que por exemplo, o pino que está ligado ao relé no caso 0 (Cancela 1) será o pino 25, e no caso 1 (Cancela 2) será o pino 18. Esta funcionalidade está implementada para os restantes dois pinos, e tem como principal objetivo permitir que caso haja necessidade de se alterar os pinos do Raspberry Pi associados a cada um dos equipamentos, se faça esta mudança diretamente no código do *Software* e não nos ficheiros de configuração.

O terceiro ficheiro, Figura 3.17, possui a associação dos nomes atribuídos às Ovelhas com o ID das *tags* que cada uma está a utilizar.

No quarto ficheiro, Figura 3.18, temos o ficheiro de configuração principal que associa assim o nome da Ovelha, ao ID da cancela ou cancelas onde esta pode comer e também ao intervalo de horas em que está autorizada a comer. Por fim, o *SheepLog* (ficheiro de registo) é também um ficheiro .CSV que contém o registo da hora de fecho e abertura da cancela, o nome da Ovelha e o ID da cancela onde esta comeu.



**Figura 3.15** – Ficheiro de Configuração da Cancela 1      **Figura 3.16** – Ficheiro de Configuração da Cancela 2



Figura 3.17 – Ficheiro de Configuração de ID de Ovelha de Figura 3.18 – Ficheiro de Configuração Principal

## Funcionamento actual do Sistema

Na Figura 3.19 podemos visualizar a montagem e protótipo do sistema implementado.

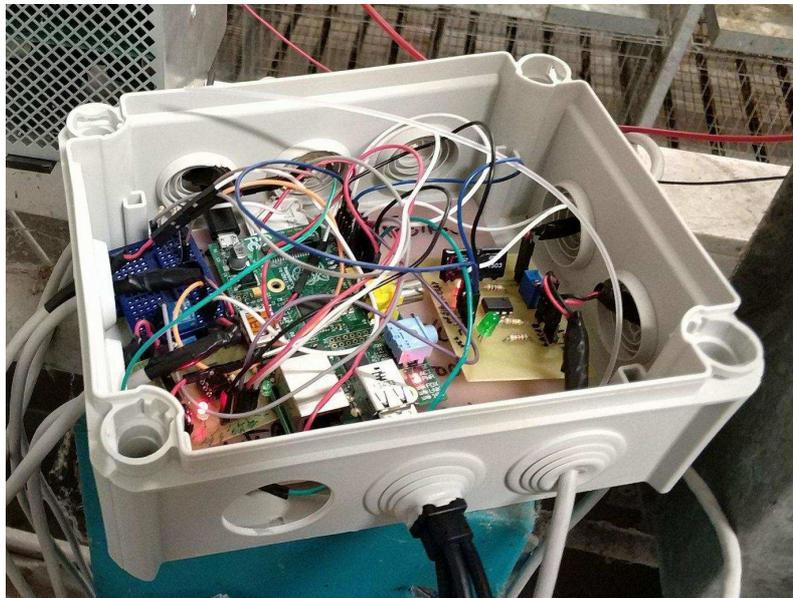


Figura 3.19 – Montagem do Sistema

Na Figura 3.20 podemos visualizar o esquema completo do circuito do sistema.

