



Departamento
de Engenharia Eletrotécnica

Sistema de apoio à Gestão da Manutenção de Subestações – Estágio na EDP Distribuição

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Eletrotécnica – Área de Especialização em Automação e
Comunicações em Sistemas de Energia

Autora

Ana Catarina Fonseca Ramos

Orientador

Carlos Manuel Borralho Machado Ferreira

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Supervisor na EDP Distribuição

Pedro José Fonseca

EDP Distribuição S.A.

Coimbra, dezembro, 2015

*“The two most important days in your life are the day who were born
and the day you find out why.”*

Mark Twain

AGRADECIMENTOS

A realização deste estágio tornou-se possível devido ao apoio e ajuda de diversas pessoas que direta ou indiretamente, contribuíram com os seus conhecimentos e com a sua disponibilidade.

Gostaria de agradecer ao Eng.º Pedro José Fonseca, supervisor da EDP Distribuição, pela orientação e cuidado demonstrado no acompanhamento dos projetos realizados.

Ao meu orientador Professor Doutor Carlos Manuel Borrallho Machado Ferreira, do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, por me ter proporcionado esta experiência e pelas sugestões de correção dadas neste relatório de estágio.

Aos Eng.ºs Rui Lourenço, Carlos Fonseca e Carlos Santos gostaria também de deixar clara a minha gratidão pois, contribuíram para a realização dos projetos propostos bem como, para o meu enriquecimento pessoal e profissional.

Aos técnicos Nuno Simões, António Matos, Fábio Sêco, Manuel Cardoso e Fábio Amaral pela disponibilidade demonstrada, visitas realizadas às subestações assim como, o fornecimento de vários materiais que ajudaram no desenvolvimento do relatório.

A todos os meus amigos e colegas pelo apoio, carinho, paciência e bons momentos que me proporcionaram ao longo deste percurso.

Ao meu namorado pela força e coragem transmitida e pela dedicação que demonstrou durante esta fase da minha vida.

Por fim, gostaria de agradecer às pessoas que tornaram a conclusão deste mestrado possível, à minha mãe e avó, pelo carinho e paciência dados durante todo o percurso académico, pois nem sempre foi fácil e sem elas não teria conseguido ultrapassar todos os obstáculos impostos.

A todas as pessoas que contribuíram para a concretização do relatório, estimulando-me intelectual e emocionalmente, o meu profundo e sentido agradecimento.

RESUMO

A gestão dos ativos é um aspeto central na área da manutenção das subestações que a EDP Distribuição procura otimizar uma vez que, a sua atividade está dependente do desempenho de cada ativo. Esta gestão está diretamente ligada ao projeto, aquisição, à instalação, à operação e à manutenção do ativo durante todo o seu período de vida global, ajudando a identificar onde se deve reduzir, manter ou investir de modo a otimizar atividades e ativos.

As interrupções nas comunicações, a indisponibilidade de monitorização nas Unidades Remotas de Teleação e Automatismo (URTA) e principalmente o facto de as instalações ficarem inacessíveis sem possibilidade de telecomando constituem um grande problema (impossibilidade de receber informação da instalação e de enviar comandos) para as empresas fornecedoras de energia elétrica despoletando assim, a falha de comunicação entre os sistemas de Teleação e o Centro de Comando. Face a esta problemática, e dado que estatisticamente o *reset* a equipamentos microprocessados resolve cerca de 70-80% das situações, um dos projetos propostos teve como foco principal o desenvolvimento de um sistema que permite realizar um *reset* remoto à URTA sem a necessidade de ir ao local, por forma a recuperar novamente as comunicações com o Centro de Comando e obter maior rapidez na resolução provisória do problema. Usufruindo-se das potencialidades da plataforma usada, foi introduzido neste projeto um sensor para medir humidade e temperatura a que se encontra a instalação. Além disso, procurou-se fazer um piloto para monitorizar gases para detetar indícios de descargas parciais em quadros de Média Tensão (MT).

Outro dos projetos propostos passa por avaliar a generalização e a implementação do sistema RFID (*Radio Frequency Identification*) nos ativos da EDP com o intuito de apoiar as atividades de manutenção de subestações, automatizando o processo de identificação dos ativos, registo das atividades bem como outras informações relevantes (exemplo: data da última manutenção).

Ao longo do relatório, é realizada um estudo dos equipamentos constituintes de uma subestação com o intuito de compreender a sua arquitetura bem como as diferenças entre uma subestação clássica e numérica. Além disso, é feita uma breve descrição das cartas contidas numa URTA.

Complementariamente, é apresentado as tecnologias utilizadas assim como, as plataformas usadas para o desenvolvimentos de ambos os projetos. Descreve-se ainda um conjunto de acompanhamentos de trabalhos no terreno que foram preparados pelo departamento onde se realizou o estágio.

Palavras-chaves: Automação e Telecontrolo, URTA, Gestão de ativos, RFID

ABSTRACT

Assets management is an aspect that EDP Distribution seeks to optimize on substations, since its activity is dependent on the performance of each asset. This management involves the project, acquisition, installation, operation and maintenance of the asset throughout its global lifetime. In this way, it's possible to identify where to cut, maintain or invest in order to optimize activities and assets.

Interruptions in communications, the unavailability of monitoring on Remote Terminal Units (RTU), and especially the inaccessibility of facilities through remote control (sending commands and receiving information) constitutes a major problem for the suppliers of electricity. Triggering miscommunication between Teleaction systems and the Command Center. To face these problems, and since that statistically, the reset of microprocessor equipment can solve about 70-80% of cases, one of the proposed projects focuses primarily on the development of a system to perform a Remote Reset of RTU without the need of being on site. This allows to reestablish again communications with the Control Center and obtain a quick temporary fix to the problem. In addition, it was also added to the system a sensor for measuring humidity and temperature at the facility and it was also implemented a pilot in order to monitor gases and detect discharges in electric boards of Medium Voltage (MV).

Another of the proposed projects is directly related to an asset management system for electrical substations, using RFID (Radio Frequency Identification) systems. In order to support the substation maintenance activities, automating the process of asset identification, and the registration of activities or other relevant information (e.g.: last maintenance date).

In this report it's presented a study of the substation equipments in order to better understand its architecture and also the main differences between a classical and a numerical substation. Besides that, it's also included a brief description of the cards of a RTU.

In addition, it's presented the used technologies and platforms during the development of both projects. It's also described a set of fieldworks visits prepared by the department where the internship was done.

Key-words: Automation and Telecontrol, RTU, Asset management, RFID

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	v
RESUMO.....	vii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE TABELAS	xix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Considerações gerais.....	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Estrutura do relatório.....	2
2. Enquadramento Geral.....	5
2.1. EDP Distribuição	6
2.2. Departamento de Manutenção Nacional de Subestações – Centro.....	7
2.3. Conclusão	8
3. AUTOMAÇÃO E TELECONTROLO DE SUBESTAÇÕES	9
3.1. Parque Exterior de Aparelhagem	10
3.1.1. Transformador de Tensão.....	10
3.1.2. Descarregador de Sobretensão	11
3.1.3. Transformador de Intensidade de Corrente	12
3.1.4. Inter-Barramentos.....	12
3.1.5. Disjuntor	13
3.1.6. Seccionador.....	14
3.1.7. Isoladores	14
3.1.8. Transformadores de Potência	15
3.1.9. Linha de Alta Tensão.....	16
3.1.10. Cabos de Média Tensão	16
3.2.0. Equipamentos complementares de MT.....	16
3.2.0.1. Baterias de Condensadores.....	16
3.2.0.2. Reatância de Neutro.....	17
3.2.0.3. Transformadores de Serviços Auxiliares.....	18
3.2. Edifício de comando.....	18
3.2.1. Armários de Comando e Controlo.....	19
3.2.2. Quadro Metálico MT	20

3.2.3.	Sistema de Proteção de Comando e Controlo	22
3.2.3.1.	Constituição de um Sistema de Proteção, Comando e Controlo Clássico	24
3.2.3.1.1.	Proteções eletrónicas ou numéricas	24
3.2.3.1.2.	Unidade Remota de Teleação e Automatismo.....	24
3.2.3.1.3.	Posto de comando local (PCL).....	31
3.2.3.2.	Constituição de um Sistema de Proteção, Comando e Controlo Numérico.....	32
3.4.	Gestão de ativos em subestações.....	34
3.4.1.	Manutenção Preventiva Sistemática (MPS)	35
3.4.2.	Manutenção Preventiva Condicionada.....	36
3.4.3.	Manutenção Preditiva	36
3.4.4.	Manutenção Extraordinária.....	36
3.4.5.	Manutenção Corretiva Paliativa.....	37
3.4.6.	Manutenção Corretiva Curativa	37
3.5.	Conclusão.....	37
4.	ACOMPANHAMENTO DE TRABALHOS NO TERRENO	39
4.1.	Planeamento de trabalhos na beneficiação de um Transformador de Potência em fábrica.....	39
4.2.	Manutenção Preventiva Sistemática (MPS) do painel MT na Subestação de Mangualde.....	40
4.3.	Manutenção Corretiva (MC) de um painel AT na Subestação do Alto São João.....	42
4.4.	Remodelação da Subestação do Entroncamento.....	42
4.5.	Conclusão.....	43
5.	Tecnologias Implementadas.....	45
5.1.	Tecnologia <i>Global System Mobile Communication</i>	45
5.1.1.	<i>Arduino GSM Shield</i>	45
5.1.2.	Comandos AT	47
5.2.	Tecnologia <i>Radio Frequency Identification</i>	49
5.2.1.	Constituição e princípio de funcionamento do Sistema	49
5.2.2.	<i>Tags</i>	51
5.2.2.1.	<i>Tags</i> Passivas.....	51
5.2.2.2.	<i>Tags</i> ativas.....	53
5.2.2.3.	<i>Tags</i> Semi-Passivas	54
5.2.3.	Frequências de Funcionamento	54
5.2.4.	Arquitetura de Memória do <i>Radio Frequency Identification</i>	56
5.2.5.	Capacidade de Armazenamento	56

5.3. Plataforma <i>Arduino</i>	57
5.3.1. <i>Arduino Mega 2560</i>	58
5.4. Conclusão	59
6. IMPLEMENTAÇÃO DOS PROJETOS PROPOSTOS	61
6.1. Enquadramento.....	61
6.2. Sistema de Sensores e Controlo Remoto	61
6.2.1. Constituição e Objetivos do Sistema.....	61
6.2.2. Sensores utilizados	62
6.2.3. Restante <i>Hardware</i> usado para o desenvolvimento do projeto	66
6.2.4. Implementação do Sistema	68
6.2.5. Montagem do protótipo.....	73
6.2.6. Implementação do projeto no terreno	75
6.3. Projeto “ <i>RFID Manager</i> ”	76
6.3.1. Constituição do Sistema.....	77
6.3.2. <i>Adafruit PN532 NFC/RFID Controller Shield</i>	77
6.3.3. <i>TAG MiFare Classic</i>	78
6.3.4. <i>NetBeans IDE</i>	81
6.3.5. Integração da biblioteca <i>RxTx</i>	82
6.3.6. Implementação do sistema	83
6.3.7. Aplicação “ <i>RFID Manager</i> ”	86
6.4. Conclusão	91
7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	93
7.1. Conclusões	93
7.2. Sugestões de trabalhos futuros.....	94
ANEXO A – Funções utilizadas para envio, leitura e formatação para tags no <i>Arduino</i>.....	101
ANEXO B – Instruções de instalação da biblioteca <i>rxtx</i>.....	103
ANEXO C – Esquema do protótipo do Sistema de Sensores e Controlo Remoto	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Evolução do Grupo EDP (EDP Distribuição, 2011).	5
Figura 2.2 – EDP no Mundo (EDP, 2013).	6
Figura 2.3 – Produção, Transporte e Distribuição da energia elétrica.	7
Figura 2.4 - Estrutura Departamental da Direção de Manutenção.	8
Figura 3.1 – Subestação tipo de distribuição (EDP Distribuição, 2013).	9
Figura 3.2 - Esquemático de uma subestação de Distribuição (EDP Distribuição, 2013).	10
Figura 3.3 – Transformador de Tensão.	11
Figura 3.4 - Descarregador de Sobretensão.	11
Figura 3.5 - Transformador de Intensidade de Corrente.	12
Figura 3.6 – Disjuntor.	13
Figura 3.7 - Seccionador.	14
Figura 3.8 – Isolador.	15
Figura 3.9 - Transformador de Potência.	15
Figura 3.10 - Equipamentos de média tensão de uma subestação (EDP Distribuição, 2013). ..	16
Figura 3.11 - Baterias de Condensadores.	17
Figura 3.12 - Reatância de Neutro.	17
Figura 3.13 - Transformador de Serviços Auxiliares.	18
Figura 3.14 - Edifício de Comando.	18
Figura 3.15 - Armários de Comando e Controlo.	19
Figura 3.16 - Quadro Metálico de Média Tensão.	21
Figura 3.17 – Cartas principais disponíveis numa Unidade Remota de Teleação e Automatismo.	25
Figura 3.18 – Carta de Unidade Central de Processamento.	26
Figura 3.19 – Cartas da Unidade Remota de Teleação e Automatismo.	26
Figura 3.20 – Carta da base de dados.	26
Figura 3.21 – Carta de processamento rápido.	27
Figura 3.22 – Carta de impressora.	28
Figura 3.23 – Carta de comandos.	28
Figura 3.24 – Carta de medidas.	29
Figura 3.25 – Carta de sinalização.	29
Figura 3.26 - Armário de Isolamento Galvânico.	30
Figura 3.27 – Relés montados em bases octais.	30
Figura 3.28 – Relés soldados em cartas de circuito impresso.	30
Figura 3.29 – Conversores de medidas.	30
Figura 3.30 – Arquitetura típica de um Sistema de Proteção, Comando e Controlo Clássico (EDP Distribuição - Energia, S.A., 2005).	31
Figura 3.31 – Arquitetura de um Sistema de Proteção, Comando e Controlo das subestações numéricas.	32
Figura 3.32 – Aparelhagem da subestação.	32
Figura 3.33 – Dispositivos Eletrónico Inteligente.	33

Figura 3.34 – Arquitetura típica de um Sistema de Proteção, Comando e Controlo numérico (EDP Distribuição - Energia, S.A., 2005).....	34
Figura 3.35 – Tipos de manutenção.	35
Figura 4.1 – Transformador de Potência da Subestação da Lousã.	39
Figura 4.2 – Transformador de Potência móvel.....	40
Figura 4.3 - Painel de Linha e Média Tensão.	41
Figura 4.4 – Painel de Linha Média Tensão com cabos de ensaios.....	41
Figura 4.5 – Interface da aplicação “ <i>print RTU</i> ”.....	41
Figura 4.6 – Proteção Micom P545 que foi ensaiada.	42
Figura 4.7 – Lista de eventos ocorrentes no momento.	42
Figura 4.8 – Remodelação do Sistema de Proteção, Comando e Controlo.	43
Figura 5.1 - Logo <i>Global System Mobile Communication</i>	45
Figura 5.2 – <i>Arduino GSM Shield</i>	46
Figura 5.3 – <i>Jumper</i> necessário à comunicação do <i>GSM Shield</i>	46
Figura 5.4 – Sinalizações do <i>Arduino GSM Shield</i>	47
Figura 5.5 – Etiquetas <i>Radio Frequency Identification</i>	49
Figura 5.6 – Funcionamento do sistema <i>Radio Frequency Identification</i>	50
Figura 5.7 - Exemplo de uma <i>tag Radio Frequency Identification</i>	51
Figura 5.8 - Constituição de uma <i>tag</i> (Finkenzeller, 2012).	51
Figura 5.9 - Componentes básicos do <i>microchip</i>	52
Figura 5.10 - Exemplos de <i>tags</i> passivas (Gomes, 2007).	52
Figura 5.11 - Exemplo de <i>tags</i> ativas.....	53
Figura 5.12 – Exemplo de <i>Tags</i> Semi-passiva.	54
Figura 5.13 – Placas disponíveis do <i>Arduino</i>	58
Figura 5.14 – <i>Arduino Mega 2560</i>	58
Figura 6.1 – Terminais anómalos.....	63
Figura 6.2 – Deterioração de distintos componentes do Quadro MT (Marques, 2012).	63
Figura 6.3 – Sensor DHT22.	64
Figura 6.4 - Corte Transversal e detalhe do sensor.....	65
Figura 6.5 - Sensor MQ131.....	65
Figura 6.6 – Módulo <i>Micro SD Card</i>	66
Figura 6.7 – Módulo RTC.....	67
Figura 6.8 – Montagem realizada do DS1307.	67
Figura 6.9 – Módulo de Relés.....	68
Figura 6.10 – Pinos do módulo de relés.....	68
Figura 6.11 – Fluxograma Geral.	69
Figura 6.12 – Fluxograma processa mensagem.	70
Figura 6.13 – Fluxograma processa aviso.....	71
Figura 6.14 – Ficheiro que contém os parâmetros do sistema.	73
Figura 6.15 – Montagem realizada do protótipo.....	74
Figura 6.16 – Protótipo em fase de testes em laboratório.....	75
Figura 6.17 - <i>Reset</i> Remoto do Repetidor de Ponte Sôr.	76
Figura 6.18 - <i>Reset</i> Remoto da Pampilhosa do Botão.....	76

Figura 6.19 – <i>Tags</i> utilizadas no projeto.	77
Figura 6.20 – <i>Adafruit PN532 RFID/NFC Shield</i>	78
Figura 6.21 – <i>MiFare</i> em camadas.	78
Figura 6.22 – Estrutura do Circuito Integrado de um cartão <i>MiFare</i> (MF1 IC S50, 2007).	79
Figura 6.23 – Mapa da memória de uma <i>tag</i> <i>MiFare Classic 1Kb</i> (MF1S50yyX, 2011).	81
Figura 6.24 – Plataforma <i>NetBeans</i>	82
Figura 6.25 - Diagrama Ilustrativo da Comunicação entre a aplicação e o <i>Arduino</i>	83
Figura 6.26 – Mapeamento da memória da <i>tag</i>	84
Figura 6.27 – Fluxograma do <i>firmware</i> desenvolvido no <i>Arduino</i>	85
Figura 6.28 – Diagrama de funcionamento da aplicação “ <i>RFID Manager</i> ”.	86
Figura 6.29 – <i>Interface</i> Inicial da aplicação.	86
Figura 6.30 – Aspeto da janela “ <i>Ler</i> ” e “ <i>Formatar</i> ”.	88
Figura 6.31 – Aspeto da janela “ <i>Escrever</i> ”.	89
Figura 6.32 – Janela de “ <i>Acesso</i> ”.	89
Figura 6.33 – Janela de “ <i>Inserção de dados de Identificação</i> ”.	90
Figura 6.34 – Janela “ <i>Inserção de Movimentações</i> ”.	90
Figura B.1 – Adicionar <i>jar</i> <i>RXTXcomm.jar</i> ao projeto.	103
Figura C.1 – Esquema do protótipo do projeto Sistema de Sensores e Controlo Remoto.	105

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Funções dos Armários de Comando e Controlo (EDP - Energias de Portugal, 2007).....	20
Tabela 3.2 - Funções das Celas do Quadro Metálico de Média Tensão (EDP - Energias de Portugal, 2007).	21
Tabela 5.1 – Sintaxe dos comandos AT (M10 Quectel Cellular Engine, 2010).	48
Tabela 5.2 – Comandos AT utilizados (M10 Quectel Cellular Engine, 2010).	48
Tabela 5.3 – Frequências usadas em <i>Radio Frequency Identification</i> e respetivas características.....	55
Tabela 5.4 – Especificações Técnicas relativas ao <i>Arduino Mega 2560</i>	59
Tabela 6.1 – Especificação Técnica do sensor (Digital-output relative humidity & temperature sensor/module - AM2303).....	64
Tabela 6.2 – Pinos de conexão do sensor DHT22/AM2303.	65
Tabela 6.3 – Pinos de conexão do sensor MQ131.....	65
Tabela 6.4 - Pinos de comunicação.	66
Tabela 6.5 – Comandos permitidos pelo sistema.	72
Tabela 6.6 – Entradas e saídas da placa Arduino Mega 2560 utilizada no projeto.	74
Tabela 6.7 – Características principais com o ISO/IE 14443 – Tipo A.	80

ACRÓNIMOS

2G – 2ª Geração

ACC – Armários de Comando e Controlo

AIG – Armário de Isolamento Galvânico

ALU – *Aritmete Logic Unit*

ARCBT – Armário de Reagrupamento de Cabos de Baixa Tensão

AT – Alta Tensão

BC – Bateria de Condensadores

BT – Baixa Tensão

CRC – *Cyclic Redundancy Code*

DDC – Direção de Despacho e Condução

DMN – Direção de Manutenção

DPC – Direção de Projetos e Construção

DPR – Direção de Planeamento de Rede

DST – Descarregador de Sobretensão

EDP – Energias de Portugal

EEPROM – *Erasable Programmable Read-Only Memory*

EME2 – Engenharia, Manutenção e Serviços

EPC – *Electronic Product Code*

ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

GIAT – Gestão Integrada Automação e Telecontrolo

GSM – *Global System Mobile Communications*

I2C – *Inter-Integrated Circuit*

IDE – *Integrated Development Environment*

IED – Dispositivo Eletrónico Inteligente

ISM - *Industrial, Scientific and Medical*

JVM - *Java Virtual Machine*

MNRD – Manutenção Nacional de Rede

MNSE – Manutenção Nacional de Subestações

MPS – Manutenção Preventiva Sistemática

MT – Média Tensão

NFC – *Near Field Communication*

OCR – Ordem de Corte de Rede

PCL – Posto de Comando Local

QMMT – Quadro Metálico de Média Tensão

RAM – *Random Access Memory*

RDIS – Rede Digital Integrada de Serviços

REN – Rede Elétrica Nacional

RFID – *Radio Frequency Identification*

RLC – Rede Local de Comunicação

RN – Reatância de Neutro

RND – Rede Nacional de Distribuição

RO – *Read Only*

RTC – *Real Time Clock*

RW – *Read-Write*

SCADA - *Supervisory Control and Data Acquisition*

SCC – Sistema Comando e Controlo

SE – Subestação

SMS – *Short Message Service*

SPCC – Sistema de Proteção, Comando e Controlo

SPI – *Serial Peripheral Interface*

TI – Transformador de Intensidade

TID – *Tag Identifier*

TP – Transformador de Potência

TSA – Transformador de Serviços Auxiliares

TT – Transformador de Tensão

UC – Unidade Central

UCP – Unidade Central e Processamento

UP – Unidade de Painel

UPC – Unidade de Processamento Central

URTA – Unidade Remota de Teleação e Automatismo

WORM – *Write Once Read Many*

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações gerais

A crescente procura em garantir os níveis de continuidade e qualidade de serviço exigidos no Regulamento de Qualidade de Serviço torna-se fulcral para empresas como a EDP Distribuição. Deste modo, existe a necessidade de tornar os seus sistemas de automação e telecontrolo da rede eficazes no entanto, não é possível substituir num curto espaço de tempo, todos os equipamentos obsoletos por equipamentos de tecnologia mais recente. Atualmente existem muitas subestações com equipamentos que se encontram descontinuados e é fundamental manter a sua disponibilidade e sem falhas de comunicação.

Além disso, os equipamentos constituintes de uma subestação podem ser solicitados a operar sob diversas condições adversas e não se pode deixar de considerar a possibilidade de ocorrerem falhas que deixem indisponíveis as comunicações e principalmente desencadear interrupções de energia a clientes.

Neste contexto, a verificação regular das condições de cada equipamento torna-se crucial, e a necessidade de procurar soluções para colmatar alguns dos problemas mencionados é cada vez mais importante, reduzindo assim, o custo, o tempo de interrupção de uma linha e obtenção de dados das instalações de forma rápida e precisa.

Apesar da rede de telecomunicações da EDP Distribuição garantir um nível aceitável de fiabilidade, por vezes as URTA “bloqueiam” e deixam de comunicar com o despacho e torna-se determinante proceder à resolução rápida do problema. A solução reside com frequência, na realização de um *reset* à unidade para que recupere novamente as comunicações, tornando-se evidente a importância da realização de um sistema que execute essa função sem necessidade de deslocação ao local dado que, muitos dos problemas informáticos resolvem-se efetuando um *reset*.

A sensorização tem tido um papel importante no mundo da informação e dado que o seu custo tem vindo a diminuir, a procura de possuir sistemas que estejam constantemente a ser monitorizados é cada vez maior. Por conseguinte, as instalações devem garantir condições ambientais adequadas nos equipamentos, com um controlo de humidade relativa e de temperatura, de forma a minimizar as probabilidades de ocorrência de fenómenos prejudiciais ao funcionamento da instalação. Tendo em atenção esta problemática, e para complementar o sistema de realização do *reset* remoto, foi englobado neste projeto um sensor de humidade e temperatura com o intuito de controlar o ambiente a que se encontra as instalações da SE, denotando-se o facto de ser possível perceber se o ar condicionado está a funcionar corretamente.

Uma das preocupações que a EDP tem vindo a desenvolver e a implementar passa pela melhoria e monitorização dos ativos e deste modo, fazendo uso aos materiais

disponibilizados, procurou-se desenvolver um piloto que colmata-se as descargas parciais, ou seja, monitoriza-se os gases libertados neste processo.

A aquisição de dados das instalações de forma rápida e precisa assim como de cada ativo presente nelas é relevante, no que diz respeito à aquisição, instalação, operação e à manutenção do ativo durante o seu tempo de vida útil. A necessidade de uma ferramenta de forma a dar apoio à tarefa mais importante de uma instalação como é o caso de uma subestação – a manutenção – é de extrema importância. Deste modo, torna-se necessário obter uma solução por forma, a tornar esta tarefa mais eficiente e prática. A elaboração do segundo projeto proposto vai ao encontro do que foi referido, ou seja, investigar se a tecnologia RFID possui características que possam auxiliar na gestão de ativos da EDP Distribuição, isto é, conter informações úteis no apoio das atividades de manutenção e descobrir a quantidade de informação que uma *tag* RFID pode conter.

1.2. Objetivos

O estágio realizado teve como intuito dar a conhecer o funcionamento da empresa, através do acompanhamento de vários trabalhos realizados por técnicos especializados da EDP Distribuição. No decorrer do estágio foi fundamental adquirir conhecimentos sobre o funcionamento das subestações e dos sistemas de automação e telecontrolo.

Os trabalhos propostos estão diretamente relacionados com as subestações, em que o sistema de *reset* remoto é aplicado nas URTA e o sistema de gestão de ativos em todos os equipamentos constituintes de uma subestação. Assim sendo, todas as atividades executadas tornaram-se preponderantes no que diz respeito, à compreensão do funcionamento dos equipamentos em serviço e perceção da complexidade que é monitorizar uma subestação.

Em resumo, os objetivos do estágio foram:

- Estudo da Automação e Telecontrolo de Subestações.
- Acompanhamento de atividades desenvolvidas no terreno;
- Elaboração de um Sistema de Sensores e Controlo Remoto;
- Compreender o funcionamento de uma *tag* RFID e qual a quantidade de armazenamento de informação que ela usufrui;
- Criação de uma aplicação para ler, escrever e formatar uma *tag* RFID.

1.3. Estrutura do relatório

A estrutura do presente relatório está relacionada com os objetivos apresentados anteriormente e encontra-se dividido em 7 capítulos, exibindo no início um resumo que sintetiza o trabalho elaborado.

No capítulo 1 destaca-se a importância dos projetos desenvolvidos, apresentando a necessidade de procurar novas soluções para colmatar algumas complicações que existem na EDP Distribuição.

No capítulo 2 é realizado o enquadramento geral do estágio e as funções de cada departamento que a EDP Distribuição detém.

No capítulo 3 é apresentado a automação e telecontrolo presente nas subestações bem como uma descrição dos Sistemas de Proteção, Comando e Controlo (SPCC), fazendo um maior destaque para os clássicos.

No capítulo 4 são descritas os acompanhamentos de trabalhos no terreno que se realizaram ao longo do estágio.

No capítulo 5 é apresentada a tecnologia RFID e alguns tópicos fundamentais para compreender o seu funcionamento, a tecnologia *Global System Mobile Communications* (GSM) e o módulo adquirido para a realização do projeto bem como a plataforma *Arduino*.

O Capítulo 6 descreve os trabalhos desenvolvidos assim como, a comunicação entre os equipamentos e a programação usada nos mesmos.

Por fim, no capítulo 7 são apresentadas as conclusões e propostas para futuros desenvolvimentos de ambos os sistemas.

2. Enquadramento Geral

Foi em 1976 que nasceu a EDP, surgindo da fusão de 13 empresas do setor elétrico inseridas em Portugal que tinham sido nacionalizadas no ano anterior. Nesta fase, foi a EDP que ficou responsável pela integração da distribuição da eletricidade dos municípios, modernização da rede elétrica, continuação do processo de eletrificação do território português e também pela determinação de uma tarifa única para todo o país.

Na década de 90, a EDP sofreu algumas modificações, nomeadamente a alteração do seu estatuto jurídico, passando de empresa pública para sociedade anónima. A forma de organização também foi reestruturada, criando assim o Grupo EDP onde foram agrupadas todas as suas participações em diferentes instituições.

A primeira fase da privatização da EDP teve início em Junho de 1997, tendo sido vendido 30% do capital. Por conseguinte, em 2000 volta a realizar-se mais uma fase de privatização, ficando 70% do capital em mãos privadas.

A EDP encontra-se entre os grandes operadores do setor da eletricidade da Europa, destacando-se no panorama energético mundial, estando presente em 13 países, apostando continuamente na inovação e na sustentabilidade. Para além disso, assegura a Produção, Distribuição e Venda de energia elétrica em Portugal Continental (EDP Distribuição, 2011).



Figura 2.1 - Evolução do Grupo EDP (EDP Distribuição, 2011).

Nos dias de hoje, a EDP continua a ser a maior empresa não financeira em Portugal encontrando-se deste modo, entre os maiores operadores europeus energéticos, empregando mais de 12.000 colaboradores em vários países (Figura 2.2), principalmente em Portugal, França, Itália, Espanha, Bélgica, Roménia, Estados Unidos e Brasil.



Figura 2.2 – EDP no Mundo (EDP, 2013).

2.1. EDP Distribuição

A EDP Distribuição é a empresa do Grupo EDP que opera em Portugal, exerce a atividade de Operador de Rede de Distribuição no território continental de Portugal. A sua atividade é regulada pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), sendo titular da concessão para a exploração da Rede Nacional de Distribuição (RND) e Energia Elétrica em Média Tensão (MT) e Alta Tensão (AT), e das concessões municipais de distribuição de energia elétrica em Baixa Tensão (BT).

É detentora de cerca de 99% da rede de distribuição de energia elétrica em Portugal Continental (exceto as redes dos auto-produtores e de pequenas cooperativas) e deste modo, a sua missão centra-se na garantia da expansão e da fiabilidade da rede, do abastecimento de eletricidade e no fornecimento de serviços aos comercializadores.

Os serviços prestados pela EDP Distribuição concentram-se, maioritariamente em ligações à rede elétrica, assistência técnica à rede e clientes, apoio na escolha de soluções energéticas eficientes e leitura de equipamentos de contagem.

É composta pelas seguintes áreas operacionais:

- DPL – Direção de Planeamento;
- DPC – Direção de Projetos e Construção;
- DDC – Direção de Despacho e Condução;
- DMN – Direção de Manutenção.

Distribui eletricidade desde os pontos de entrega da REN em AT (60 kV) pela sua rede de AT e seguidamente, nas suas subestações, é transformada de AT para MT (60 kV para 30, 15, 10 e 6 kV) e distribuída pelas suas redes de MT. Por fim, nos postos de transformação é transformada de MT para BT e encaminhada para os clientes.

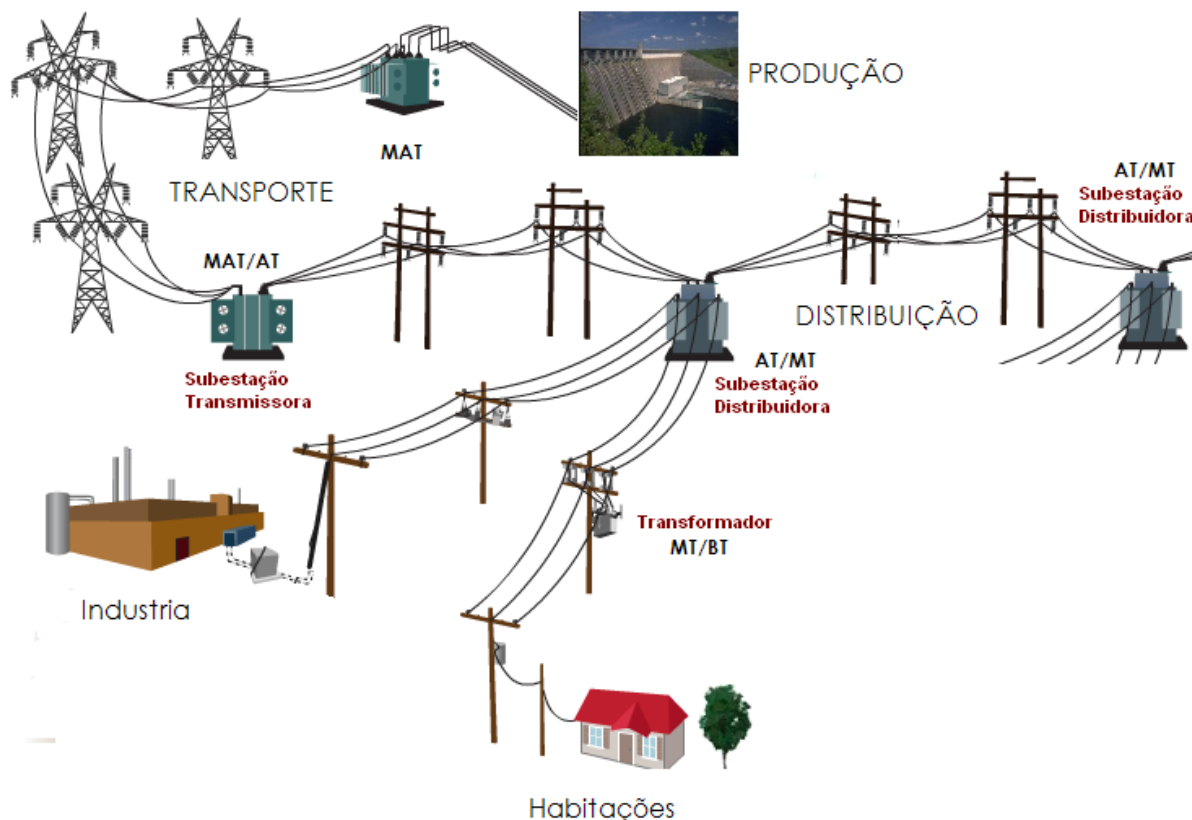


Figura 2.3 – Produção, Transporte e Distribuição da energia elétrica.

2.2. Departamento de Manutenção Nacional de Subestações – Centro

Foi na empresa EME2 – Engenharia, Manutenção e Serviços, que teve início o estágio. Esta empresa surgiu através da parceria entre a EDP e a EFACEC, dos quais 60% pertencia à EDP e os restantes 40% à EFACEC. Atualmente, esta empresa deixou de existir, sendo que a parte responsável pela manutenção de subestações ficou ao encargo da EDP Distribuição. Deste modo, as valências da EME2 foram integradas na Direção de Manutenção (DMN) da EDP Distribuição. Dentro desta direção, como se pode verificar pela figura 2.4 existem diversos departamentos, destacando-se para o facto de que a EME2 era responsável pelo que, atualmente é, o Departamento de Manutenção de Subestações Centro (MNSE-CNT). O Telecomando de Rede MT, que também era incluído na EME2 na sua área de atuação, foi integrado no Departamento de Manutenção de Redes.

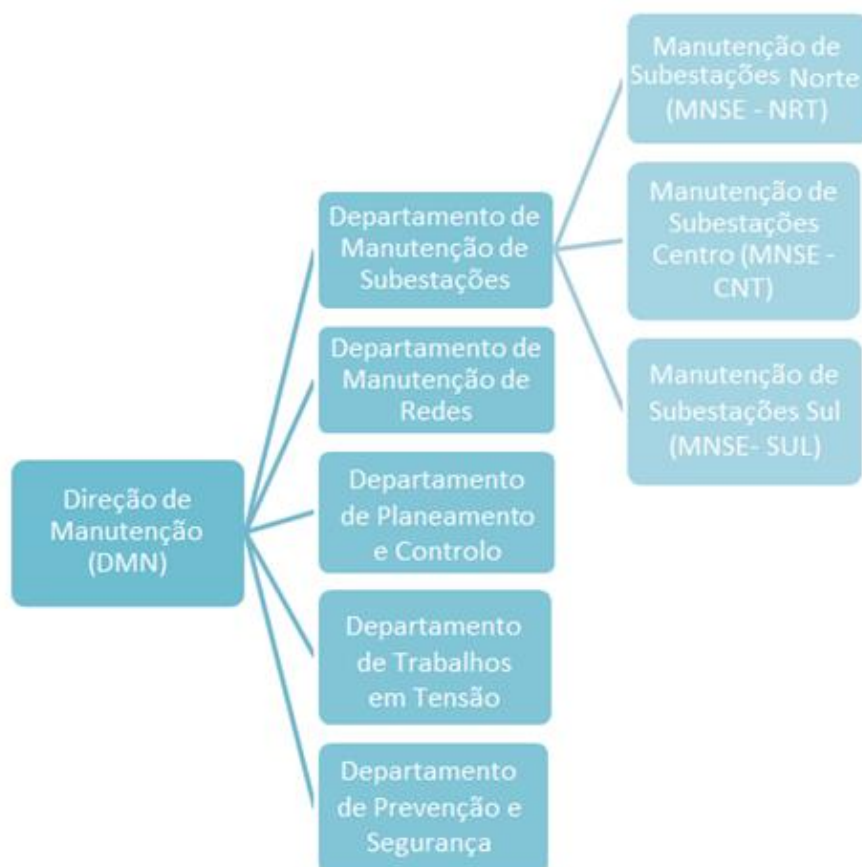


Figura 2.4 - Estrutura Departamental da Direção de Manutenção.

O Estágio esteve inserido no Departamento Manutenção de Subestações Centro (MNSE-CNT) que passa por assegurar a manutenção das subestações, postos de corte da zona centro e repetidores rádio. A atividade de manutenção é realizada cinco dias por semana, no horário das 8h30m às 17h30m, existindo em permanência uma “Equipa de Disponibilidade”, em regime de chamada para resolução de intervenções imediatas (avarias).

As deslocações das equipas de manutenção são asseguradas por viaturas de serviço, onde estão contidas ferramentas e conjuntos de materiais de utilização mais corrente.

2.3. Conclusão

Neste capítulo foi apresentado de forma genérica as fases de estruturação que a EDP sofreu e das atividades que a constituem de modo, a conhecer as características da rede de distribuição.

O estágio teve início numa empresa concebida pela EFACEC e a EDP e atualmente é parte integral da EDP, sendo englobada no Departamento de Manutenção de Subestações Centro. Deste modo, é realizada uma breve descrição da constituição do departamento em questão e das atividades executadas.