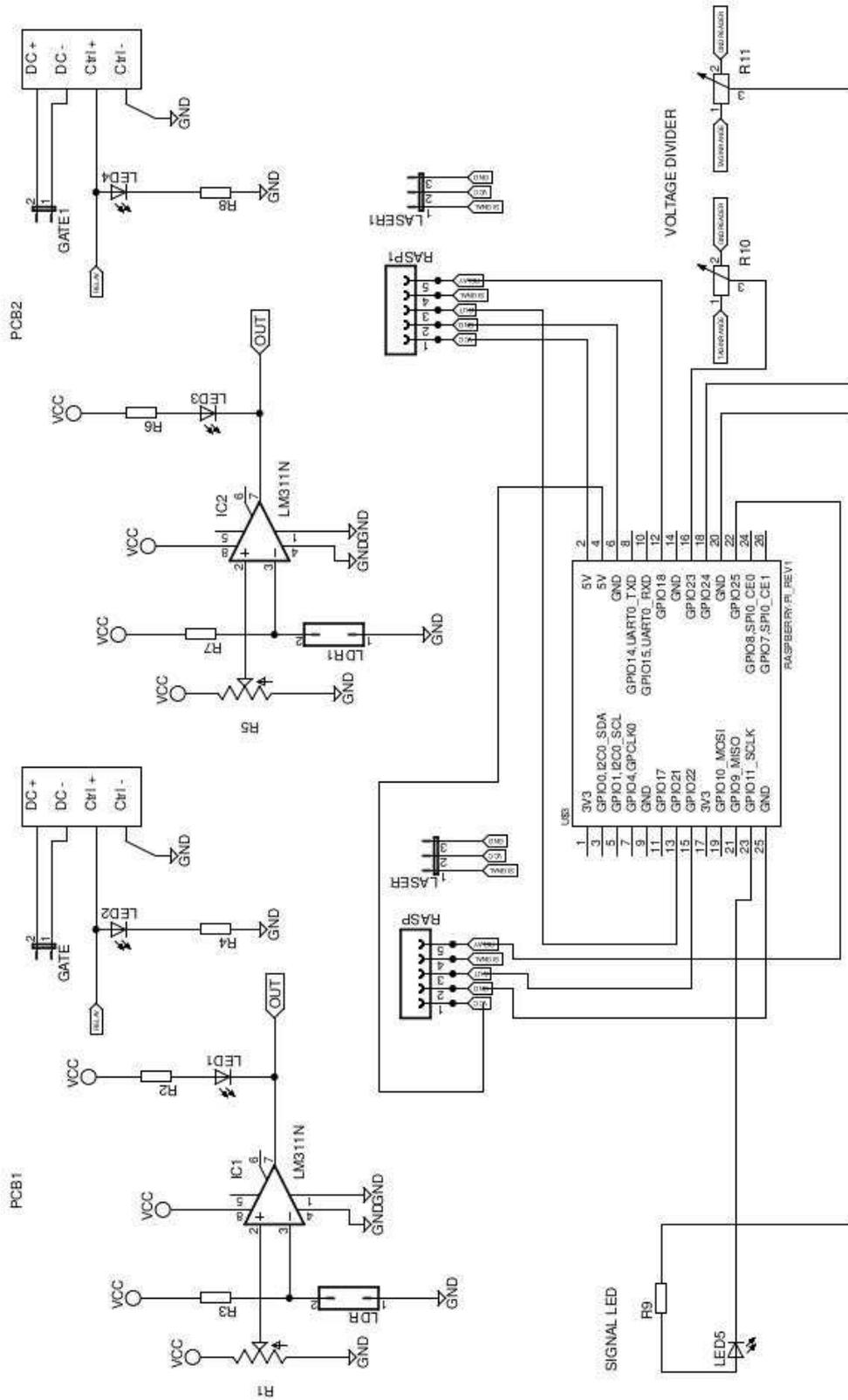
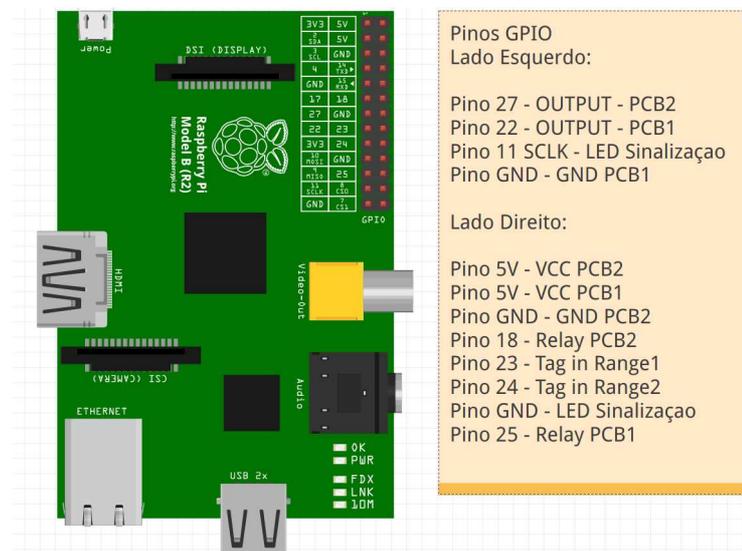


Figura 3.20 – Esquema Completo do Circuito

Na Figura 3.21 podemos observar o esquema de ligação dos pinos do Raspberry Pi.



**Figura 3.21** – Esquemático de Ligações do Raspberry Pi

O controlo do Raspberry Pi bem como o método que permite implementar e visualizar o funcionamento do sistema é efetuado via *Ethernet* com o Computador Pessoal, que posteriormente através do Terminal do SO (Linux) se acede via *SSH*. Foi adicionada uma funcionalidade de inicialização automática da aplicação do Sistema, para que não seja necessário instanciar sempre o comando de início da aplicação a cada vez o Raspberry Pi se reinicie. No cartão de memória estão instalados e carregados o SO do Raspberry Pi, bem como o *Software* desenvolvido e todos os ficheiros de configuração. Como é possível visualizar nos Esquemas de montagem e de circuito, foram desenvolvidos dois módulos PCB (dois comparadores LM311 e dois relés), dois divisores resistivos (para permitir a funcionalidade de leitura contínua) para cada leitor RFID e um LED de sinalização de funcionamento do Sistema. Esta implementação dupla serviu para efetuar testes de funcionamento a mais de uma cancela ao mesmo tempo, como veremos no Capítulo 4, de forma a averiguar melhor se o Sistema está a funcionar e se pode efetivamente controlar mais do que uma Cancela ao mesmo tempo, sendo possível minimizar recursos e reduzir, por exemplo, custos com material adicional.



# 4

## Testes e Resultados

---

Concluídas as fases de estudo e análise quer da conceção e implementação do sistema, neste capítulo, são apresentados os testes e ensaios ao sistema bem como os resultados obtidos. Estes testes e resultados têm como principal intuito analisar de uma forma mais prática e objetiva, o sistema principal, aliando o *software* ao *hardware*.

### Teste e Ensaio do Sistema

Os testes realizados foram efectuados quer no laboratório quer no Ovil, não tendo sido possível até à data de escrita desta dissertação fazer ensaios finais do controlador do alimentador com ovelhas presentes, tendo sido apenas simulada a sua utilização manualmente. Foi assim feito, um teste para averiguar a distância de alcance de leitura do leitor RFID utilizado, e um teste de funcionamento geral do Sistema através de uma implementação estruturada no Ovil.