3. AUTOMAÇÃO E TELECONTROLO DE SUBESTAÇÕES

Este capítulo tem como principal objetivo apresentar a constituição de uma subestação e focando também a automação e telecontrolo por forma a ter a perceção do que, de facto, é a função da URTA e o que ela constitui no sistema.

Uma subestação de distribuição é definida como uma instalação elétrica que engloba um conjunto de equipamentos elétricos com a finalidade de transformar os níveis de tensão e corrente, permitindo a distribuição de energias a sistemas e linhas diversos. Esta transformação é efetuada de energia elétrica AT (60 kV) para MT (30/15kV) (EDP Distribuição, 2013).

As subestações são constituídas essencialmente pelos seguintes elementos:

- Circuitos Principais (Energia) – Canalizam a energia principal e compreendem linhas de chegada, barramento, linhas de saída, disjuntores, seccionadores, transformadores de corrente e transformadores de tensão;
- Circuitos Secundários (Sistemas) – Asseguram o controlo da energia canalizada e o bom funcionamento dos circuitos principais e compreendem circuitos auxiliares, medidas, contagens, proteções, sinalizações, alarmes e comandos.

Genericamente, as subestações da rede de distribuição são instalações mistas, isto é, possuem aparelhagem de montagem exterior (constituída por painéis AT e equipamentos complementares MT) e de montagem interior (edifícios de comando e MT). Na figura 3.1 encontra-se uma subestação tipo de distribuição.



Figura 3.1 – Subestação tipo de distribuição (EDP Distribuição, 2013).

3.1. Parque Exterior de Aparelhagem

É no Parque Exterior de Aparelhagem que se encontram instalados os painéis de AT e os equipamentos de MT. Os painéis e o barramento de AT são constituídos por vários equipamentos como se encontra ilustrado na figura 3.2, onde é possível distinguir:

1. Transformador de Tensão (TT);
2. Descarregador de Sobretensão (DST);
3. Transformador de Intensidade de Corrente (TI);
4. Disjuntor;
5. Seccionadores de barramento;
6. Isoladores;
7. Transformador de Potência (TP);
8. Linha de Alta Tensão;
9. Cabo de Média Tensão.

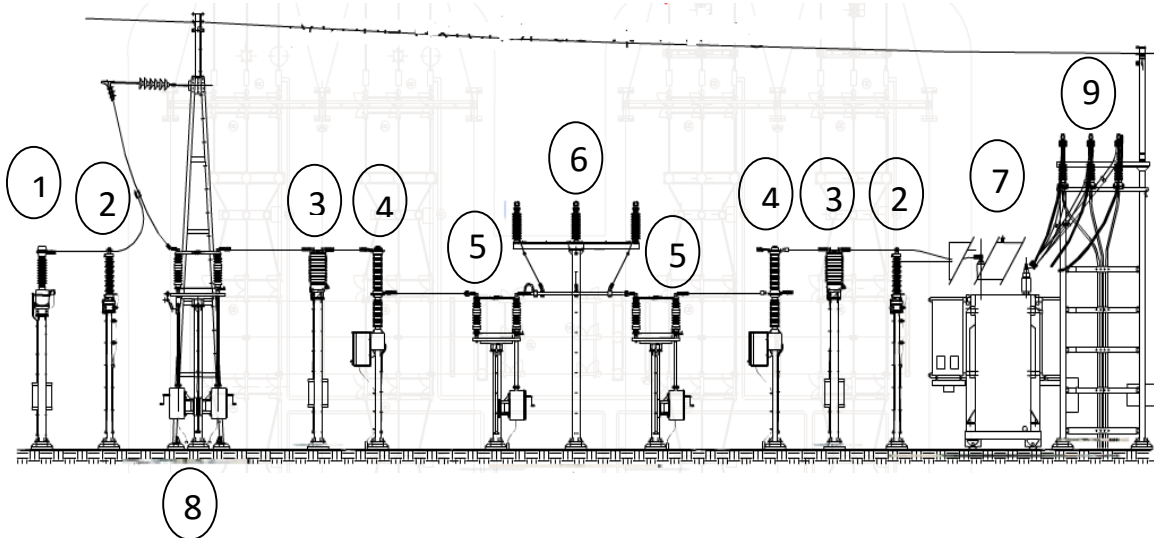


Figura 3.2 - Esquemático de uma subestação de Distribuição (EDP Distribuição, 2013).

3.1.1. Transformador de Tensão

O Transformador de Tensão (TT) é um equipamento que permite efetuar a medida do valor de tensão nas linhas elétricas através da sua razão de transformação, ou seja, transforma a tensão real do enrolamento primário numa tensão medida, proporcional à real mas muito mais reduzida no enrolamento do secundário (EDP Distribuição, 2013). Na figura 3.3 encontra-se um TT.



Figura 3.3 – Transformador de Tensão.

3.1.2. Descarregador de Sobretensão

Este dispositivo (Figura 3.4) atua como proteção em relação às sobretensões e descargas atmosféricas, isto é, quando surge uma sobretensão elevada (descargas atmosféricas diretas nas Linhas de AT) este irá “descarregar a corrente” para o circuito de terra (EDP Distribuição, 2013).



Figura 3.4 - Descarregador de Sobretensão.

3.1.3. Transformador de Intensidade de Corrente

O Transformador de Intensidade de Corrente (TI) (Figura 3.5) permite monitorizar a corrente eléctrica nas linhas através da sua razão de transformação, ou seja, transforma a corrente que circula no enrolamento primário numa corrente induzida no enrolamento secundário, que será proporcional ao primário, contudo mais reduzida. Um exemplo disto é nos TI que usam a relação de transformação 800/1, isto é, quando no primário circulam 800A no secundário circula 1A. O facto de estas correntes serem suficientemente reduzidas permite e facilita a medição pelas unidades de proteção e pelos contadores (EDP Distribuição, 2013).



Figura 3.5 - Transformador de Intensidade de Corrente.

3.1.4. Inter-Barramentos

No caso de existir mais do que um Transformador de Potência (TP), o barramento poderá ser alimentado por fontes diferentes. Na ausência de um TP (motivos de avaria ou manutenção), o outro que permanece ativo irá alimentar uma maior carga, pelo facto de serem consideradas as saídas do TP desativado o que pode ser conseguido desde que, não atinja a máxima carga que pode suportar.

O mecanismo descrito denomina-se por ligação inter-barramentos, uma vez que, requer regulação das tensões e frequências para que possa ser executado o paralelo de barramentos.

A vantagem de possuir inter-barramentos numa SE permite ter duas instalações separadas, possibilita repartir cargas e no caso de existir um defeito num barramento, perde-se apenas parcialmente a instalação, ganhando assim uma maior qualidade de serviço na rede.

3.1.5. Disjuntor

O disjuntor (Figura 3.6) é um dispositivo eletromecânico bastante relevante, uma vez que, faz parte de um sistema de proteção (constituído pelo TI e pela proteção) que protege os circuitos contra sobreintensidades (curto-circuitos e sobrecargas), interrompendo o circuito elétrico quando surge um defeito, antes que os efeitos térmicos e mecânicos da corrente possam prejudicar o sistema (EDP Distribuição, 2013).

Tem a função de poder de corte a curto-circuito e em condições previamente definidas funciona por telecomando ou poderá ser ativado se uma proteção o acionar ou caso exista um defeito.

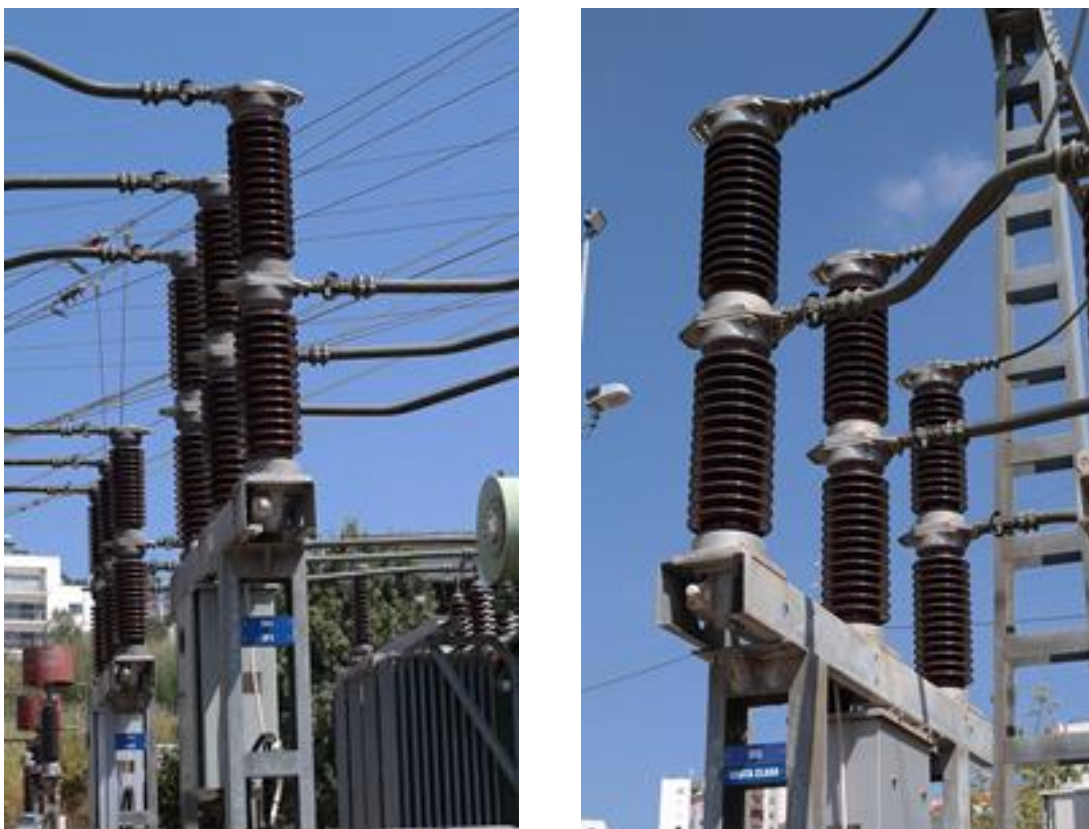


Figura 3.6 – Disjuntor.

3.1.6. Seccionador

O seccionador (Figura 3.7) tem como finalidade realizar o corte visível entre duas partes ativas e é manobrável por ação mecânica manual ou por telecomando de modo a garantir o isolamento entre elas, certificando que não haverá passagem de tensão (EDP Distribuição, 2013). No entanto, equiparando este equipamento ao disjuntor, o mesmo não tem poder de corte e como tal, nunca deverá ser manobrado em carga uma vez que, se isto se verificar irá despoletar um arco elétrico dando origem a danos no dispositivo ou originar no operador danos físico-patológicos graves que podem levar à morte. A execução do corte visível é fundamental na segurança das pessoas, pois o seccionador assegura, na posição aberto, uma distância de isolamento que satisfaz requisitos de segurança para executar trabalhos, isolar um circuito ou como interruptor normalmente aberto (NA) na rede.



Figura 3.7 - Seccionador.

3.1.7. Isoladores

Os isoladores (Figura 3.8) têm como função evitar que a passagem de corrente transportada pelos condutores, passe para as estruturas metálicas do parque de linhas, e atinja o solo evitando um curto-circuito. Assim, afastam eletricamente qualquer parte em tensão (barramento AT, Linhas, etc) das estruturas que os suportam. A EDP utiliza isoladores de porcelana visto que, esta é caracterizada principalmente pela ausência de porosidade. A

grande particularidade deste material foca-se na sua alta capacidade de isolamento elétrico e resistência mecânica.



Figura 3.8 – Isolador.

3.1.8. Transformadores de Potência

Os Transformadores de Potência (TP) (Figura 3.9) são os equipamentos mais dispendiosos de uma subestação uma vez que, asseguram a transformação de Muito Alta Tensão (MAT) (150, 220 ou 400kV) para AT (60 kV) e AT para a MT (30,15, 10 ou 6 kV, consoante a zona de implantação da subestação). Para além disso, é o equipamento mais volumoso aí existente, podendo pesar até 70 toneladas e atingir cerca de 5 metros de altura (EDP Distribuição, 2013).



Figura 3.9 - Transformador de Potência

3.1.9. Linha de Alta Tensão

As Linhas de AT são utilizadas para estabelecer um circuito elétrico e podem ser usadas para interligar duas instalações AT (subestações ou postos de seccionamento AT), para alimentar clientes de AT ou para escoar a energia elétrica de algum produtor de energia (EDP Distribuição, 2013).

3.1.10. Cabos de Média Tensão

Este cabo é responsável pela ligação do secundário do TP ao respetivo barramento MT que se encontra no quadro metálico e também usado na rede subterrânea (EDP Distribuição, 2013).

3.2.0. Equipamentos complementares de MT

Os equipamentos de MT, presentes numa subestação AT/MT estão representados no esquema da figura 3.10 sendo eles:

1. Baterias de Condensadores;
2. Impedância limitadoras da corrente de defeito à terra (Reatância de Neutro);
3. Transformadores de Serviços Auxiliares.

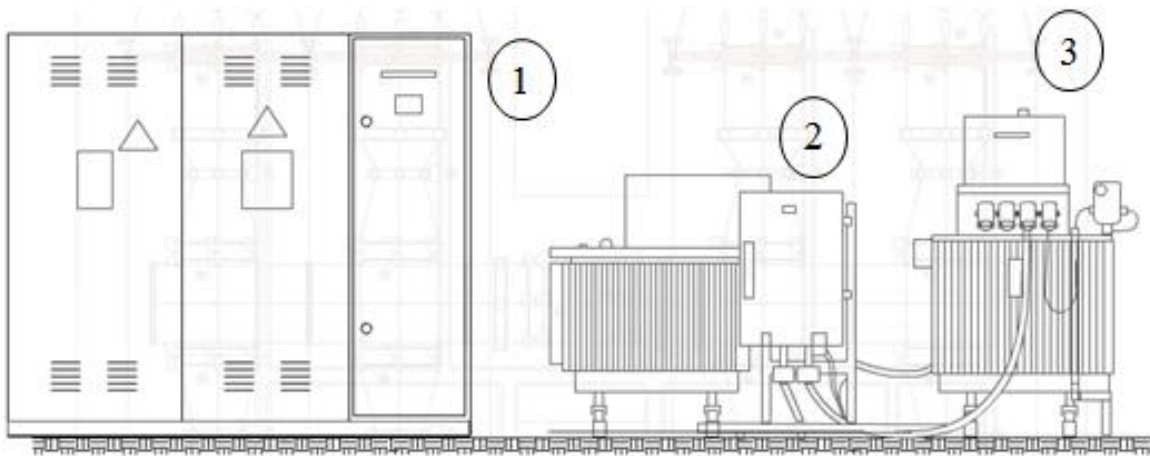


Figura 3.10 - Equipamentos de média tensão de uma subestação (EDP Distribuição, 2013).

3.2.0.1. Baterias de Condensadores

A Bateria de Condensadores (BC) (Figura 3.11) é um equipamento usado para compensar o fator de potência nas redes elétricas, ou seja, regulam a tensão por injeção de potência reativa por intermédio de blocos de baterias de condensadores, necessária para alimentar os motores, transformadores e equipamentos que utilizem campos elétricos (EDP Distribuição, 2013).



Figura 3.11 - Baterias de Condensadores.

3.2.0.2. Reatância de Neutro

A Reatância de Neutro (RN) (Figura 3.12) é um equipamento que tem como função limitar a intensidade de corrente de curto-circuito fase-terra a uma determinada corrente (normalmente 300 A ou 1000 A). Este equipamento está ligado nos secundários dos TP de forma a criar uma impedância de ligação à terra, limitando assim, a intensidade de corrente de curto-circuito (EDP Distribuição, 2013).



Figura 3.12 - Reatância de Neutro.

3.2.0.3. Transformadores de Serviços Auxiliares

Este transformador (Figura 3.13) é utilizado para alimentar os circuitos auxiliares de uma subestação: ar condicionado, iluminação e circuitos de alimentação das unidades de proteção do retificador. O princípio de funcionamento do Transformador de Serviços Auxiliares (TSA) é igual ao do TP diferenciando-se apenas na sua potência que é bastante mais reduzida, normalmente 100 kVA (EDP Distribuição, 2013).



Figura 3.13 - Transformador de Serviços Auxiliares.

3.2. Edifício de comando

O Edifício de Comando (Figura 3.14) está situado perto do Parque Exterior de Aparelhagem e é constituído por uma sala ampla onde está instalado o equipamento principal de MT – Quadro Metálico de Média Tensão (QMMT) e armários que integram os Sistemas de Proteção, Comando e Controlo (SPCC).



Figura 3.14 - Edifício de Comando.

3.2.1. Armários de Comando e Controlo

Os Armários de Comando e Controlo (ACC) recebem informação proveniente dos equipamentos instalados no parque exterior, estando especificado quais os equipamentos que são ligados a cada um deles (Morais, 2009). Na figura 3.15 encontra-se um esquema com os ACC que se encontram numa subestação.

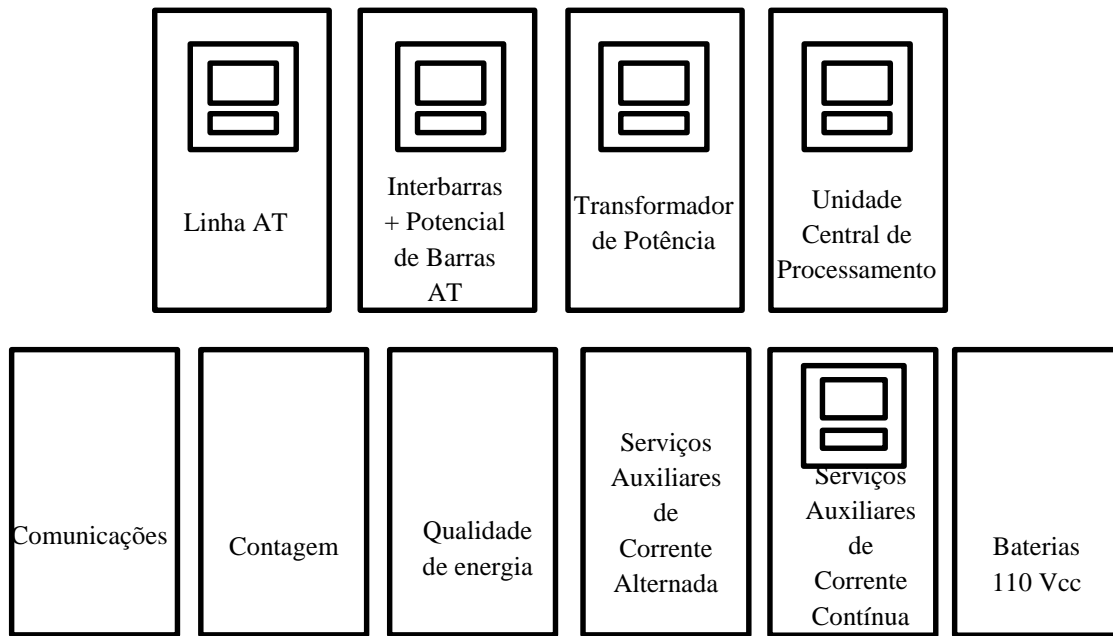


Figura 3.15 - Armários de Comando e Controlo.

O Armário de Linha AT é constituído por dois Dispositivos Eletrónicos Inteligentes (IED) e apenas admite duas linhas de chegada AT, e no caso de existirem mais, é necessário recorrer a outro ACC idêntico.

No ACC do Potencial de Barras AT e Interbarras onde são ligados os diferentes órgãos é, igualmente, constituído por dois IED.

O ACC do Transformador de Potência é constituído por três IDE e por cada Transformador de Potência que é instalado é necessário um destes armários. Por conseguinte, o ACC referente à Unidade Central de Processamento (UCP), onde se encontra a Unidade Central (UC) e o Posto de Comando Local (PCL), é constituído por um monitor, rato e teclado de modo, a facilitar a interação com o operador. Cada ACC possui um *switch* onde são ligados (através de fibra ótica), os IED.

Para as comunicações existem dois ACC, um que é usado para as ligações de fibra ótica e outro para os repartidores locais, estando disponibilizados as interfaces dos serviços de comunicação como por exemplo: Telecontagem, SCADA, Teleproteções, entre outros. O Armário de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada não possui IED que é instalado no Armário dos Serviços Auxiliares de Corrente Contínua e engloba as funções associados a estes dois armários. Relativamente ao armário do sistema de bateria, existem no máximo três ACC, sendo que um deles está destinado para o alimentador e os restantes para as baterias.

Nos ACC de Linha AT, Inter-Barras e Potencial de Barras, TP, UCP, e Serviços Auxiliares de Corrente Contínua é utilizado um *switch* por armário e onde são ligados os IED instalados nesse armário. Contudo, os ACC de Comunicações, Contagem, Qualidade de energia e Baterias não possuem nenhum *switch* (Morais, 2009).

De seguida é apresentado na tabela 3.1 as funções de cada Armário de Comando e Controlo.

Tabela 3.1 – Funções dos Armários de Comando e Controlo (EDP - Energias de Portugal, 2007).

Linha AT	Assegura a ligação entre o barramento AT e a linha AT;
Interbarras + Potencial de barras AT	Assegura a ligação de dois barramentos entre si e a ligação entre o barramento AT e os transformadores de tensão do barramento;
Transformador de Potência	Assegura a ligação entre o barramento AT e o primário do transformador de potência AT/MT;
Unidade Central de Processamento	Computador industrial que permite a comunicação entre a subestação e o centro de comando;
Comunicações	É constituído por vários equipamentos de telecomunicação que permitem telecomandar remotamente uma subestação sem qualquer presença física de técnicos;
Contagem	É constituído por um sistema de telecontagem que envia os dados dos contadores através da rede telefónica para os serviços da EDP;
Qualidade de Energia	Possui um sistema de monitorização da qualidade de energia;
Serviços Auxiliares de Corrente Alternada	É constituído por disjuntores de BT que alimentam os vários circuitos de tensão alternada da subestação (exemplo: ventilação);
Serviços Auxiliares de Corrente Contínua	É constituído por disjuntores de BT que alimentam os vários circuitos de tensão contínua da subestação;
Baterias de Tensão Contínua	Asseguram o comando funcional da subestação durante o tempo de capacidade das baterias;

3.2.2. Quadro Metálico MT

O QMMT é um quadro blindado que contém as Celas de MT, onde se interligam as linhas de MT da rede de distribuição que por sua vez, irão alimentar os Postos de Seccionamento de Transformação da rede de distribuição nos centros de consumo (EDP Distribuição, 2013). Cada QMMT pode comportar os seguintes tipos de celas que se encontram no esquema da figura 3.16.

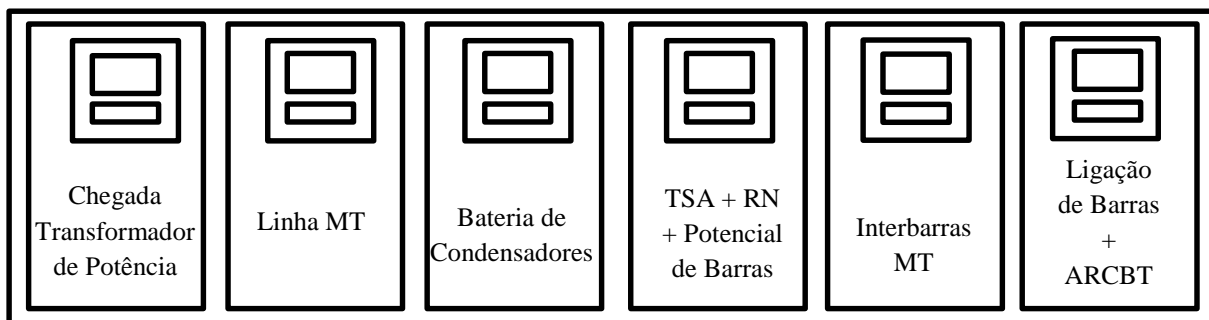


Figura 3.16 - Quadro Metálico de Média Tensão.

Nas celas de Ligação de Barras e no Armário de Reagrupamento de Cabos de Baixa Tensão (ARCBT), não é instalado nenhum IED, no entanto, no Transformador de Serviços Auxiliares (TSA), RN e Potencial de Barras MT, nalguns casos, podem ser instalados dois. Nas restantes celas é instalado um IED por armário. No QMMT existem apenas *switches* no quadro de Ligação de Barras e no ARCBT, ao contrário do que acontecia nalguns ACC, em que eram instalados *switches* individuais em cada armário. Na tabela 3.2 são apresentadas as funções de cada uma das celas referidas anteriormente (Morais, 2009).

Tabela 3.2 - Funções das Celas do Quadro Metálico de Média Tensão (EDP - Energias de Portugal, 2007).

Linha MT

Assegura a ligação entre o barramento do quadro metálico e a respetiva linha de distribuição MT;

Chegada do Transformador de Potência

Assegura a ligação entre o secundário do transformador de potência de AT/MT e o barramento do quadro metálico;

Bateria de Condensadores

Assegura a ligação entre o barramento do quadro metálico e a bateria de condensadores de MT;

Transformador de Serviços Auxiliares + Reatância de Neutro

Assegura a ligação entre o barramento do quadro metálico e o transformador MT/BT de serviços auxiliares e a reatância de criação de neutro artificial;

Potencial de Barras

Está equipada com os transformadores de medida de tensão de barras;

Interbarras MT

Assegura a ligação de dois barramentos entre si;

Ligação de Barras e Armário de Reagrupamento de Cabos

Assegura a ligação de cada barramento à cela de Interbarras de MT;

3.2.3. Sistema de Proteção de Comando e Controlo

Antigamente nas subestações da RND existia uma grande necessidade de colaboradores a trabalhar 24 horas por dia durante os 365 dias do ano, com a tarefa de garantirem o bom funcionamento da SE com intervenção nas instalações caso fosse necessário. Com o aparecimento do telecomando e o desenvolvimento das comunicações, foi possível ter supervisão remota significando uma grande evolução nos Sistema de Proteção, Comando e Controlo, no sentido de ganhar autonomia sem ter a necessidade de ter presença permanente de colaboradores na SE. Deste modo, a gestão da rede (Comando e Controlo) passou a ser realizada de forma centralizada.

A evolução dos sistemas de automação e telecomunicação e a sua integração nas subestações permitiu aumentar as funções de proteção e possuir maior rapidez no processamento de comandos e controlos uma vez que, substitui-se os fios de cobre por fibra ótica reduzindo assim, substancialmente a cablagem e a complexidade da eletrificação

Um SPCC pode ser classificado de clássico ou numérico. Nos SPCC de tecnologia clássica, o comando e controlo da subestação AT/MT é assegurado por um autómato: a URTA, sendo esta responsável pelo automatismo e telecontrolo, integrando uma base de dados onde está centrada toda a informação da subestação e onde é efetuado o registo cronológico de todos os acontecimentos ocorridos na SE.

O sistema de proteção do Sistema de Comando e Controlo (SCC) clássico é implementado de forma autónoma e centralizado, estando as proteções instaladas em cada painel. Este sistema recebe informações de defeitos das unidades e por sua vez, comunica à URTA e conseqüentemente, caso seja necessário, esta dará ordem para realizar o automatismo solicitado ao painel com defeito. A interação com a aparelhagem da SE é feita através de relés de proteção (Sousa, 2013).

Com a evolução tecnológica dos equipamentos do SPCC (aparecimentos das proteções numéricas e implementação das redes locais de comunicação), levou à alteração da arquitetura de algumas subestações, passando de subestações clássicas para subestações numéricas.

Comparando as subestações numéricas com as clássicas, elas diferenciam-se particularmente, na forma como a informação é trocada e gerida entre os elementos que as constituem. Nestes novos sistemas são identificados dois dispositivos fundamentais:

- Unidade de Painel (UP) responsável por proteção, aquisição, tratamento de sinalizações, execução de comando e aquisição de grandezas analógicas, desempenhando ainda algumas funções de automatismo;
- Unidade de Processamento Central (UPC) onde está integrada uma base de dados centralizada, responsável pela comunicação com o centro de comando e pelo tratamento das comunicações locais ou remotas.

Os sistemas de comando e controlo numérico são bastante vantajosos face aos clássicos, dado que as funções de proteção, automatismo e telecomando estão descentralizados. Deste modo,

passou-se a usar sistemas de controlo integrado, isto é, Sistemas Proteção, Comando e Controlo Numérico, onde as funções de proteção e automatismos são distribuídas pelos vários IED dos diversos painéis. Os IED conseguem uma descentralização das bases de dados, maior autonomia de proteções por painel, possibilidade de implementação de condições específicas de funcionamento, uma rede local de comunicações (RLC) fiável e não menos relevante, uma interface homem-máquina prática e acessível do ponto de vista do utilizador.

Num SPCC numérico os equipamentos que o constitui são de tecnologia digital e são integrados de forma a serem um sistema único, que visa, fundamentalmente, a obtenção de (EDP - Energias de Portugal, 2007):

- Uma estrutura modular e flexível, facilmente adaptável às evoluções da instalação;
- Simplificação das interligações entre os diversos equipamentos deste sistema;
- Maior eficiência na supervisão da instalação, conseguida através de funções de autodiagnóstico, de modo a facilitar a realização de tarefas de planificação, controlo, conservação e manutenção;
- Através da interligação conseguida pela tecnologia usada, otimizar o controlo das diversas funcionalidades do sistema.

Um SPCC possui um conjunto de funções que possibilitam configurar, parametrizar, recolher dados das unidades de painel (e da unidade central) à distância e comunicar com os diversos agentes que intervêm na rede (EDP - Energias de Portugal, 2007):

- **SCADA**
É uma aplicação que possibilita a supervisão e comando da subestação, local ou remotamente.
- **Telecontagem**
É um serviço que possibilita a recolha diária de impulsos correspondentes aos valores de contagem de energia nos diferentes painéis da subestação. Estes valores serão pedidos e em consequência enviados para uma central de tratamento localizada “à distância”.
- **Teleengenharia**
A função de teleengenharia permite acesso remoto à URTA, recolhe informações relativas a todo o SPCC e efetua alterações de parâmetros e modos de funcionamento das funções de proteção e automatismo. Este serviço será executado a partir de um Centro de Engenharia.
- **Supervisão de equipamentos**
É uma funcionalidade do equipamento que permite conhecer o seu estado de funcionamento. Esta supervisão pode ser enviada por telecomando e à distância, nomeadamente no despacho (em SCADA), conhecer-se a anomalia do equipamento.

Existem vários equipamentos na subestação que disponibilizam funções que permitem emitir um alerta quando se verifica o seu mau funcionamento.

- **Teleproteção**

Este serviço assegura a ligação ponto-a-ponto digital entre duas ou três proteções de instalações distintas.

Ainda relativamente às funções de um SPCC, existem outras funções complementares às referidas anteriormente, como é o caso da vídeo-vigilância, telefone, apoio remoto por vídeo e a monitoração da qualidade de serviço técnico.

Um dos projetos realizados neste estágio está diretamente relacionado com os Sistemas de Comando e Controlo (SCC) clássicos. Neste sentido, o foco principal será na descrição mais aprofundada destes sistemas. Deste modo e não menosprezando os SPCC, irá ser realizado com mais detalhe uma descrição dos equipamentos presentes nas instalações, como é o caso da URTA.

3.2.3.1. Constituição de um Sistema de Proteção, Comando e Controlo Clássico

O Sistema de Proteção, Comando e Controlo (SPCC) clássico é composto pelos equipamentos seguintes:

3.2.3.1.1. Proteções eletrónicas ou numéricas

Funcionam de forma independente e descentralizada, e estão associadas a painéis AT ou MT da subestação AT/MT. Estas usufruem um sistema de medida de sinais analógicos constituído por dispositivos semicondutores, como transístores e díodos. Neste sistema clássico, as proteções não comunicam diretamente entre si, não existindo assim, partilha de informação entre elas (Tavares, 2012).

3.2.3.1.2. Unidade Remota de Teleação e Automatismo

A URTA é responsável pelas funções de automatismo e de telecontrolo. Possui uma base de dados que atualiza a informação e comandos enviados do centro de condução e posto de comando local para a aparelhagem AT e MT da subestação, assim como a informação de medidas, de alarmes e de sinalizações provenientes da subestação para o centro de condução. Todas as funções de automatismo (como por exemplo: deslastre e reposição por tensão ou deslastre e reposição por frequência) são asseguradas pela URTA (Tavares, 2012).

É constituída por um conjunto de cartas eletrónicas encaixadas em “*subracks*”, que por sua vez são alimentadas por um tensão contínua que provêm de conversores de corrente contínua que estão também instalados numa “*subrack*”. Salienta-se, que este equipamento é instalado

num armário que obedece à norma DIN 41494 (EDP Distribuição Energia S.A., 2001). Na figura 3.17 encontra-se as principais cartas que uma URTA pode conter.

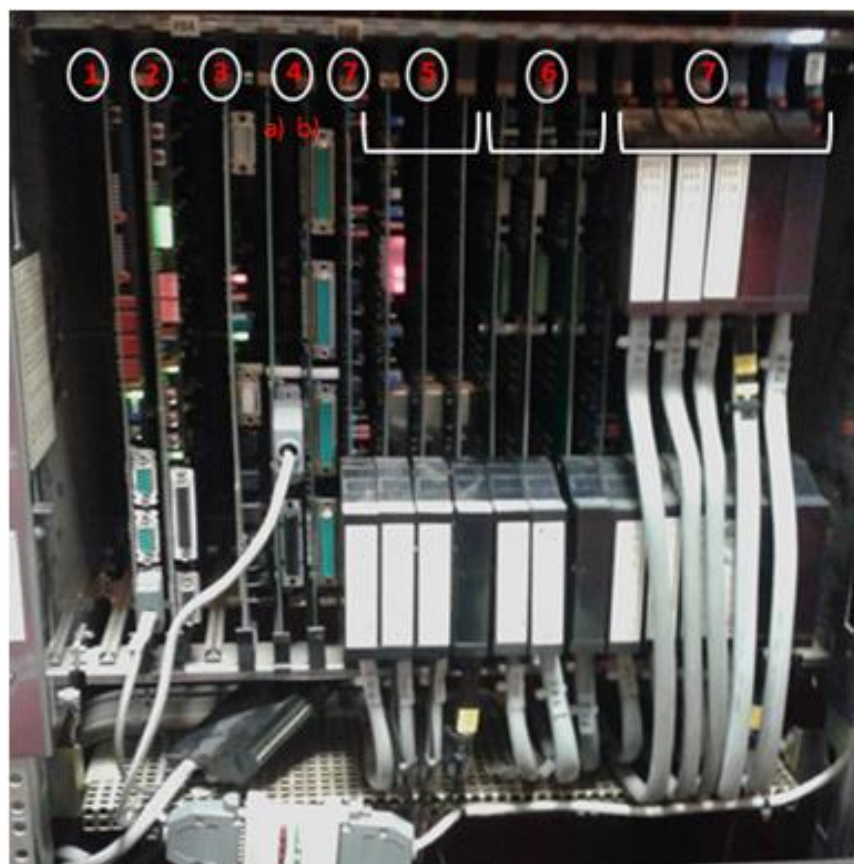


Figura 3.17 – Cartas principais disponíveis numa Unidade Remota de Teleação e Automatismo.

- 1. Unidade Central de Processamento (UCP) (Figura 3.18)** - A sua principal função é colocar a URTA a funcionar, ou seja, quando se carrega a base de dados com a informação pretendida, a UCP irá receber essa informação e consequentemente, coloca a informação em cada carta de modo a que cada uma delas saiba qual a sua função. Também é responsável pelo processamento e pelo envio de sinalizações e medidas que são encaminhadas para o despacho. Para além disso, recebe os comandos que vêm do despacho. Na UCP todos os LED vermelhos que se encontram na carta dizem respeito a uma informação de avaria. Na figura 3.19 está assinalado com um círculo a vermelho os LED referidos anteriormente, denotando-se para o facto que se encontra uma luz vermelha ligada que significa que não está nenhuma impressora ligada (defeito de impressora).



Figura 3.18 – Carta de Unidade Central de Processamento.

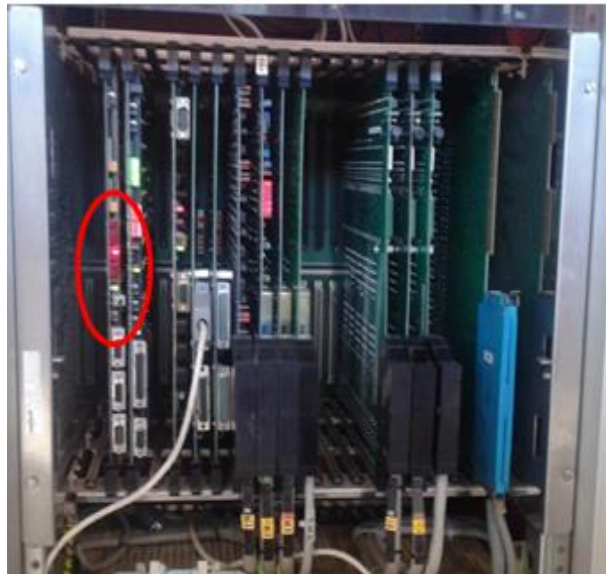


Figura 3.19 – Cartas da Unidade Remota de Teleação e Automatismo.

- 2. Carta que detém a base de dados da instalação** – É uma carta de memória que possui a base de dados da instalação. Como referido anteriormente, esta carta é responsável por fazer chegar a informação indispensável ao funcionamento da UCP e das restantes cartas (Figura 3.20).



Figura 3.20 – Carta da base de dados.

- 3. Carta de processamento rápido** – Para além de ter a função de *Watchdog*, é ela que realiza o controlo horário da instalação. Relativamente ao *Watchdog*, a sua função foca-se na supervisão de todo o *hardware* que está na instalação bem como, simular o fecho de todos os comandos de forma periódica de modo a verificar que o sistema permanece em bom funcionamento (Figura 3.21).

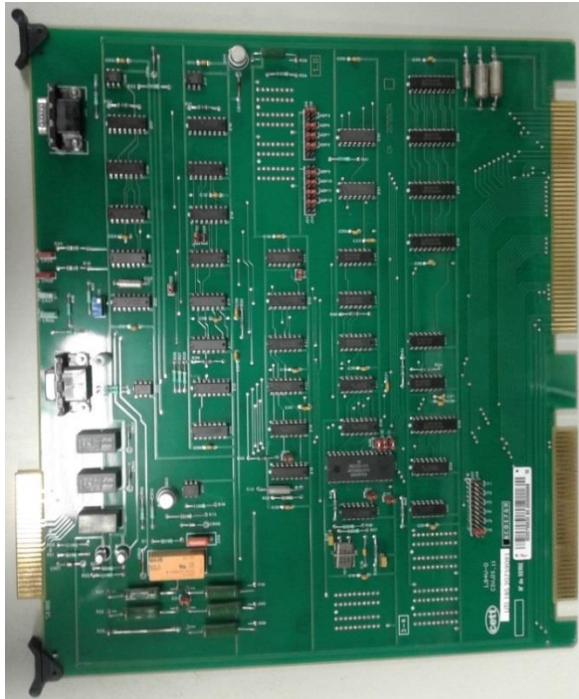


Figura 3.21 – Carta de processamento rápido.