Numa primeira fase foram realizados ensaios de leitura por proximidade com a *tag* passiva utilizada na fase de testes da implementação e que será posteriormente utilizada pelas ovelhas, de modo a obter uma noção geral da distância de leitura dos

materiais utilizados. Para este teste utilizou-se uma régua de medição para registrar as distâncias de leitura e para testar a leitura utilizou-se o software "PuTTY".

Numa segunda fase foram realizados testes ao funcionamento geral do sistema, tendo estes testes demorado três semanas, e realizados em diferentes horários de forma a que seja possível simular diversos cenários de utilização do sistema por parte das ovelhas.

## Primeiro Teste

Neste primeiro teste começou-se por efetuar a ligação do leitor RFID utilizado ao Computador Pessoal, via USB. Estabelecida a ligação, iniciou-se o programa *PuTTY*, ver Figura 4.1, para permitir que se observe prontamente quando o leitor lê uma *tag*.



Figura 4.1 – Interface do *PuTTY*

Começou-se por testar a leitura da *tag* pelo leitor RFID usado, aproximando a *tag* ao leitor, de uma forma vertical e descendente, até que este fosse capaz de ler o conteúdo enviado. Fizeram-se algumas tentativas e registou-se as medições. Este leitor e a *tag* apresentam no *PuTTY* um código único de identificação de 32-bit. Com este leitor

foi fácil e intuitivo analisar o funcionamento, devido ao facto de possuir um *buzzer* que atua aquando da leitura. Na figura 4.2 podemos observar os equipamentos e ferramentas utilizadas para efetuar este primeiro teste. Importa realçar também que este teste se realizou em modo laboratorial, sendo que a quantidade de possíveis interferências entre este e o Ovil poderão ser diferentes.

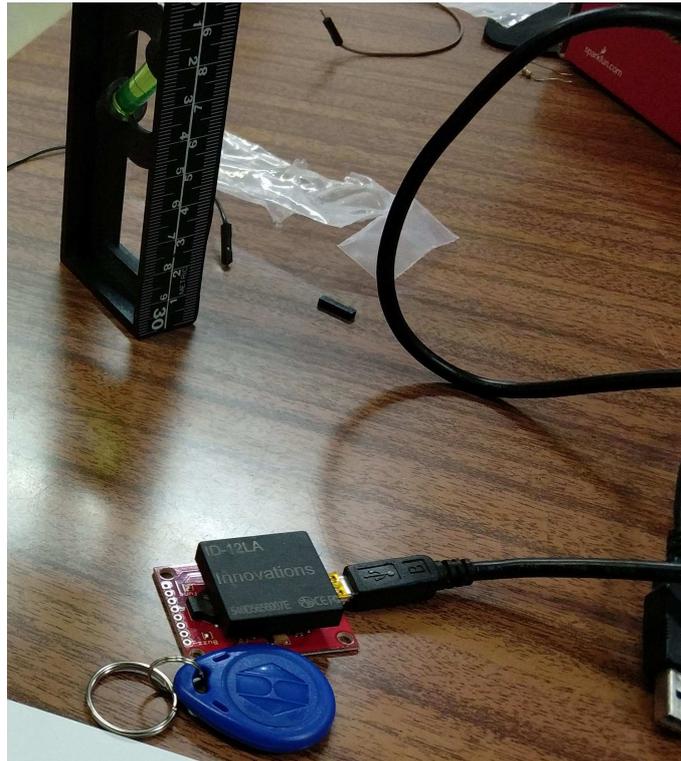


Figura 4.2 – Equipamentos e Ferramentas Utilizadas no Primeiro Teste

## Segundo Teste

Como referido no Capítulo 3, utilizou-se uma funcionalidade de inicialização automática do *Software* do Sistema, "*Crontab*". Com esta funcionalidade, é possível adicionar comandos que queremos executar bem como a hora e dia de execução. Foi definida a execução do comando para o *@reboot*, fazendo com que sempre que haja uma iniciação do Raspberry Pi o comando `sudo java -Djava.library.path=/usr/lib/jni -classpath ./classes: /home/pi/java/lib/'*`

*Alimetador.Alimentador*, localize e inicialize tanto a aplicação como as bibliotecas necessárias para o seu funcionamento. Com esta funcionalidade implementada é impossível visualizar o *Software* a funcionar bem como o *output* de cada ação, assim sendo, criou-se um ficheiro txt (`sudo tail -f /home/pi/log.txt`), que através do método *tail* é possível visualizar todos os *outputs* de funcionamento do Sistema.

Numa primeira instância, realizou-se testes em laboratório para analisar o funcionamento do Sistema, passando posteriormente para a sua montagem e teste no Ovil. Em ambas as fases, interrompeu-se o feixe Laser para simular a presença de ovelhas. Numa segunda fase, utilizou-se apenas a *tag* e o leitor RFID para simular a tentativa de acesso à comida por parte da ovelha, e numa terceira fase utilizou-se a junção das duas componentes que condicionam o funcionamento geral do sistema. Para perceber melhor a montagem do Sistema, é possível visualizar algumas fotografias retiradas do Ovil da UTAD que permitem ainda uma melhor perceção sobre todo o ambiente. Na Figura 4.3 podemos verificar o compressor que está presente no Ovil (*Compressor CompAir Silpack*) que pneumáticamente permite abrir e fechar a cancela, através das válvulas *Festo* visíveis na Figura 4.4 e que possui 1.8-8 bar de pressão, mediante instruções do atuador. O atuador presente no Ovil, visível na Figura 4.5 é um Atuador *Festo* (24V DC - 4.5W e 42V AC a 9-7VA), é através destes valores que foi possível determinar a fonte de alimentação escolhida. Podemos também visualizar na Figura 3.1 (presente no capítulo 3) e na Figura 4.6 o ambiente de desenvolvimento geral e individual do Ovil.



Figura 4.3 – Compressor Presente no Ovil



Figura 4.4 – Válvulas para a Abertura e Fecho da Cancela



Figura 4.5 – Atuador do Ovil



Figura 4.6 – Cancela Individual do Ovil

Procedendo à montagem do Sistema, podemos visualizar nas Figuras 4.7, 4.8 e 4.9, a ligação do relé do PCB à fonte de alimentação utilizada e ao atuador do Sistema.



Figura 4.7 – Ligação à Fonte de Alimentação

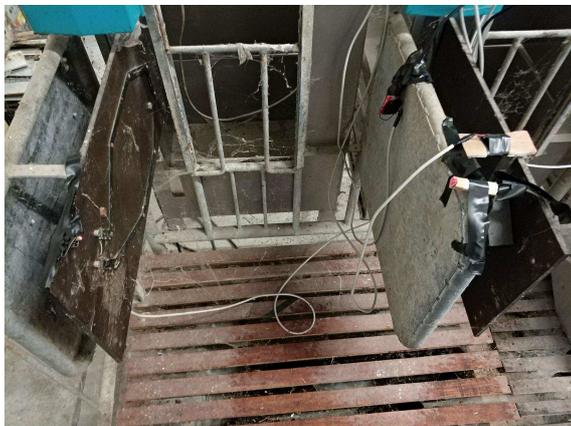


Figura 4.8 – Montagem Geral da Ligação à Fonte de Alimentação e ao Atuador



Figura 4.9 – Ligação ao Atuador

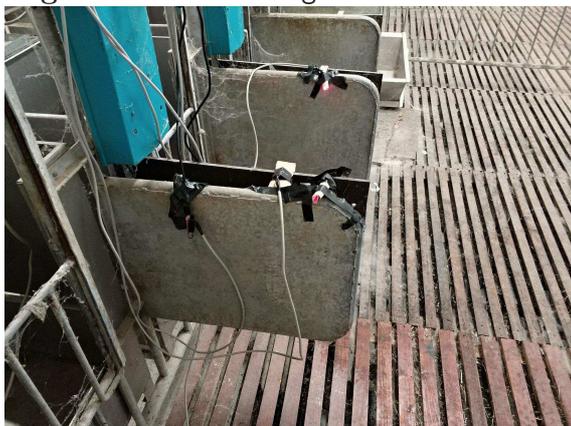
Nas Figuras 4.10, 4.11 e 4.12, a montagem do Sensor Laser orientado para o LDR, e também o leitor RFID à entrada da Cancela.



**Figura 4.10** – Montagem Geral do Sistema



**Figura 4.11** – Montagem Geral do Sistema



**Figura 4.12** – Montagem Geral do Sistema

De uma forma generalizada, tanto a montagem como os testes decorreram de uma maneira onde foi possível testar corretamente o funcionamento do Sistema, e onde pode também concluir-se que a colocação dos equipamentos no Ovil pode ser melhorada, através de outros métodos de fixação.

## Resultados do Ensaio

Os resultados obtidos aos dois testes efetuados permitiram tirar conclusões ao nível do material escolhido para implementar o sistema bem como ao *Firmware* do Sistema.

### Resultados do Primeiro Teste

O primeiro teste consistia em aferir a distância de leitura dos equipamentos RFID utilizados. Podemos ver na Figura 4.13 .



**Figura 4.13** – Teste de Equipamentos RFID Utilizados

Na Tabela 4.1 podemos observar a distância obtida no teste que, numa análise breve

podemos verificar que o alcance de leitura pode não é fiável, visto que temos uma distância de leitura curta, mas que ao mesmo tempo se mostra funcional visto que a comprimento da cancela não é muito acentuado. Assim sendo, poderá ser necessário adicionar certas funcionalidades, como por exemplo, antenas externas para aumentar o raio de alcance entre as *tags* e os leitores.

| Tag RFID utilizada | Leitor RFID utilizado<br>(distância mínima em centímetros) | Leitor RFID utilizado<br>(distância máxima em centímetros) | Leitor RFID utilizado<br>(distância média em centímetros) |
|--------------------|--|--|---|
| Tag 125 KHz        | 0 cm   | 6,4 cm   | 3,2 cm  |

**Tabela 4.1** – Distância de Leitura entre os Equipamentos RFID

## Resultados do Segundo Teste

O segundo teste consistia em fazer uma verificação geral sobre o funcionamento do sistema implementado bem como do funcionamento de todos as componentes e funções, quer separadamente quer em conjunto. Posto isto, primeiramente vamos analisar o tipo e o conteúdo das mensagens recebidas no terminal mediante o processamento do sistema. Esta mensagem (pode ver-se por exemplo na Figura 4.14) é proveniente do processamento e resultado da Máquina de Estados 2 que se falou no anterior capítulo.

A mensagem indica-nos quatro informações, "Estado da *tag*" + "Tempo passado desde o início do funcionamento da máquina de estados (em ms)" + "estado do laser" + "estado da máquina de estados".