As cartas que foram descritas anteriormente não podem ser mudadas de posição, ou seja, têm de estar posicionada como mostra na figura 3.17. As restante cartas, é possível serem mudadas de lugar e colocadas na posição que o responsável da instalação entender.

- 4. Cartas de Interface RS232** – A carta 4 a) representada na figura 3.17 tem a função de modem de comunicação para o despacho, ou seja, transmite toda a informação da instalação que está presente no SCADA do despacho. A carta 4 b) representada na figura 3.17 é responsável pelo registo de todas as alterações que ocorreram na instalação em tempo real (carta de impressora). Ambas as cartas apresentam o aspeto da figura 3.22, diferenciando-se apenas na função que cada um detém.



Figura 3.22 – Carta de impressora.

5. **Carta de Comandos** – Cada uma destas cartas contém 32 comandos que constitui 32 relés em cada carta. Elas recebem a informação em modo digital que vem do despacho e seguidamente envia a informação para o respetivo painel (Figura 3.23).

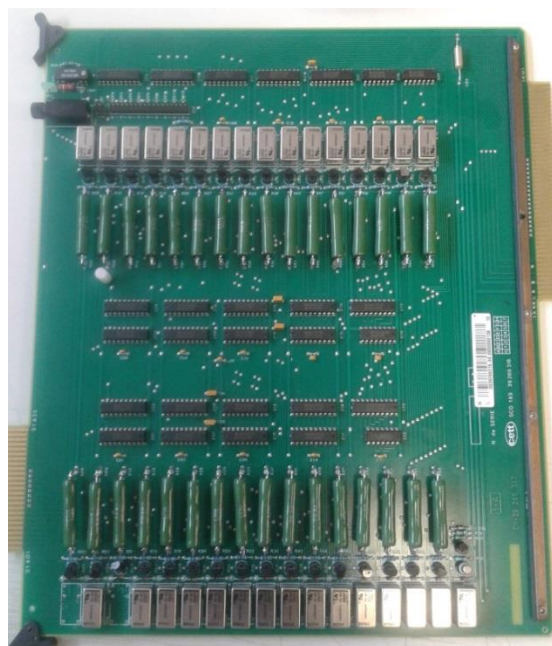


Figura 3.23 – Carta de comandos.

6. **Carta de Medidas** – Neste leque de cartas (Figura 3.24), todas efetuam medidas, no entanto a primeira carta de medidas é diferente das restantes e é designada de EMMA 1 e possui um conversor analógico-digital. Todas as restantes cartas, ao efetuarem a leitura de medidas, enviam essas medidas para a EMMA 1 por forma a converter as medidas de analógico para digital para que possam ser transmitidas para o despacho.

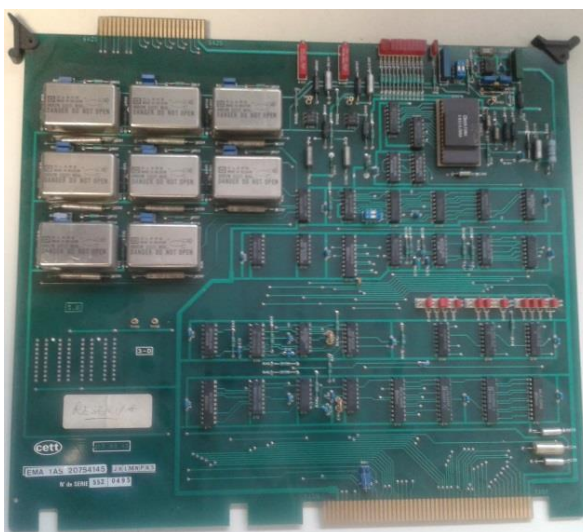


Figura 3.24 – Carta de medidas.

7. **Carta de sinalizações** – Este tipo de carta (Figura 3.25) é apenas direcionada para as sinalizações que se encontram nas tomadas dos TP.



Figura 3.25 – Carta de sinalização.

Para além do trabalho efetuado nos diferentes painéis das subestações por forma a recolher as informações necessárias à teleação e aos automatismos, houve a necessidade de instalar um equipamento de interface entre a subestação e a URTA conhecido por Armário de Isolamento Galvânico ou AIG (Figura 3.26). Este equipamento destina-se a isolar a URTA da SE devido a duas razões (EDP Distribuição Energia S.A., 2001):

- Diferença entre as tensões de trabalho da subestação (110Vcc ou 220Vcc) e da URTA (48Vcc);
- A proteção a ser colocada nos equipamentos eletrónicos deve ser contra sinais transitórios de alta energia uma vez que, se não forem isolados pela proteção, colocado a montante do equipamento a proteger, pode danificá-lo.

O AIG é organizado por vários módulos que desencadeiam três funções distintas e ainda um dispositivo que apenas assegura o isolamento da subestação das ordens vindas do Centro de Comando. Relativamente às funções desencadeadas pelos módulos distinguem-se (EDP Distribuição Energia S.A., 2001):

- A adaptação das ordens – relés montados em bases octais (Figura 3.27);
- A adaptação das sinalizações e alarmes – realizada através de relés soldados em cartas de circuito impresso (Figura 3.28) que, por sua vez, são instaladas em “*subracks*”;
- A adaptação das medidas – adaptação das grandezas analógicas vindas dos TI e dos TT da subestação são executadas por dispositivos eletrónicos especiais designados por Conversores de Medida (Figura 3.29), que convertem intensidade e tensões alternadas, simples ou agrupadas, de modo a representarem potências ativas ou reativas numa corrente contínua de baixa intensidade que lhes é proporcional.



Figura 3.26 - Armário de Isolamento Galvânico.



Figura 3.27 – Relés montados em bases octais.



Figura 3.28 – Relés soldados em cartas de circuito impresso.



Figura 3.29 – Conversores de medidas.

O funcionamento do AIG, da URTA e dos equipamentos de comunicações exige uma alimentação o mais estabilizada possível e sem falhas. Para tal, são instalados alimentadores de corrente contínua de 48V, usufruindo de uma bateria alcalina (45Ah ou 85Ah) que serve de reserva de energia.

3.2.3.1.3. Posto de comando local (PCL)

O posto de comando local encontra-se ligado à URTA, permitindo deste modo, o comando e controlo local da aparelhagem AT e MT da subestação.

Na figura 3.30 encontra-se a arquitetura que tipicamente se encontra num SPCC clássico. Na arquitetura de comunicação do SPCC de uma subestação AT/MT com o centro de condução destaca-se a URTA, as redes de comunicação e um *FontEnd* (FE). A rede de comunicação entre a URTA e o FE é assegurado por rádio ou em fibra ótica enquanto que a rede de comunicação entre o FE e o centro de condução é realizada através de fibra ótica.

Um FE é constituído por uma unidade baseada num computador industrial que permite comunicar com várias subestações AT/MT e desempenha o processamento dos dados relativos à gestão de várias SE (Tavares, 2012).

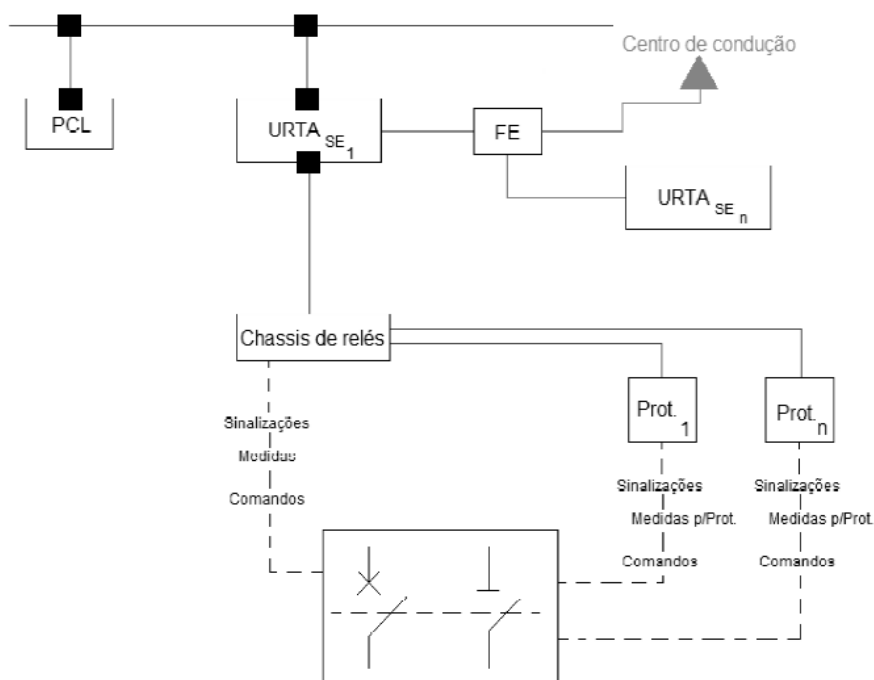


Figura 3.30 – Arquitetura típica de um Sistema de Proteção, Comando e Controlo Clássico (EDP Distribuição - Energia, S.A., 2005).

3.2.3.2. Constituição de um Sistema de Proteção, Comando e Controlo Numérico

O SPCC numérico interage com os equipamentos AT ou MT da subestação, nomeadamente disjuntores AT ou MT, ou transformadores de potência AT/MT (EDP Distribuição - Energia, S.A.). A sua arquitetura pode ser dividida em três níveis hierárquicos interligados entre si como se pode visualizar na figura 3.31.

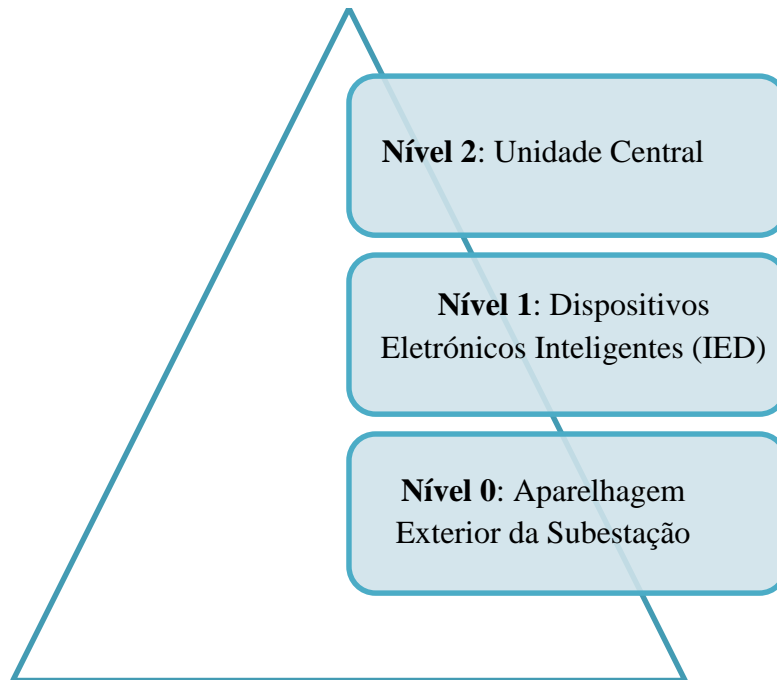


Figura 3.31 – Arquitetura de um Sistema de Proteção, Comando e Controlo das subestações numéricas.

No nível 0 encontram-se os equipamentos como os disjuntores, transformadores de tensão e de corrente, inclusive são executadas as funções clássicas de cada equipamento primário da SE (Figura 3.32).



Figura 3.32 – Aparelhagem da subestação.

No nível 1 encontram-se os dispositivos eletrônicos inteligentes (IED) que são responsáveis pela aquisição de dados de estado e medidas e ainda pela execução de funções de proteção, automatismo, comando e controlo de todos os equipamentos relativos à subestação. Estes encontram-se ligados a painéis instalados no interior do edifício de comando das SE.

Deste modo, os IED (Figura 3.33) são responsáveis por (Tavares, 2012):

4. Emissão de ordens para equipamentos de MT e AT da subestação;
5. Aquisição de medidas de grandezas elétricas e de sinalizações dos equipamentos de MT e AT da subestação;
6. Interação com a Unidade Central e dos outros IED pertencentes a essa subestação, através da rede local de comunicação;
7. Implementação de funções de proteção e automatismo;
8. Comando local dos aparelhos de manobra de cada painel.



Figura 3.33 – Dispositivos Eletrónico Inteligente.

Por último no nível 2 é onde se encontra a Unidade Central (UC) e o posto de comando local (PCL), onde deverão ser desempenhadas as funções relacionadas com o comando e controlo de toda a instalação no local ou à distância. As funções desempenhadas pela UC são as seguintes (Sousa, 2013):

- É responsável pela comunicação local com os IED, com o centro de condução e telemanutenção (centro de engenharia remoto);
- Possibilita a supervisão, o comando local, a recolha e o tratamento da informação originada pela subestação;
- Proporciona a gestão do arquivo, registo cronológico de eventos no disco do PCL e oscilografia;
- Contém implementações das funções de automatismo;
- Assegura o envio de informação, via rede Ethernet, para o PCL.

Por conseguinte, as funções desempenhadas pelo PCL são:

- Permite efetuar a supervisão, comando e controlo local;

- Possibilita a comunicação com a UC.

Na figura 3.34 está representada a arquitetura típica de um SPCC numérico. A interligação entre os IED e os equipamentos AT ou MT da subestação é assegurada por meio de ligações elétricas em fio de cobre. As interligações entre os IED, entre o PCL e UC e entre os IED e a UC são efetuadas através de uma rede local de comunicação de dados em fibra ótica. O SPCC disponibiliza em tempo real toda a informação proveniente da interação com a subestação ao centro de condução. Essa informação transmitida refere-se ao estado atual de todos os equipamentos da subestação, alarmes, comandos, sinalizações e medições de grandezas elétricas.

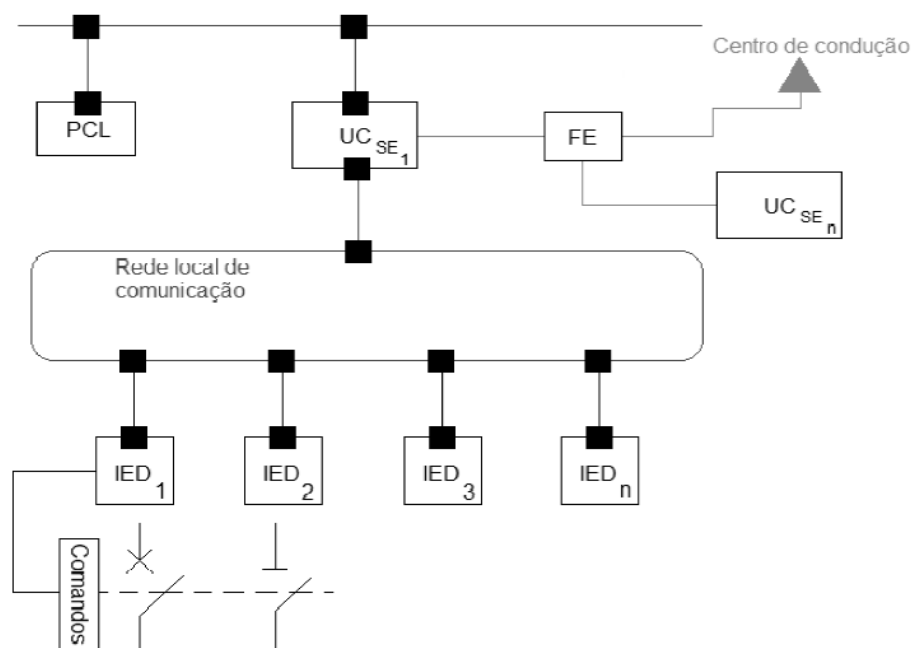


Figura 3.34 – Arquitetura típica de um Sistema de Proteção, Comando e Controlo numérico (EDP Distribuição - Energia, S.A., 2005).

3.4. Gestão de ativos em subestações

A gestão de ativos, ao longo dos tempos tornou-se numa das áreas mais importantes de uma empresa, como é o caso da EDP Distribuição, contribuindo para a sua produtividade, segurança e controlo preciso de modo a evitar riscos nas diversas áreas.

No Departamento da MNSE é fundamental possuir uma análise histórica das manutenções realizadas, surgimento de avarias bem como outros parâmetros relevantes, de modo a realizar uma gestão de ativos clara e precisa sendo que, o segundo projeto proposto está relacionado com este tipo de gestão, ou seja, procurar perceber o que é relevante possuir no histórico de cada equipamento. Assim, é necessário conhecer quais os tipos de manutenção que são usados pela empresa por forma a averiguar a informação que seria relevante conter junto de cada equipamento.

A manutenção torna-se essencial na medida em que melhora o desempenho, segurança e disponibilidade de qualquer equipamento. Caso não exista uma boa gestão, poderá acrescer o aumento do custo de operação. Deste modo, é fundamental procurar um ponto ótimo entre o custo e os benefícios da manutenção.

Um ato de manutenção deve centralizar-se na obtenção de um melhor rendimento dos ativos, garantindo a maior operabilidade dos mesmos e por conseguinte, minimizando as paragens por avaria, com o intuito de contribuir para a correta continuidade do serviço. Deve-se procurar sempre, cumprir a regulamentação de modo a respeitar todos os critérios subjacente a ela.

A divisão das técnicas de manutenção é realizada de várias formas, todavia e segundo a norma NP EN 13306:2007 Terminologia da Manutenção a sua divisão é realizada por dois grandes grupos: manutenção preventiva e manutenção corretiva.

A manutenção preventiva é realizada antes de a avaria ocorrer com o intuito de prevenir que o equipamento alcance o estado de avaria.

A manutenção corretiva está associada ao estado de avaria, ou seja, as intervenções realizadas ao equipamento são executadas depois de a avaria ocorrer. Na figura 3.35 encontram-se os tipos de manutenção considerados pela EDP Distribuição.

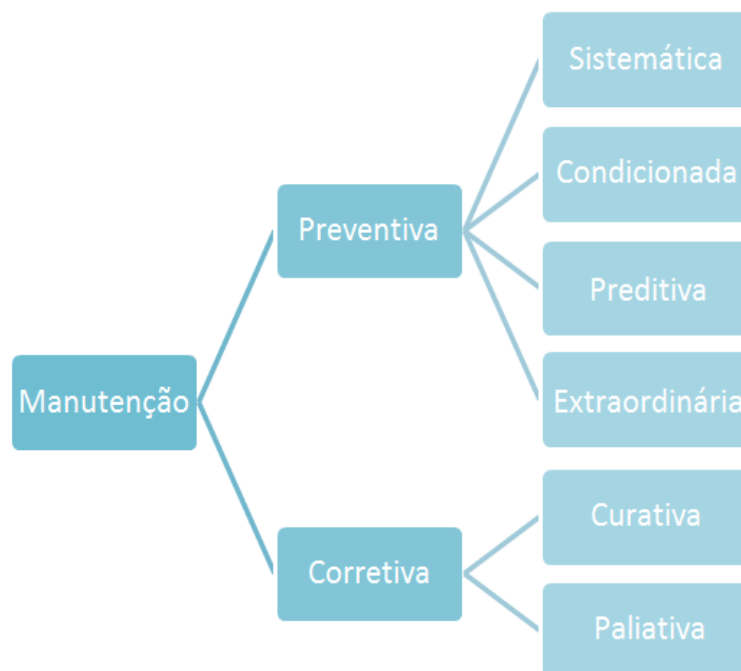


Figura 3.35 – Tipos de manutenção.

3.4.1. Manutenção Preventiva Sistemática (MPS)

Este tipo de manutenção consiste num conjunto de inspeções e ensaios realizados com base em critérios previamente estabelecidos (intervalos de tempo fixos predeterminados). Estes

intervalos de manutenção são determinados consoante o comportamento das avarias do equipamento em função do tempo.

A MPS tem como objetivo evitar a ocorrência de avarias, equilibrar a carga de trabalho de manutenção e preparar antecipadamente os recursos para tornar as intervenções mais económicas (Lopes, 2014).

3.4.2. Manutenção Preventiva Condicionada

A manutenção preventiva condicionada baseia-se no controlo do estado real de um equipamento e veio colmatar algumas das desvantagens associadas à aplicação da manutenção preventiva sistemática (Tavares, 2012). As intervenções de manutenção não são realizadas com uma periodicidade constante, mas sim de forma variável, ou seja, quando existir sinais de mau funcionamento (por exemplo: realização das ações de MPS) ou aproximação de avarias do equipamento em questão. No caso do equipamento se encontrar a funcionar em perfeitas condições, não são efetuadas intervenções.

Uma das grandes vantagens deste tipo de manutenção diz respeito à redução dos custos de manutenção na medida em que, o esforço dedicado a cada trabalho de manutenção é menor. Além disso, apresenta benefícios relacionados com a segurança dos operadores dos equipamentos.

3.4.3. Manutenção Preditiva

Esta estratégia de manutenção baseia-se na análise de informações adquiridas através da monitorização ou inspeções. Deve ser realizado um registo contínuo ou regular do valor de determinados parâmetros essenciais ao funcionamento do equipamento em análise, de modo a obter-se a previsão de uma avaria (Lopes, 2014). Os principais objetivos deste tipo de manutenção passa por:

- Reduzir os impactos dos procedimentos preventivos no resultado da operação;
- Eliminar desmontagens e remontagens para inspeção;
- Impedir propagação dos danos;
- Maximizar a vida útil total dos ativos.

3.4.4. Manutenção Extraordinária

Neste tipo de manutenção, as intervenções são realizadas a longo prazo, ou seja, ocorrem uma ou duas vezes durante a vida útil do ativo (manutenção exclusiva da EDP). Trata-se de intervenções que são conhecidas à priori e que são necessárias para que o ativo chegue ao final da sua vida útil.

As intervenções realizadas nos ativos podem ser recomendadas pelo fabricante, com base no tempo de funcionamento ou na utilização, de forma a certificar o bom funcionamento do ativo

ao longo da sua vida útil, ou pelo gestor do ativo tendo em conta os dados históricos e estatísticos existentes.

3.4.5. Manutenção Corretiva Paliativa

A manutenção corretiva paliativa tem como intuito verificar que há uma anomalia no ativo. No caso da anomalia se manter e verificar que esta ocorreu de forma catastrófica, significa que ocorreu uma avaria e por conseguinte, realizar-se-á uma intervenção de emergência. O reparo do ativo após a falha visa colocar o mesmo em condições de uso, restabelecendo uma condição provisória de funcionamento antes de uma reparação adequada.

3.4.6. Manutenção Corretiva Curativa

Comparativamente com a anterior, este tipo de manutenção, consiste na análise das causas e posteriormente procede-se à reparação do ativo. Este procedimento vai eliminar a causa da avaria ou minimizar as suas consequências. Além disso, é uma intervenção que compreende uma reparação adequada de modo a restabelecer a função do ativo.

3.5. Conclusão

Este capítulo teve como intuito dar a conhecer como é que as subestações são controladas e automatizadas, verificando-se que há de facto, uma evolução nos SPCC.

Denota-se que nos SPCC clássicos são monitorizados pela URTA, sendo esta responsável pelos automatismos e telecontrolo, possuindo uma base de dados onde está centrada toda a informação da subestação e onde é efetuado o registo cronológico de todos os acontecimentos ocorridos nessa SE. Com a evolução atual, algumas subestações recorrem a novos sistemas, os SPCC numéricos, onde as funções de proteção e automatismo são contempladas e distribuídas pelos vários IED dos diversos painéis, conseguindo-se uma descentralização das bases de dados, maior autonomia por painel entre outros aspetos.

Face ao que foi dito, torna-se difícil e dispendioso a renovação de todas as SE que adotam ainda o modelo antigo e por esta razão, existe necessidade de procurar soluções que consigam combater alguns dos problemas que nelas ocorrem.

Na parte que diz respeito à gestão de ativos em subestações demonstra que é relevante a realização de uma gestão de ativos de forma periódica no sentido de ter sempre presente em cada ativo, o seu historial de manutenções bem como outros dados essenciais para otimizar o desempenho de cada um.

Em suma, ficam reunidas as noções teóricas e algumas das necessidades que a EDP Distribuição enfrenta no dia-a-dia

4. ACOMPANHAMENTO DE TRABALHOS NO TERRENO

Durante o estágio, foram realizadas algumas visitas de campo que permitiram um acompanhamento mais próximo da realidade e do que está, de facto, por de trás de cada trabalho de manutenção. Foram presenciados vários tipos de trabalhos realizados por técnicos da empresa EME2 que atualmente pertencem à EDP Distribuição, estimulando a aprendizagem da estagiária e assimilação de todo o conhecimento que foi transmitido ao longo deste estágio, possibilitando a consolidação da informação adquirida academicamente.

De seguida é apresentada uma descrição do que foi realizado e visualizado em cada uma das visitas.

4.1. Planeamento de trabalhos na beneficiação de um Transformador de Potência em fábrica

No dia 12 de maio a estagiária teve a oportunidade de acompanhar o planeamento de trabalhos na beneficiação de um Transformador de Potência (Figura 4.1) da SE da Lousã em conjugação com uma obra de civil necessária à certificação ambiental da instalação. O TP referido encontrava-se bastante degradado (corrosões, necessidade de substituição do óleo e iria carecer de trocas de cablagem) e como tal, foi sujeito a uma ação de beneficiação substancial, sendo este tipo de ações realizadas em fábrica.

De modo a manter a continuidade de serviço na rede elétrica, utilizou-se um TP móvel (Figura 4.2) em substituição do TP que foi referido.



Figura 4.1 – Transformador de Potência da Subestação da Lousã.

O planeamento dos trabalhos passou por:

- Perceber como é que o TP iria ser retirado do local para ir à fábrica;
- Conjuguar a obra de civil com a retirada do TP;
- Averiguar como se iria proceder à instalação do TP móvel (pontos de ligação e como ficaria a funcionar através do telecomando);
- Analisar a distância que o outro TP da SE necessitaria de ser deslocado pois, este encontrava-se fora da bacia de retenção de óleo.



Figura 4.2 – Transformador de Potência móvel.

4.2. Manutenção Preventiva Sistemática (MPS) do painel MT na Subestação de Mangualde

No dia 2 de junho a estagiária realizou uma visita à subestação de Mangualde com o intuito de presenciar a realização de trabalhos de manutenção preventiva sistemática (MPS) de duas proteções da EFACEC S420 em painéis de linha de Média Tensão (Figura 4.3 e Figura 4.4).

Os ensaios realizados consistiram em verificar as funções de proteção tanto em Neutro Isolado como em Neutro Impedante por forma a garantir a seletividade na rede, ou seja, garantir que o nível de defeitos fase-fase e fase-terra da proteção atua-se com os parâmetros regulados.

Neste tipo de ensaios é usado um equipamento de injeção de valores secundários de correntes e tensões de modo, a realizar ensaios para aferir o funcionamento correto do sistema de proteções.



Figura 4.3 - Painel de Linha e Média Tensão.

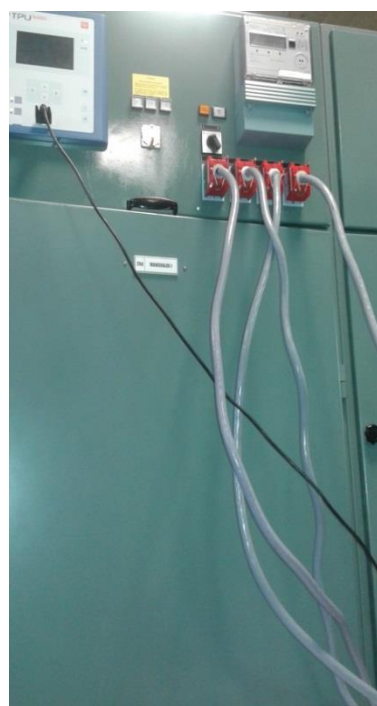


Figura 4.4 – Painel de Linha Média Tensão com cabos de ensaios.

Como estávamos na presença de uma subestação clássica, não tínhamos acesso às sinalizações que estavam a ser executadas no momento. Contudo, e em substituição ao SCADA que existe nas subestações numéricas, foi usado uma aplicação (“*Print RTU*” – Figura 4.5) que foi desenvolvida com o intuito de mostrar as sinalizações/medidas/comandos que são enviadas/recebidas para o centro de condução (CC) e verificar se estas correspondem ao que está a ser ensaiado em tempo real.

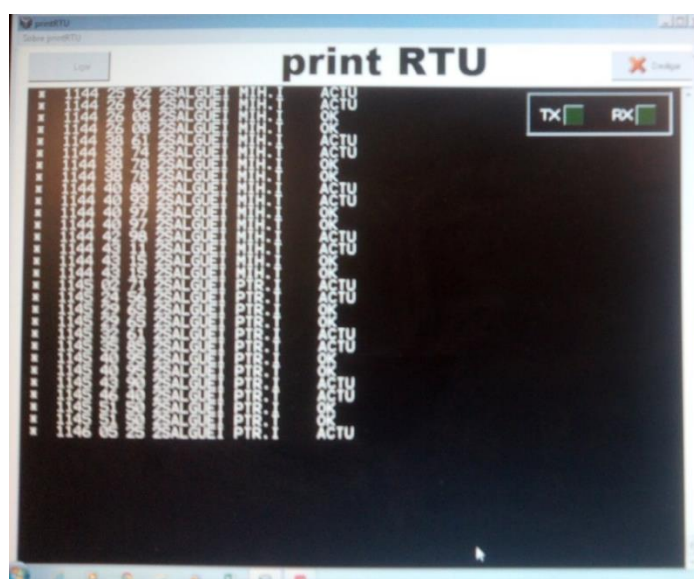


Figura 4.5 – Interface da aplicação “*print RTU*”.

4.3. Manutenção Corretiva (MC) de um painel AT na Subestação do Alto São João

No dia 12 de julho a estagiária teve a oportunidade de assistir à manutenção corretiva de um painel AT que se encontrava indisponível ao despacho da EDP Distribuição, isto é, apenas conseguia visualizar os trabalhos efetuados no local.

Para se proceder à resolução da avaria foram executados na proteção (Figura 4.6) os seguintes procedimentos:

- Ensaios às funções MIHD (Máxima Intensidade Homopolar Diferencial), MI (Máxima Intensidade), MIHND (Máxima Intensidade Homopolar Não Diferencial) e distância;
- Pequenas correções na rede de comunicação entre a proteção e o SCADA.

Após a execução destes procedimentos, verificou-se que o painel se encontrava a funcionar corretamente.

Era possível verificar as sinalizações, através do sistema SCADA da subestação, que estavam a ser enviadas para o despacho enquanto o ensaio estava a ser executado, verificando as instruções que estavam a ser ensaiadas para a proteção (Figura 4.7).



Figura 4.6 – Proteção Micom P545 que foi ensaiada.

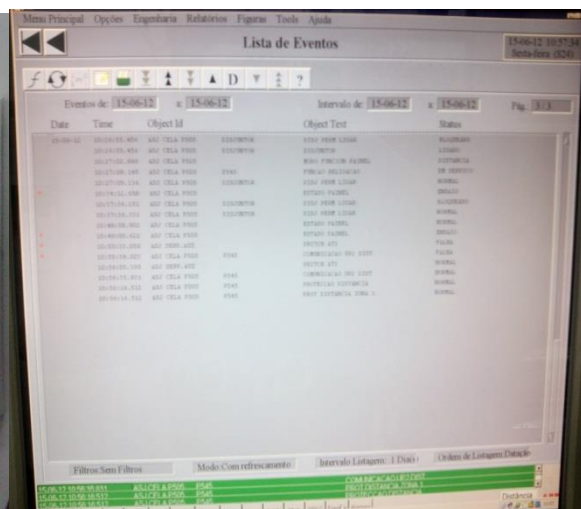


Figura 4.7 – Lista de eventos ocorrentes no momento.

4.4. Remodelação da Subestação do Entroncamento

No dia 31 de julho acompanhou-se a remodelação do Sistema de Proteção, Comando e Controlo (SPCC) (Figura 4.8) realizado por uma equipa da Siemens Portugal S.A a qual é supervisionada pela EDP Distribuição.

Presenciou-se ainda a colocação em serviço do painel Interbarras (IB) que tem como função unificar dois barramentos, neste caso em AT.

Por fim, procedeu-se ao preenchimento de informações relativas às parametrizações das proteções na base de dados GIAT. O GIAT – Gestão Integrada Automação e Telecontrolo é uma base de dados *online* que contém toda a informação e parametrização de sistemas de proteção e telecomando.



Figura 4.8 – Remodelação do Sistema de Proteção, Comando e Controlo.

4.5. Conclusão

Neste capítulo são apresentados os vários acompanhamentos dos trabalhos efetuados pelos técnicos da EDP Distribuição. Foram adquiridos vários conhecimentos relativos às subestações e constituíram uma ferramenta na compreensão e sedimentação de conhecimentos obtidos academicamente.

Ficou-se a conhecer de que forma é que as subestações são controladas e automatizadas, com base nas tecnologias que foram apresentadas no capítulo 3. Genericamente, os trabalhos efetuados foram direcionados da seguinte forma:

- Conhecer as proteções aplicadas nas SE da EDP Distribuição;
- Conhecer os equipamentos constituintes de uma SE como por exemplo, RN, BT, TP, Disjuntores, etc;
- Conhecer o sistema de religação AT e MT;
- Acompanhar ensaios realizados em proteções AT e MT.

5. Tecnologias Implementadas

5.1. Tecnologia *Global System Mobile Communication*

Com o aumento do número de utilizadores constatou-se que os sistemas telefónicos analógicos (sistemas de 1ª geração) não satisfaziam a capacidade de resposta para a procura existente. Pelo contrário, os sistemas digitais permitem, uma melhor gestão e partilha de recursos que conseqüentemente origina uma maior capacidade de resposta. Para além disso, oferecem uma qualidade mais elevada, pois são mais imunes ao ruído e interferências, permitindo ainda oferecer serviços mais avançados. Deste modo, foram implementados os sistemas de 2ª geração que fornecem serviços avançados de voz e dados compatíveis com a RDIS (Rede Digital Integrada de Serviços).



Figura 5.1 - Logo *Global System Mobile Communication*.

A tecnologia GSM, em inglês *Global System Mobile Communication* (ou Sistema Global para Comunicações Móveis) destina-se a telemóveis e é baseada em estações base de cobertura limitada, denominadas células de comunicação. Este sistema é um conjunto de *standards* internacionais, permitindo as comunicações em qualquer parte do planeta.

A tecnologia GSM é de segunda geração (2G), e caracteriza-se por ter sinal e canais de voz digitais.

5.1.1. *Arduino GSM Shield*

Uma vez que o objetivo do Sistema de Sensores e Controlo Remoto (primeiro projeto) é a utilização do serviço GSM foi adquirido um *Arduino GSM Shield* mostrado na figura 5.2, para esse efeito.



Figura 5.2 – *Arduino GSM Shield*.

A comunicação entre o *Arduino Mega* com o *Arduino GSM Shield* é realizada de uma forma especial dado que, o *Arduino Mega* possui uma interrupção no pino 2 e como tal é necessário realizar um *Jumper* do pino 2 ao pino 10. Na figura 5.3 apresenta-se o *Jumper* necessário à comunicação do *GSM Shield*.

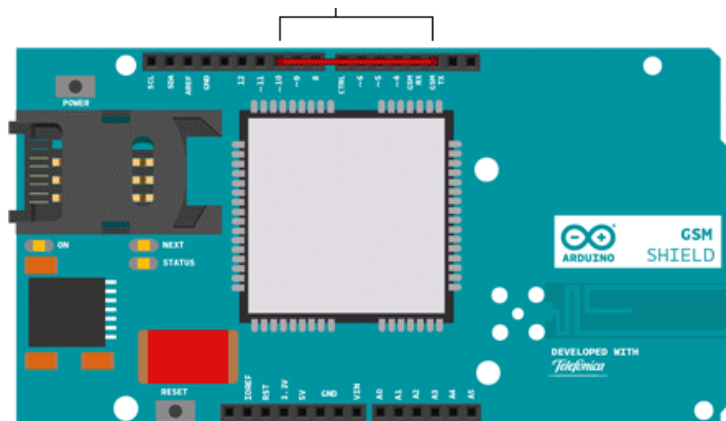


Figura 5.3 – *Jumper* necessário à comunicação do *GSM Shield*.

Relativamente à alimentação deste equipamento, é necessário que a placa seja alimentada por uma alimentação externa que forneça entre 700 mA e 1000 mA. No caso de se usar a conexão USB deve-se ter em atenção que o sistema não irá funcionar em perfeitas condições, uma vez que o USB não tem capacidade para fornecer a corrente necessária que o *GSM Shield* carece quando se conecta à rede.

Além disso, quando ocorre a transmissão de dados o GSM pode exigir uma corrente até 2 A no pico de uso. Na ausência da corrente necessária, a tendência do *GSM Shield* é desligar-se e a transmissão de dados ficar corrompida, não procedendo à ação que o utilizador determinou. Conforme se pode ver na figura 5.4, de forma a simplificar o estado de funcionamento do GSM, este equipamento possui uma série de estados observáveis através da presença de LED.

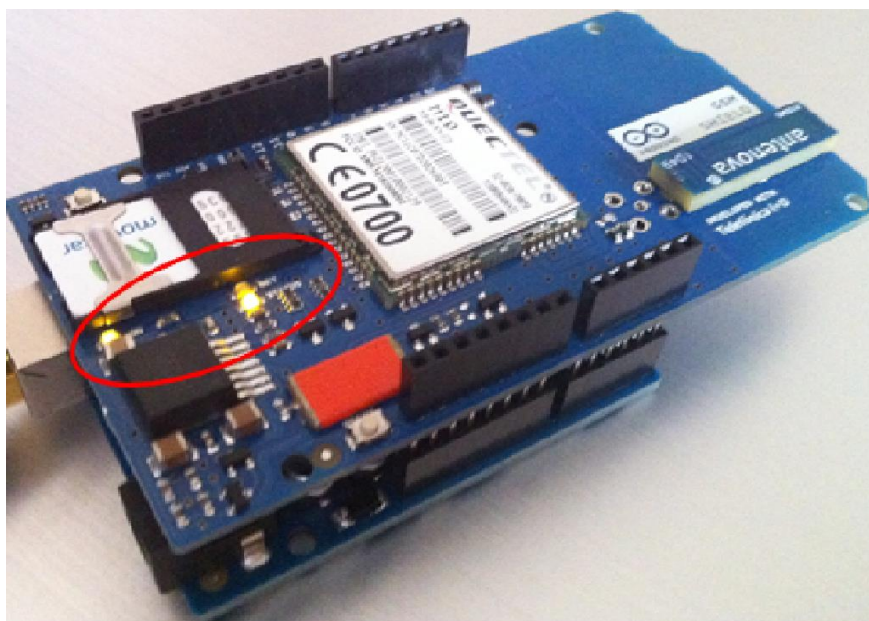


Figura 5.4 – Sinalizações do *Arduino GSM Shield*.