Começando por analisar os resultados da primeira fase, que se prende com interromper o feixe que liga os sensores Laser aos LDR não tendo nenhuma *tag* para leitura, e vamos analisar o comportamento do sistema. Podemos visualizar os resultados na Figura 4.14.

```
NO_CARD 0 false PORTA_IDLE  
NO_CARD 0 true PORTA_IDLE  
NO_CARD 0 false PORTA_IDLE  
NO_CARD 0 true PORTA_IDLE
```

Figura 4.14 – Atuação dos Sensores Laser

Analisando agora a mensagem mostrada que nos permite tirar informações sobre o estado e processamento da aplicação. "NOCARD 0 true PORTA\_IDLE", NOCARD é o estado de leitura das *tags* RFID que neste caso não existia, 0 é o tempo passado desde o início do processamento (em ms), *true* é o estado dos Sensores Laser e PORTA\_IDLE é o estado da máquina de estados 2. Como explicado no anterior capítulo, a alteração de estado dos sensores Laser permitem simular a presença das ovelhas, e analisando a máquina de estados, viu-se que não houve uma mudança de estado de "PORTA\_IDLE" para "PORTA\_WAITCARD" visto que não se ultrapassou mais de dois segundos de interrupção dos feixes Laser.

Numa terceira fase vamos proceder ao teste do funcionamento do Sistema, no que diz respeito à autorização para a abertura e fecho das cancelas. Podemos averiguar na Figura 4.15, o ID da *tag* que está a ser lida pelo leitor e que a partir desse momento o estado da mesma é NEWCARD e o estado do Sensor Laser é *true* passamos logo para do estado PORTA\_IDLE para PORTA\_ABERTA, havendo a abertura da cancela, e podemos ver a mensagem apresentada "AUTHORIZED - GATE IS OPEN". Mal haja alteração de estado, como exemplo CARD\_REMOVED e mesmo que esteja presente uma ovelha, ou seja o estado do sensor laser seja *true*, é efetuado o fecho da cancela.

Já na Figura 4.16, é possível visualizar o ID da *tag* que está a ser lida pela leitura e também a mensagem "NOT AUTHORIZED", querendo dizer que após a verificação do ID da *tag* de uma possível ovelha que estava a tentar comer numa respetiva cancela, a uma respetiva hora não o pode fazer.

Numa última fase vamos analisar o ficheiro de *log* do funcionamento do Sistema.

```
80002D88143
NEW_CARD 36197 true PORTA_IDLE
NEW_CARD 36204 true PORTA_WAIT_CARD
80002D88143
AUTHORIZED
GATE IS OPENING
GATE IS OPEN
CARD_REMOVED 44079 true PORTA_ABERTA
GATE IS CLOSING
GATE IS CLOSED
```

Figura 4.15 – Autorização para Abertura da Cancela

```
8005CFDA31A
NEW_CARD 70748 true PORTA_WAIT_CARD
NOT AUTHORIZED

8005CFDA31A
CARD_REMOVED 72538 true PORTA_WAIT_CARD
```

Figura 4.16 – Não Autorização para Abertura da Cancela

Como já foi mostrado, na Figura 3.18, é possível analisar as condições para as Ovelhas poderem comer, ou seja, o intervalo de horas a que podem comer e o ID da cancela ou cancelas onde podem comer (estas configurações foram apenas para teste, podendo ser alteradas não existindo necessidade de fazer mais nenhuma alteração ao funcionamento do Sistema). Assim sendo, a Ovelha "Dolly" (nome fictício) pode comer nas duas cancelas utilizadas no teste, podendo comer na cancela com ID 12 entre as 00:00 e as 23:59 e na cancela com ID 122 entre as 16:00 e as 17:00. Já a Ovelha "Fofinha" pode apenas comer na cancela com ID 122 entre as 00:00 e as 15:00 e entre as 16:00 e as 17:00. Este teste teve a duração de três semanas, e devido à longa extensão do ficheiro, na Tabela 4.2, apresenta-se apenas o registo de funcionamento durante dois dias, dia 6 e 7 de Março de 2018.

É possível analisar todos os casos possíveis que podem acontecer mediante o que

foi definido nos ficheiros de configuração. Podemos por exemplo observar que a cancela com o ID 12 abriu no dia 6 de Março às 16:50:36 quando a ovelha "Dolly" começou a comer, e também que a cancela 12 fechou às 16:50:39 quando a ovelha "Dolly" parou de comer, ou então uma outra ovelha não autorizada tentou comer nessa mesma cancela. Neste ficheiro de *log* é apenas possível visualizar as tentativas autorizadas para comer e não as não autorizadas. Este ficheiro tem como principal objetivo o de obter uma noção generalizada das horas a que as ovelhas comeram e onde comeram, para os tratadores conseguirem obter uma produção e estabelecer regras para a sua alimentação de uma forma mais expedita.

| ID_Sheep | ID_Gate | Hours               | State |
|----------|---------|---------------------|-------|
| Dolly    | 12      | 2018/03/06 16:50:36 | open  |
| Dolly    | 12      | 2018/03/06 16:50:39 | close |
| Fofinha  | 122     | 2018/03/06 16:50:48 | open  |
| Fofinha  | 122     | 2018/03/06 16:50:50 | close |
| Dolly    | 122     | 2018/03/06 16:50:53 | open  |
| Dolly    | 122     | 2018/03/06 16:50:55 | close |
| Dolly    | 12      | 2018/03/07 16:05:38 | open  |
| Dolly    | 12      | 2018/03/07 16:05:41 | close |
| Fofinha  | 122     | 2018/03/07 16:05:49 | open  |
| Fofinha  | 122     | 2018/03/07 16:05:52 | close |
| Dolly    | 122     | 2018/03/07 16:05:54 | open  |
| Dolly    | 122     | 2018/03/07 16:05:55 | close |