Cada um dos LED sinaliza os seguintes parâmetros (*Arduino GSM Shield*, 2015):

- ON: Indica que o equipamento está a receber energia elétrica;
- STATUS: Acende quando o *Shield* está ligado e quando os dados estão a ser transferidos para a rede GSM/GPRS;
- NET: Pisca quando o *Shield* comunica com a rede;

5.1.2. Comandos AT

O *Arduino GSM Shield* usufrui de uma biblioteca que facilita o recebimento e o envio de mensagens no entanto, para que o Sistema de Sensores e Controlo Remoto não funcionasse apenas com esta marca de GSM sem existir a necessidade de alterar as bibliotecas na troca deste, optou-se por usar comandos AT que são reconhecidos, geralmente, por qualquer módulo GSM.

Os comandos AT são linhas de código com solicitações de serviços reconhecidas pelo módulo GSM. Cada comando é constituído por três elementos: o prefixo, o corpo do comando e o

caracter de fim de comando ou terminação. A tabela 5.1 traduz a sintaxe dos comandos verificando-se os três elementos que foram referidos.

Tabela 5.1 – Sintaxe dos comandos AT (M10 Quectel Cellular Engine, 2010).

Nome	Sintaxe	Descrição
Comando de Teste	AT+<comando>=?	O Módulo GSM retorna uma lista de parâmetros e valores possíveis para o comando.
Comando de Leitura	AT+<comando>?	Retorna o valor do parâmetro ou o parâmetro atual.
Comando de Escrita	AT+<comando>=<...>	Escreve os valores de parâmetros definidos por usuário.
Comando de Execução	AT+<comando>	Executa parâmetros não variáveis afetados por processos internos do módulo.

Apesar do módulo GSM reconhecer um leque vasto de comandos AT, neste projeto apenas foram usados os comandos que eram necessários para executar os objetivos. A tabela 5.2 expressa os comandos usados e as suas respectivas descrições.

Tabela 5.2 – Comandos AT utilizados (M10 Quectel Cellular Engine, 2010).

Comando	Descrição
AT	Verifica a comunicação com o módulo
AT+CNMI=	Seleciona o procedimento de recebimento de novas mensagens a partir da rede.
AT+CMGF=1	Define o modo texto para mensagens de texto.
AT+CMGR=1	Lê a mensagem na posição 1.
AT+CMGD=1,4	Apaga todas as mensagens de texto do local do armazenamento atual.
AT+CMGS=""+351XXXXXXXXXX"	Envia mensagem para o número "+351XXXXXXXXXX".

5.2. Tecnologia *Radio Frequency Identification*

A tecnologia RFID - *Radio Frequency Identification* (ou Identificação por Radiofrequência) não é propriamente uma tecnologia nova, uma vez que, já era estudada desde a Segunda Guerra Mundial.

Ao longo das décadas têm-se denotado que o RFID está presente em muitos aspetos da rotina diária de todos nós, desde as instalações fabris, aos veículos, passando pelos aeroportos militares e até mesmo nas estantes dos supermercados e cabines de portagem.

A sua forma de funcionamento pode ser considerada simples, dado que se trata de um método de identificação automática através de sinais de rádio, recuperando e armazenando dados remotamente através das tão aclamadas *tags* RFID. Deste modo, uma *tag* RFID (Figura 5.5) é um pequeno objeto constituído por um *chip* de silício e antenas que lhe permite responder aos sinais de rádio enviados por uma base transmissora (*reader*).

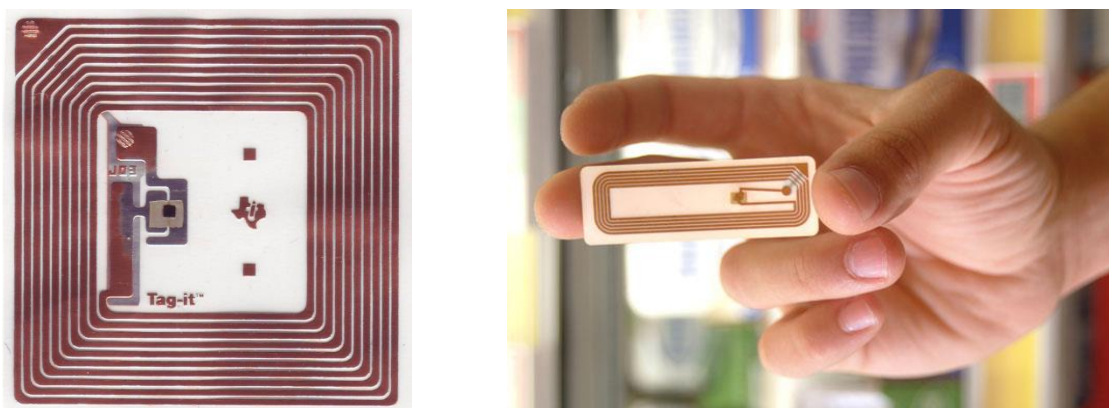


Figura 5.5 – Etiquetas *Radio Frequency Identification*.

Os sistemas RFID podem funcionar sem intervenção humana fornecendo informação objetiva, precisa e fiável. Neste sentido, a tecnologia RFID só faz sentido ser usada, se os utilizadores confiarem na tecnologia, isto é, verificando as vantagens que a tecnologia acarreta para o seu negócio/atividade. As soluções aplicacionais (*hardware e software*) têm o objetivo de oferecer serviços e ferramentas que permitam gerir a arquitetura implementada bem como, baixar os custos e subir a eficácia com maior atenção dada ao cliente.

5.2.1. Constituição e princípio de funcionamento do Sistema

Atualmente as tecnologias existentes no mercado possuem uma arquitetura bastante simples. Desta forma, podemos afirmar que um sistema RFID é constituído essencialmente por dois grandes blocos: a *TAG* e o *READER* (Finkenzeller, 2012).

A *tag* ou *transponder* é um pequeno dispositivo que tem como intuito identificar o objeto no qual foi implementado. Quando este é solicitado pelo *reader*, devolve a informação contida

dentro do seu pequeno *microchip*, quer seja apenas um simples bit ou uma pequena base de dados identificativos do histórico do produto. No caso de a *tag* ser ativa, não é necessário qualquer presença do *reader*, iremos verificar no ponto 5.2.2.2. o porquê de isto se verificar. Pode-se considerar o *reader* como o “cérebro” de um sistema RFID dado que, é responsável pela ligação entre sistemas externos de processamento de dados e as *tags*, e também é da sua responsabilidade assegurar a gestão do sistema (Teixeira, 2008).

Essa gestão pode passar por controlo de acesso múltiplo, rejeição de repetições de dados, correções de erros, entre outros. A razão pela qual a grande maioria destes processamentos serem colocados no *reader*, deve-se ao facto da *tag* ser um dispositivo pequeno e de baixa complexidade (baixo custo).

Deste forma, o *reader* é de maior dimensão, maior custo e maior complexidade, pelo que num sistema básico de RFID é possível existir apenas um *reader* para dezenas ou centenas *tags* (Teixeira, 2008).

Relativamente ao princípio de funcionamento (Figura 5.6) desta tecnologia passa pela emissão de sinais de radiofrequência através de uma antena do leitor RFID (*reader*) de forma a ativar a *tag* para ler ou escrever dados.

Quando a *tag* passa na zona do campo eletromagnético gerado, o sinal de ativação do leitor é detetado e por conseguinte é enviado um sinal de resposta. O leitor descodifica os dados armazenados no circuito integrado da *tag* e seguidamente, são transmitidos para um computador. O computador trata a informação e, se desejarmos, transmite novamente novos dados às *tags*.

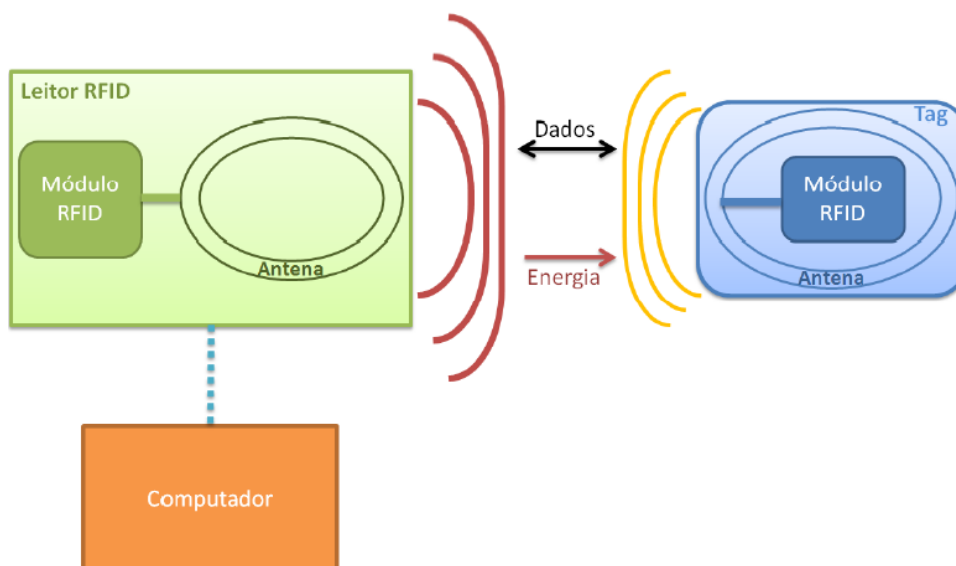


Figura 5.6 – Funcionamento do sistema *Radio Frequency Identification*.

5.2.2. Tags

As *tags* RFID existem em muitos formatos e tamanhos, tendo uma estrutura muito própria, básica e simples: um *chip* capaz de armazenar informações e uma antena.

Assumem o formato que melhor se adapta à aplicação que se pretende, e desta forma, quando são utilizadas para identificação animal as *tags* podem ter menos de 3 mm de diâmetro e menos de 10 mm de comprimento. Podem ainda ter a forma de um pino ou prego para identificar árvores ou artigos de madeira, ou forma de cartão, no caso de ser utilizada para controlo de acessos. Na figura 5.7 e na figura 5.8 é observado uma *tag* RFID, onde se denota claramente onde se situa o *microchip* (a preto) e de volta dele a antena.

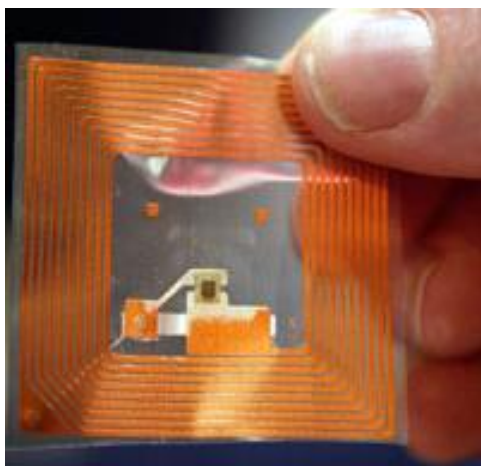


Figura 5.7 - Exemplo de uma *tag* Radio Frequency Identification.

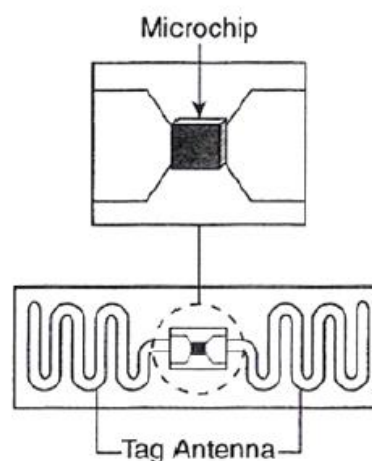


Figura 5.8 - Constituição de uma *tag* (Finkenzeller, 2012).

Em geral, as *tags* são classificadas em três tipos: passivo, ativo e semi-passivo (ou semi-ativo). Estas designações resultam da necessidade da *tag* possuir (ou não) bateria interna para o seu funcionamento e transmissão de sinal. Nos pontos seguintes, é realizada uma descrição mais pormenorizada relativamente a cada tipo de *tag*.

5.2.2.1. Tags Passivas

As *tags* passivas não necessitam de alimentação interna para comunicar com o leitor. O seu funcionamento utiliza uma técnica denominada de *backscatter*, isto é, quando recebem energia suficiente no seu campo eletromagnético enviada pelo *reader*, as *tags* são ativadas, transmitindo assim os seus dados armazenados de volta.

O *microchip* de uma *tag* passiva tem que possuir obrigatoriamente um controlador/retificador de potência de maneira a converter a potência AC do sinal RF em potência DC. Contém também um extrator de relógio e um modulador que tem como função, modular a onda

recebida do *reader*. Possui ainda uma unidade lógica que é responsável pela implementação do protocolo de comunicação entre a *tag* e o *reader*, e uma memória interna para armazenamento de dados (Figura 5.9) (Teixeira, 2008).

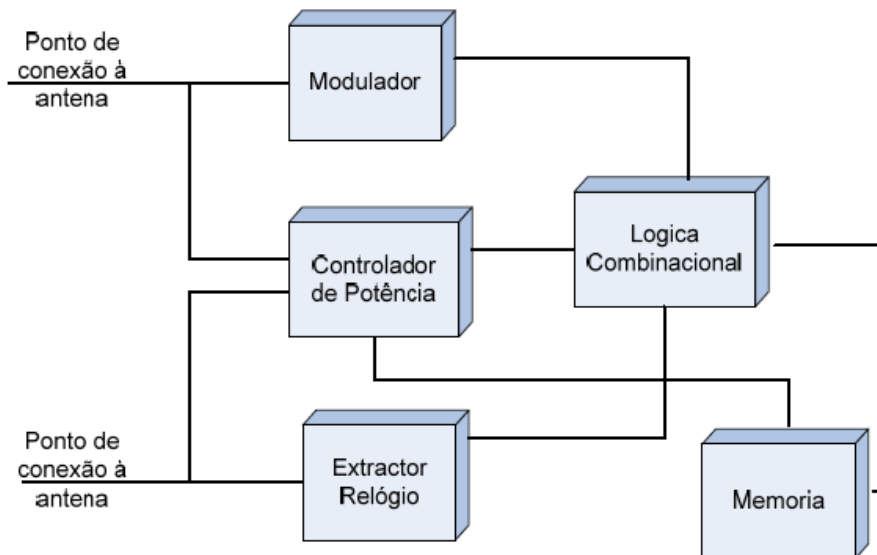


Figura 5.9 - Componentes básicos do *microchip*.

A antena da *tag* também tem como função adquirir energia do sinal recebido pelo *reader*. Esta antena está fisicamente conectada ao *microchip* e como tal, define o tamanho que cada *tag* tem. Na figura 5.10 encontram-se exemplos de *tags* que se podem encontrar no mercado atual.



Figura 5.10 - Exemplos de *tags* passivas (Gomes, 2007).

Para que as *tags* passivas entrem em funcionamento é necessário, não só que se encontrem na área do visível e de, pelo menos, uma antena externa, mas também que o *reader* lhe forneça potência suficiente para que esta tenha capacidade de estabelecer comunicação.

Comparativamente com as *tags* ativas, estas possuem um tempo de vida superior, pois não é necessário utilizar bateria. Este facto também contribui para que seja reduzido o custo de produção deste tipo de componente. Apresentam baixo coeficiente de degradação com as

condições climáticas sendo deste modo, resistentes ao desgaste porém, existe possibilidades do sinal ser afetado nos casos de aplicações que tenham madeiras, líquidos viscosos e em pequena percentagem água (Wagner, 2007).

A desvantagem deste tipo de *tag* prende-se no facto de apenas ser possível iniciar uma comunicação quando esta se encontra dentro do campo magnético emitido pelo leitor.

5.2.2.2. Tags ativas

Este tipo de *tags* (Figura 5.11), ao contrário das *tags* passivas, contêm uma fonte de energia interna que alimenta o seu circuito integrado e fornece energia para o envio de sinais de transmissão de dados para o *reader*. Desta forma, não necessitam da energia do sinal transmitido para funcionar, sendo estas independentes do *reader*. A utilização destas *tags* tem como grande principal vantagem, o alcance que elas oferecem (atualmente na ordem das dezenas de metros) abrangendo, deste modo, outro tipo de aplicações que estejam dependentes do alcance.

O simples facto, de possuírem bateria, permite-lhes estar ativas de forma contínua e de necessitar de pouca potência para que possam comunicar com uma antena. Contudo, sem manutenção, a bateria, limita o tempo de vida útil (Teixeira, 2008). No que diz respeito ao tamanho, pode ser considerado, ou não, uma desvantagem, uma vez que são superiores as *tags* passivas.

Dispõem ainda de outras funcionalidades que as *tags* passivas não usufruem: efetuar a monitorização e controlo independente, tomar iniciativa no estabelecimento de comunicações, capacidade para executar diagnósticos, largura de faixa superior às alternativas e ainda podem estar equipadas com mecanismos que lhes permitem detetar qual o melhor caminho para comunicar (Gomes, 2007).

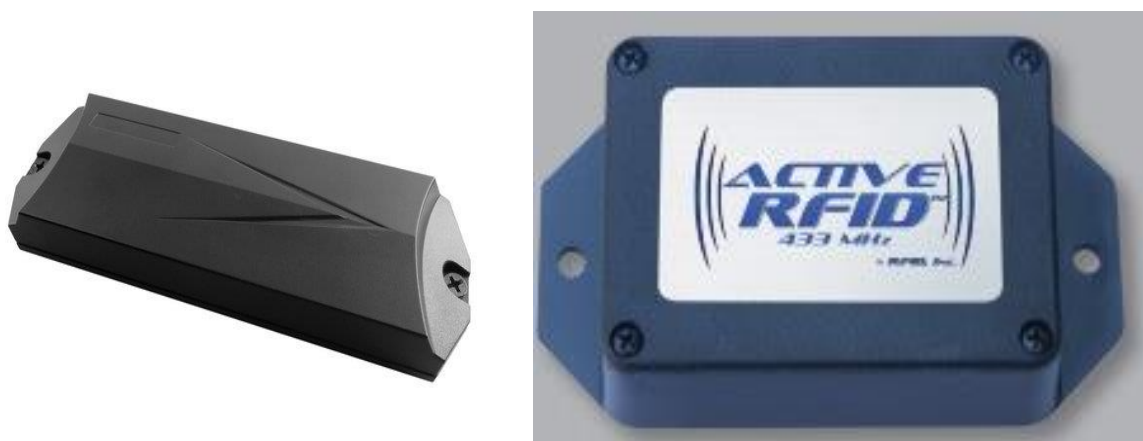


Figura 5.11 - Exemplo de *tags* ativas.

O *microchip* é geralmente maior e possui maior capacidade que a *tag* passiva porque, tendo alimentação interna, pode fornecer maior energia ao *microchip* fazendo com que este tenha uma maior capacidade de processamento e armazenamento de dados.

Poderá existir eletrónica adicional neste tipo de *tags* (sensores, processadores de dados, etc) de modo a possibilitar o funcionamento da *tag* como transmissor sem necessidade de estar na presença de um *reader* (Gomes, 2007). No entanto, este funcionamento não deve ser padronizado, pois exigiria bastante energia e esgotaria rapidamente a sua bateria.

5.2.2.3. Tags Semi-Passivas

Estas *tags* (Figura 5.12) são um híbrido das tecnologias referidas anteriormente, e como em tudo, agrupa algumas vantagens e desvantagens. Uma das suas vantagens, está no facto de poderem atingir alcances na ordem das dezenas de metros, como nas *tags* ativas pois também usufruem de uma bateria interna.



Figura 5.12 – Exemplo de *Tags* Semi-passiva.

Comparando-as com as *tags* ativas, a principal diferença, está relacionada com o facto de não serem permanentemente ativas, isto é, necessitam de receber um sinal elétrico proveniente de uma antena de modo a estabelecerem uma comunicação. São menos dispendiosas que as *tags* ativas e como tal, para implementar certos tipos de aplicações, são outra alternativa bastante viável. A bateria que ela possui é capaz de ter uma duração de 30 anos, devido às características explicitadas anteriormente. Pode responder, armazenar dados e registar eventos como por exemplo as temperaturas a que funcionou, se alguém a desmontou, se existe degradação dos sinais, quais foram os dados que leu e escreveu e quais os dados lidos e escritos (Teixeira, 2008).