**Tabela 4.2** – Resultado do Funcionamento do Sistema durante 2 Dias

Concluindo os resultados dos testes apresentados, podemos tirar três ilações fulcrais, a primeira é que a utilização destes equipamentos RFID pode não apresentar os melhores resultados visto que a distância de leitura entre a *tag* e o leitor não é a indicada. A segunda é que dado que o leitor foi programado para conseguir efetuar uma leitura contínua das *tags*, e o *software* estar definido para que passados dois segundos sem nenhuma leitura ele assuma que não há exista nenhuma ovelha a tentar comer, assim que esta colocar a cabeça dentro do comedouro, o leitor perde

o capacidade leitura e assume que já não existe nenhuma ovelha a tentar comer (mesmo que esta esteja sendo detetada pelo sensor Laser) e procede ao fecho da cancela, mesmo com a ovelha a comer. E numa terceira conclusão podemos verificar que o *software* desenvolvido, em conjunto com os equipamentos utilizados e testados permitem simular o funcionamento base para o qual este sistema foi concebido.

Visto estar-se a entrar numa parte de retirada de conclusões, é importante fazer uma breve e geral explicação do funcionamento do sistema bem como dos resultados obtidos. Os sensores Laser detetam a presença ou não das ovelhas, podendo estar a *true* ou *false*. Quando é detetada uma ovelha, o estado passa a *true*. Depois, se o leitor receber dados de uma *tag* que seja autorizada a comer, NEWCARD é aberta a cancela, se não estiver autorizada a comer, não acontece nada. Estando a cancela aberta, se houver alteração da leitura, ou seja uma *tag* diferente que não esteja autorizada para comer, ou deixe de haver leitura, é fechada imediatamente a cancela mesmo que a presença da ovelha ainda seja detetada pelo sensor Laser. Por outro lado mesmo que exista uma leitura válida por parte dos leitores, mas os sensores Laser deixarem de detetar alguma ovelha, a cancela é automaticamente fechada. Para todos os casos, é incrementado no ficheiro "*SheepLog*" a abertura e fecho da cancela.

# 5

## Conclusões

---

Neste capítulo encontram-se reunidas as conclusões ao trabalho desenvolvido nesta dissertação. Começando por analisar o objetivo principal da dissertação, que era atualizar um sistema de monitorização e controlo de alimentação de pequenos ruminantes através da tecnologia RFID, foi desta feita cumprido na sua essência e poderá permitir a realização de estudos científicos na área da produção animal.

No desenrolar deste projecto foram abordadas as etapas percorridas para a sua conceção e implementação. Foram estudadas as tecnologias utilizadas, bem como todo o processo de desenvolvimento do *firmware* e a sua posterior aplicação do protótipo desenvolvido.

É de extrema importância afirmar que o desenvolvimento de sistemas semelhantes, é indubitavelmente uma mais valia e referência para os profissionais que estudam o comportamento animal e que diariamente trabalham com os mesmos. No desenvolvimento de qualquer sistema importa salvaguardar o impacto económico, ou seja, de todos os equipamentos utilizados na implementação, o que nesta fase de desenvolvimento se verificou aceitavelmente.

Com o desenvolvimento deste sistema para aplicação em animais foi possível também perceber que existe uma versatilidade relativa a este tipo de sistema e que podem

ser aplicados a uma vasta área de trabalho.

## Trabalho Futuro

Analisando desta feita uma perspectiva de trabalho futuro, é prioritário testar o protótipo concebido com a presença de ovelhas no ovil presente nas instalações da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro para ser possível efetivamente, provar a sua fiabilidade e funcionalidade.

O ovil, possui 16 cancelas disponíveis para alimentação das ovelhas, sendo que é também necessário estudar ao máximo a utilização dos materiais futuros a utilizar de modo a obter um impacto económico mais baixo possível. Como foi testado, o Sistema consegue fiavelmente controlar duas cancelas, sendo que é possível estimar que sejam possíveis controlar três cancelas, visto que a quantidade de entradas GPIO do Raspberry Pi estão praticamente todas utilizadas.

Em termos de *hardware*, o principal foco de trabalho futuro será dotar os leitores existentes de um maior alcance de leitura das *tags*, de forma a permitir que as ovelhas ao inserirem a cabeça dentro do comedouro, o sinal de leitura não se perca e faça com que a cancela feche. Esta alteração pode passar por adicionar antenas externas aos leitores, ou adquirir outros módulos de leitura, visto que através de contactos com o fabricante do leitor, foi a solução aconselhada. De uma forma mais subjetiva creio que a solução ideal será mesmo utilizar outro tipo de leitores. É também interessante, arranjar uma forma mais estável para a colocação do material no Ovil, de forma evitar danos desnecessários, bem como manipular a caixa onde estão inseridos os equipamentos utilizados, Figura 3.19, de forma a torná-la mais pequena e menos confusa, colocando os equipamentos de uma forma mais organizada. Em termos de *software*, existem sempre melhorias que ao longo do desenvolvimento do projeto vão surgindo e podem ser atenuadas, mas no imediato, o sistema cumpre rigorosamente com as suas funcionalidades e objetivos propostos.

Além de tudo isto, um possível trabalho a ser desenvolvido futuramente poderá

permitir iterações com outros sistemas e aplicações, como por exemplo, a criação de uma base de dados para guardar todos os ficheiros de configuração e de geração dos *logs*, bem como de uma aplicação para *smartphone* que permita controlar e ter acesso a todas as funcionalidades do sistema, tais como consultar as horas a que as ovelhas comeram, consultar e editar ficheiros de configuração. Para isso poderá ser necessária a introdução de equipamentos como por exemplo um módulo 4G que permita estabelecer ligações remotas IP.

Por fim, espera-se que o trabalho aqui apresentado possa de qualquer forma contribuir tanto como incentivo para a realização de projetos semelhantes a nível académico bem como a nível profissional, tornado assim a produção animal mais rentável, mais atualizada e tecnológica, o que poderá refletir um aumento ao nível do desenvolvimento nacional tornando a indústria alimentar, bem como a produção de testes de evolução animal um trabalho mais dignificante e que cative mais as pessoas para os exercer.



## Referências bibliográficas

---

- Adhiarna, N. and Rho, J.-J. (2009). Standardization and Global Adoption of Radio Frequency Identification (RFID): Strategic Issues for Developing Countries. *2009 Fourth International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology*, pages 1461–1465. [20](#)
- Alkhaldi, M. (2014). RFID Applications - Introduction to RFID & System Components. <https://www.slideshare.net/mouhanadalkhaldi/presentation-1-rfid-introduction>. Consultado em Outubro de 2017. [19](#)
- Antunes, R. (2011). Sistema de Monitorização de Comportamento Animal - O Ciclo Reprodutivo. Dissertação de mestrado, Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro - Vila Real. [18](#)
- Anu, V. M., Deepika, M., and Gladance, L. M. (2015). Animal identification and data management using rfid technology. pages 1–6. [17](#)
- Battezzati, L. and Hygounet, J.-L. (2006). RFID: Identificazione automatica a radiofrequenza. 2nd Edition. Ulrico Hoepli Editore S.p.A. [18](#)
- Bhatia, A. (2013). What Embedded Systems Are!!! : An Overview.

- <http://itsallaboutembedded.blogspot.pt/2013/03/what-makes-embedded-system-called-as.html>. Consultado em Outubro de 2017. 6
- Bridgelall, R. (2004). RADAR Technology for Commodity Goods. Symbol Technologies. 21, 22
- Campos, A. J. R. (2011). Projecto e Construção de um Sistema Embebido de Tempo-Real Baseado em Linux. Dissertação de mestrado, ISEC - Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. 5
- Castro, M. N. B. D. (2011). Desenvolvimento de um Sistema de Localização baseado em Tecnologia RFID. Dissertação de mestrado, Universidade do Minho - Escola de Engenharia - Departamento de Informática. 12, 16
- Chafon (2017). HF RFID vidro orgânico pad antena. [https://pt.aliexpress.com/store/product/HF-RFID-organic-glass-pad-antenna-free-shipping-cost/207463\\_32591347339.html](https://pt.aliexpress.com/store/product/HF-RFID-organic-glass-pad-antenna-free-shipping-cost/207463_32591347339.html). Consultado em Outubro de 2017. 20
- Chen, Z. N. and Qing, X. (2010). Antennas for RFID Applications. *Institute for Infocomm Research, Singapore*. 19
- Corporation, D. S. (2016). COM - Based SBCs : The Superior Architecture for Small Form Factor Embedded Systems. <http://www.diamondsystems.com/dist/ReposFiles/COMbased> Consultado em Outubro de 2017. 7
- Dias, R. R. D. F. (2012). A Física por trás da tecnologia RFID. *RFIDSCM - RFID Journal Brasil*. 21
- Fernandes, J. M. (2004). Programação de Sistemas Embebidos. <http://gec.di.uminho.pt/DISCIP/Minf/DSE-0607/DSE0607T01.pdf>. Consultado em Outubro de 2017. 5
- Floerkemeier, C. and Fleisch, E. (2008). RFID Applications: Interfacing with Readers. *IEEE Software*, pages 67–70. 12

- Floyd, R. E. (2015). Rfid in animal-tracking applications. *IEEE Potentials*, 34(5):32–33. 22, 23
- Foundation, R. P. (2013). Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.org/>. Consultado em Outubro de 2017. 9
- Garfinkel, S. and Rosenberg, B. (2006). *RFID: Applications, Security, and Privacy*. Addison-Wesley. 15
- Gomes, G. L. S. (2008). Sistema RFID com Tecnologia ZigBee. Dissertação de mestrado, Instituto Superior Técnico de Lisboa. 20
- Gomes, H. M. C. (2007). Construção de um sistema RFID com fins de localização especiais. Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro. 11
- Group, A. (2017a). Bap semi passive uhf rfid tag. [https://www.alibaba.com/product-detail/bap-semi-passive-uhf-rfid-tag\\_60607320795.html](https://www.alibaba.com/product-detail/bap-semi-passive-uhf-rfid-tag_60607320795.html). 17
- Group, A. (2017b). Leitor RFID de longo alcance Symbol MC9190-G Handheld RFID Reader. <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/long-range-rfid-reader-symbol-mc9190-g-handheld-rfid-reader-60002343131.html>. Consultado em Outubro de 2017. 13
- Hall, A. D., Fagen, R. E., et al. (1956). Definition of system. *General systems*, 1(1):18–28. 5
- Hallmen, D. (2016). *Advanced Radio Frequency Identification Design and Applications*. Scitus Academics LLC. 14
- Hassan, T. and Chatterjee, S. (2006). A Taxonomy for RFID. *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on System Sciences*. 17, 18, 19
- Lalley, F. (2004). Chip technology and chip-based security systems. <http://www.gitec.org/pubs/view04.pdf>. Consultado em Outubro de 2017. 16
- Leal, C. (2004). RFID e o Retalho. Dissertação de mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto. 15, 20

- Lehrbaum, R. (2014). MIPS tempts hackers with Raspberry Pi-like dev board. <http://linuxgizmos.com/mips-tempts-hackers-with-raspberry-pi-like-dev-board/>. Consultado em Outubro de 2017. 8
- Lizzi, L., Perrissol, P., Ferrero, F., Le Thuc, P., and Staraj, R. (2014). Experimental validation of a miniature implantable rfid tag antenna for small animals monitoring. pages 1–3. 11
- Luís (2009). Funcionamento de um sistema RFID. <http://rfidtek.blogspot.com/2009/09/funcionamento-de-um-sistema-rfid.html>. Consultado em Outubro de 2017. 13
- Mclean, J. and Sutton, R. (2012). The electromagnetic compatibility of wireless inductive automotive battery chargers and lf animal rfid tags. pages 921–924. 23
- Nasri, N., Kachouri, N., Samet, M., and Andrieux, L. (2008). Radio Frequency Identification (RFID) working, design considerations and modelling of antenna. *5th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices*. 12
- Oliveira, P. L. C. D. (2013). Sistema de Aquisição de Sinais em Tempo Real Baseado em Linux. Dissertação de mestrado, UMinho - Universidade do Minho. 7
- Ortmeyer, C. (2014). Then and Now A Brief History of Single Board Computers. *electronicdesign Newark*, pages 2–4. 8, 9
- Point, T. (2015). [www.tutorialspoint.com/embedded\\_systems\\_tutorial.pdf](http://www.tutorialspoint.com/embedded_systems_tutorial.pdf). Consultado em Outubro de 2017. 7
- Raabi, R. (2017). O Descobrimento e Valor do Eletromagnetismo. <https://pt.slideshare.net/HanterDuarte/o-descobrimento-e-o-valor-do-eletromagnetismo-76424717>. Consultado em Outubro de 2017. 16
- Ramakrishnan, K. and Deavours, D. (2006). Performance Benchmarks for Passive UHF RFID Tags. *Proceedings of the 13th GI/ITG Conference on Measurement, Modeling, and Evaluation of Computer and Communication Systems : March 27 - 29*. 15

- Raspbian (2012). Welcome to Raspbian. <https://www.raspbian.org/>. Consultado em Outubro de 2017. 38
- Rocha, L. D. (2008). Sistema de controle de animais de corte através da tecnologia RFID. Dissertação de mestrado, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas - UNICEUB. 15
- Rodrigues, P. J. (2006). Identificação por Dispositivos de Radiofrequência - RFID. <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/697/1/RFID.pdf>. Consultado em Outubro de 2017. 21
- Smiley, S. (2016). Active RFID vs. Passive RFID: Whats the Difference? <https://blog.atlasrfidstore.com/active-rfid-vs-passive-rfid>. Consultado em Outubro de 2017. 17
- Sparkfun (2014). Raspberry Pi - Model B. <https://www.sparkfun.com/products/retired/11546>. Consultado em Outubro de 2017. 10
- Swedberg, C. (2013). Pesquisadores controlam alimentação de animais. <http://brasil.rfidjournal.com/noticias/vision?10853/>. Consultado em Outubro de 2017. 2
- Veterinária, D. G. D. (2009). Manual de procedimentos sobre eID. *Direcção Geral de Veterinária Direcção de Serviços de Produção Animal*. 22, 23
- Vlajic, N. (2010). Analog transmission of digital data: Ask, fsk, psk, qam. <https://web.stanford.edu/class/ee102b/contents/DigitalModulation.pdf>. Consultado em Julho de 2018. 23
- Want, R. (2006). An introduction to rfid technology. *IEEE pervasive computing*, 5(1):25–33. 11, 15, 17, 19, 20, 21
- World, R. (2015). Global Sourcing of RFID Tags Market Forecasted to Grow 22.4Annually for Next 3 Years. <https://www.rfidworld.ca/global-sourcing-of-rfid-tags-market-forecasted-to-grow-22-4-annually-for-next-3-years/2177>. Consultado em Outubro de 2017. 13

Xinlidahong, S. (2017). 13,56 MHz HF RFID EAS Antena Wireless RFID System. [http://pt.made-in-china.com/co\\_szxldh08/product\\_13-56MHz-Hf-RFID-EAS-Antenna-Wireless-RFID-System\\_eneehairg.html](http://pt.made-in-china.com/co_szxldh08/product_13-56MHz-Hf-RFID-EAS-Antenna-Wireless-RFID-System_eneehairg.html). Consultado em Outubro de 2017. 20

Zebra (2017). <https://www.zebra.com/br/pt/products/rfid/rfid-reader-antennas/an480.html>. Consultado em Outubro de 2017. 20