5.2.3. Frequências de Funcionamento

Os sistemas RFID operam em gamas de frequências não licenciadas, conhecidas como ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) que variam de acordo com a legislação de cada país, que define as frequências e potências a que podem ser utilizados (Rei, 2010).

A performance da *tag* tem influência relativamente á velocidade de transferência de dados e raio de operação isto é, quando aumenta a frequência de funcionamento da *tag*, aumenta também a velocidade de transferência de dados, o que significa que conseguimos ler uma maior números de *tags* num mesmo intervalo de tempo. O aumento do raio de funcionamento é visto como uma vantagem para a generalidade das aplicações no entanto, do ponto de vista da segurança e privacidade torna-se problemático dado que, a informação contida na *tag* pode ser lida por um *reader* não autorizado.

Normalmente, quanto maior é a frequência menor é a capacidade do sinal para atravessar certos meios nomeadamente, água ou metal. Desta forma, deve-se ter em conta o tipo de aplicação desejada por forma, a obtermos a frequência correta de funcionamento para cumprir com os objetivos estipulados. A interferência também é uma das causas de erro na transmissão de dados e como tal, tem que se ter em consideração as fontes de interferência que estão no campo de ação do *reader*.

Na tabela 5.3 está apresentado um resumo das frequências usadas em RFID e as respetivas características.

Tabela 5.3 – Frequências usadas em *Radio Frequency Identification* e respetivas características.

Banda de Frequência	Tipos de Aplicação	Velocidade de Transmissão	Alcance	Material que penetra	Custo
LF (<i>low frequency</i>) 125-134 kHz	<ul style="list-style-type: none"> • Controlo de acessos; • Identificação de Animais; • Controlo de Inventários. 	Baixa	Curto (<30 cm)	Todo o tipo	Baixo
HF (<i>high-frequency</i>) 13,56MHz	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Smart Cards</i>; • Localização de itens; • Livrarias; • Sistemas anti-roubo; 	Moderada	Médio (~1 m)	Todo o tipo	Baixo
UHF (<i>Ultra-high-frequency</i>) 860-930MHz	<ul style="list-style-type: none"> • Gestão de bens; • Portagens; • Localização de veículos. 	Elevada	Médio a elevado (<10 m)	Não penetra tecidos nem água e metal	Elevado
<i>Microwave Frequency</i> 2,45 ou 5,8 GHz	<ul style="list-style-type: none"> • Controlo de Bagagens; • Monitorização de comboios. 	Muito elevada	Elevado	Não penetra tecidos, água e metal	Muito Elevado

5.2.4. Arquitetura de Memória do *Radio Frequency Identification*

A memória de uma *tag* RFID possui uma arquitetura específica incluindo quatro áreas de memória (Baía, 2013):

- Memória reservada 1 – Contém uma *password* que permite o acesso e a utilização da etiqueta e ainda uma *password* de *kill* que permite desativar o dispositivo, impedindo totalmente futuras utilizações;
- Memória reservada 2 – Possui um CRC (*cyclic Redundancy Code*) de 16 bits, um protocolo de controlo e ainda um código único que identifica a *tag*: EPC (*Electronic Product Code*);
- Memória TID (*Tag Identifier*) – memória utilizada para informar o *reader* RFID das funções opcionais que a *tag* pode suportar, juntamente com os dados referentes ao fabricante;
- Memória *user defined* – memória que o utilizador usufrui para armazenar os seus dados.

5.2.5. Capacidade de Armazenamento

Dependendo do tipo de *tag*, a quantidade de informação pode variar desde alguns bytes a vários megabytes de informação. Esta pode se organizada em vários formatos desde que a *tag* e o *reader* concordem num único formato de funcionamento.

Deste modo, pode-se diferenciar três tipos de memórias geralmente usadas nas *tags*: *Read Only* (RO), *Write Once Read Many* (WORM) e *Read-Write* (RW).

Read Only

Muitas das *tags* passivas pertencem a esta categoria, e apenas permitem realizar uma leitura dos dados contidos na sua memória. São programadas uma vez na vida, geralmente na própria fábrica. Sendo estas unicamente de leitura, a sua gravação é permanente, não sendo permitindo à *tag* qualquer atualização dos seus dados. É prático para pequenas aplicações comerciais ou para fins de localização com etiquetas *standard*, como, por exemplo, em lojas de roupas ou bibliotecas. Contudo, torna-se impraticável para largos processos de manufatura ou para sistemas que necessitem de atualização de dados.

Write Once, Read Many

Em teoria, as *tags* WORM poderiam apenas ser programadas pelo comprador no momento e para o fim que fosse desejado. Todavia, na prática existe a possibilidade de reprogramar alguns tipos de *tags* WORM mais que uma vez sendo que, os números típicos rondam as 100 vezes. No entanto, se este número de reprogramações for elevado, corre-se o risco de

danificar permanentemente a *tag*, inutilizando a sua memória. Esta reprogramação não permite à *tag* a sua auto-atualização, pois esta terá sempre que ser feita por um programador com o material indicado para esse fim.

Read-Write

As *tags* Read-Write são as mais versáteis, uma vez que, podem ser reprogramadas inúmeras vezes, variando entre 10.000 a 100.000 vezes, no entanto já existem *tags* onde este limite é muito superior. As vantagens deste tipo de *tags* são imensas quando comparadas com as restantes, dado que permitem, por exemplo, atualizações permanentes da informação contida na sua memória, elaboração de um histórico do percurso de um produto, monitorização em tempo real da temperatura ou outra variável física, entre muitas outras coisas. É o mais indicado para segurança de dados, monitorização de ambientes e processos que necessitem de atualização constante.

5.3. Plataforma Arduino

A plataforma *Arduino* é uma ferramenta de desenvolvimento *open-source* de prototipagem eletrónica que tem como alicerces o seu *hardware* e *software* uma vez que, permitem o desenvolvimento de sistemas interativos assim como, interagir num ambiente flexível e ser uma ferramenta de suporte a projetos académicos.

Esta plataforma é composta por uma placa de circuito impresso que aglomera vários componentes sendo estes, um microprocessador, circuitos I/O, um gerador de relógio, uma RAM, entre outros. Através deste conjunto de componentes ela é eficiente e devido à sua facilidade em programar é possível usá-la para as mais diversas aplicações, desde a ligação de LED, *displays*, botões, interruptores, motores, sensores de temperatura, sensores de pressão, recetores, módulos *Ethernet* ou qualquer outro dispositivo que permita emitir dados ou possa ser controlado.

A sua linguagem de programação é baseada em *Wiring* e o seu *software* assenta no ambiente *Processing*, possibilitando a utilização em vários sistemas operativos, como o *Windows*, *Macintosh OS* e *Linux*. Esse ambiente de desenvolvimento é responsável pelo envio do código fonte para o compilador que converte o código para a linguagem de programação C para traduzir o resultado em linguagem de máquina, compreendida pelo microcontrolador (*Arduino*, 2015).

À medida que se foi avançando nas tarefas que se pretendia realizar com o *Arduino*, verificou-se que seria necessário utilizar o *Arduino Mega* por disponibilizar uma capacidade de memória *flash* de armazenamento maior que o *Arduino* que se pensou utilizar inicialmente e deste modo, a plataforma usada para ambos os projetos foi o *Arduino Mega 2560*. Na figura 5.13, mostram-se os diferentes tipos de placas disponíveis para o *Arduino*.

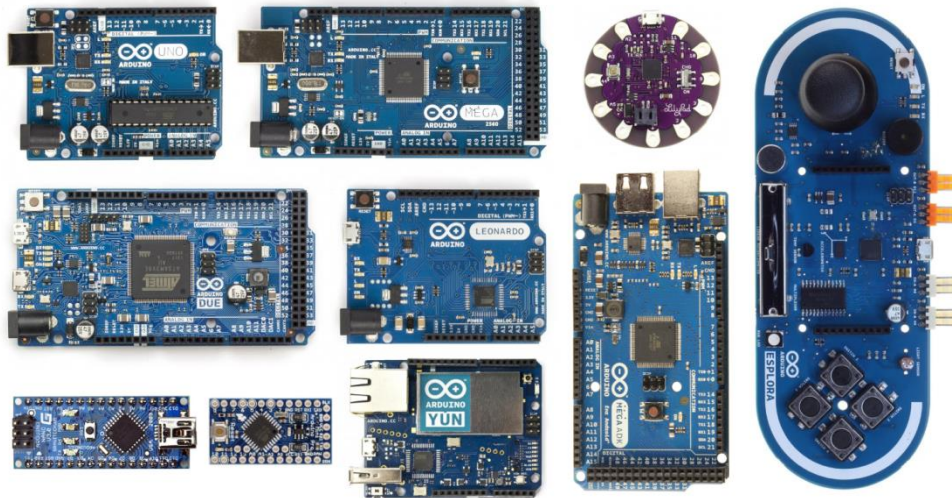


Figura 5.13 – Placas disponíveis do Arduino.

5.3.1. Arduino Mega 2560

A alimentação desta placa (Figura 5.14) pode ser realizada através do USB ou utilizando uma alimentação externa sendo necessária uma tensão de 5 V aos seus terminais para que os pinos funcionem, disponibilizando uma corrente que pode ir até aos 40 mA.

Relativamente aos pinos de entrada e saída, possui um total de 54 pinos que podem ser utilizados como entrada ou saída conforme a necessidade de cada projeto. Para além disso, usufrui ainda de 16 entradas analógicas (pinos A0 a A15), onde é possível efetuar a conversão com uma resolução de 10 bits, isto é, o valor será convertido entre 0 e 1023 valores diferentes (Arduino, 2015).

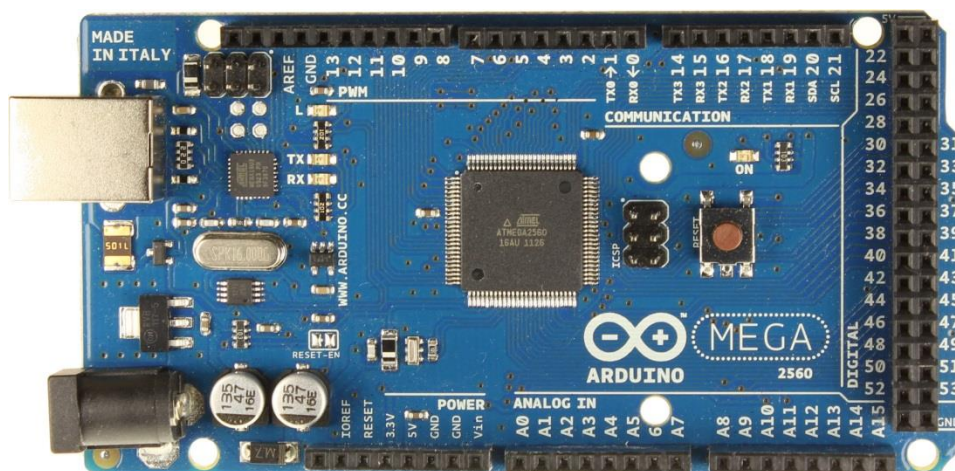


Figura 5.14 – Arduino Mega 2560.

Esta placa apresenta inúmeras facilidades, no que diz respeito à comunicação entre computador, outras placas e até mesmo, outros microcontroladores. Relativamente à sua memória, este microcontrolador ATmega2560 disponibiliza 256 kB de memória *flash* (8 kB utilizados para o *bootloader*), 8 kB de RAM e 4 kB de EEPROM. Na tabela 5.4 encontra-se destacado o que foi referido assim como, algumas características que esta placa contém.

Tabela 5.4 – Especificações Técnicas relativas ao *Arduino Mega 2560*.

Microcontrolador	ATmega2560
Tensão operacional	5 V
Tensão de entrada (recomendada)	7-12 V
Tensão de Entrada (limite)	6-20 V
Pinos Digitais I/O	54 (15 fornecem saídas PWM)
Pinos Entradas Analógicas	16
Corrente DC por Pino I/O	20 mA
Corrente DC no Pino 3.3V	50 mA
Memória Flash	256 kB (8 kB são usadas pelo <i>bootloader</i>)
SRAM	8 kB
EEPROM	4 kB
Velocidade Relógio	16 MHz
Comprimento	101.53 mm
Largura	53.3 mm
Peso	37 g

5.4. Conclusão

A realização deste capítulo teve como finalidade o estudo das tecnologias que iriam ser usadas nos projetos. Sendo o GSM uma tecnologia “simples”, neste capítulo realizou-se um estudo mais aprofundado da tecnologia RFID, por apresentar mais pormenor no que diz respeito aos equipamentos usados pela mesma.

Deste modo, foi apresentado um conceito geral do que é o GSM e do que significa para as pessoas que a utilizam sendo ela uma tecnologia de segunda geração (2G) e caracterizar-se por possuir sinal e canais de voz digitais. Ainda neste ponto, é caracterizado o GSM utilizado no primeiro projeto assim como os comandos AT.

Relativamente ao RFID, é realizado um estudo das *tags* que ela pode usar distinguindo-se as *tags* ativas, passivas e semi-ativas, podendo apresentar frequências de funcionamento diferentes entre si. Além disso, a capacidade de armazenamento também pode variar de *tag* para *tag*, sendo importante ter em consideração o objetivo de cada aplicação.

Foi também abordada a plataforma *Arduino*, realizando um balanço das suas potencialidade e características.

6. IMPLEMENTAÇÃO DOS PROJETOS PROPOSTOS

6.1. Enquadramento

Este capítulo centra-se nos projetos que foram desenvolvidos ao longo deste estágio curricular. São dois sistemas que não estão diretamente relacionados, o único equipamento usado por ambos foi o *Arduino Mega 2560*.

O Sistema de Sensores e Controlo Remoto vai ao encontro de uma necessidade existente nas subestações que reside num *reset* à URTA através do envio de uma mensagem de texto por forma a que ela recupere novamente as suas funções de comunicação com o Despacho. Foi também inserido um sensor de temperatura e humidade com o intuito de possuir parâmetros relativos à temperatura e humidade que se encontra na instalação. Além disso, e usufruindo-se do material usado, procurou-se realizar um piloto com o objetivo de estar constantemente a monitorizar a emissão de agentes químicos presentes no Quadro Metálico MT.

A ferramenta de apoio à manutenção de ativos (*RFID Manager*) foi outro dos projetos desenvolvidos em que se pretendia, inicialmente, investigar e conhecer a quantidade de informação que é possível armazenar numa *tag* RFID. No entanto, de modo a tornar este projeto mais apelativo desenvolveu-se uma aplicação em *java* que possibilita a escrita de dados relevantes a uma manutenção, bem como a leitura dessa informação.

6.2. Sistema de Sensores e Controlo Remoto

Atualmente as subestações são geridas remotamente e como tal, há uma necessidade que passa pela redução de deslocações de técnicos às subestações, ou seja, o custo associado à ida do técnico ao local. Este projeto tem como objetivo principal colmatar em parte, algumas dessas deslocações na medida em que, as URTA, quando deixam de comunicar com o despacho, muitas das vezes, um simples *reset* ao equipamento torna-se necessário para que ela recupere novamente as comunicações. Além disso, a rapidez de resolução desta “avaria” torna-se mais eficaz na medida em que, é eficiente e diminui o tempo de interrupção da falha de comunicações.

Face ao Indicador de Disponibilidade ser extremamente “apertado” (99, 7%) e estar cada vez mais exigente torna-se preponderante a investigação de novas soluções capazes de melhorar a disponibilidade, diminuindo assim o tempo de intervenção. Desta forma, pensou-se na realização deste sistema que vai ao encontro dessa necessidade, assim como a inserção de sensores de maneira a monitorizar parâmetros críticos em determinados equipamentos.

6.2.1. Constituição e Objetivos do Sistema

O sistema desenvolvido é constituído por um *Arduino Mega 2560* que terá como responsabilidade controlar todo o sistema de aquisição de dados e processamento dos comandos enviados. Por sua vez, o *Arduino GSM Shield* garante a comunicação com a rede

GSM, tornando possível o recebimento de mensagens de texto, necessárias a efetuar cada comando. O *Shield* é controlado através do programa carregado no microcontrolador por meio de comandos AT. É composto também por um *slot SD Card* e um *Real Time Clock* (RTC) em que cada uma das suas funções será explicada mais a frente. Também possui um módulo de relés que irá ser ativado através do envio de uma mensagem e como referido anteriormente, dois sensores.

De uma forma resumida, as funcionalidades que este projeto visa realizar passa por:

- Acionar um relé, através do envio de uma mensagem (GSM) durante um tempo a definir pelo utilizador. Deve existir restrição ao número de telemóvel, devendo ser previstos 5 números.
- Leitura de determinados sensores de modo a detetar parâmetros críticos que se estejam a verificar em determinado equipamento. Quando se verifica que algum destes parâmetros atingiu o seu limite máximo, é enviado uma mensagem de aviso de forma a atuar-se a tempo. Outra das potencialidades deste projeto será adquirir dados através de uma mensagem escrita (SMS) assim que o utilizador o desejar. E registar os valores localmente no cartão SD.
- O equipamento deverá prever duas entradas digitais que quando atuadas enviem uma mensagem escrita (SMS) ao utilizador pré-definido.

6.2.2. Sensores utilizados

Como mencionado anteriormente, este sistema é constituído por um sensor que têm como objetivo monitorizar a emissão de agentes químicos presentes nos Quadros Metálicos de MT. O uso deste sensor no projeto tem como objetivo detetar a libertação de gases que estão relacionados com as descargas parciais que são provocadas por anomalias nos quadros de MT, conseguindo assim, antecipar problemas como a indisponibilidade de uma linha, gasto de material desnecessário ou até mesmo a destruição do Quadro Metálico.

A má execução da caixa de fim de cabo (Figura 6.1) origina com maior probabilidade descargas parciais. Este efeito não é mais que um colapso elétrico que ocorre num meio gasoso quando é exposto a um campo elétrico intenso, em que a sua intensidade visual e sonora depende da intensidade desse campo que resulta numa mistura de energia térmica, radiação e compostos iónicos como é o exemplo do ozono e óxidos nitrosos que se podem converter em ácido nitroso na presença de humidade.

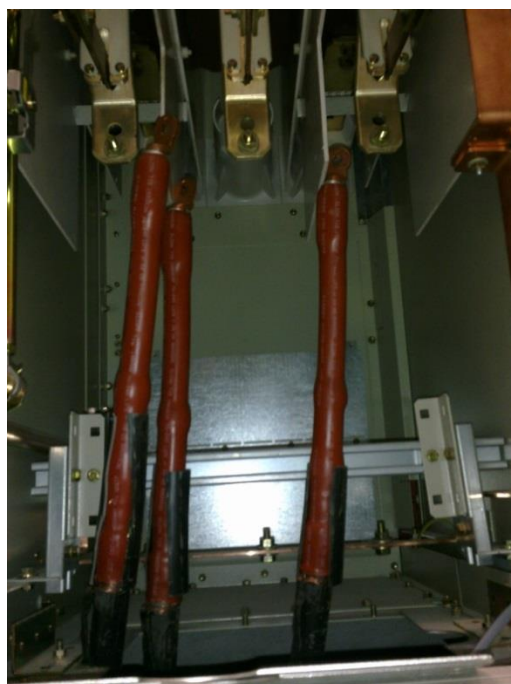


Figura 6.1 – Terminais anómalos.

A consequência do ataque químico por parte destes ácidos no revestimento dos cabos, juntamente com a ação da radiação, provoca a degradação da superfície dos cabos, originando a deterioração das propriedades de isolamento e propiciando o desenvolvimento de condições de deterioração acelerada dos componentes elétricos como se verifica na figura 6.2 (Marques, 2012).

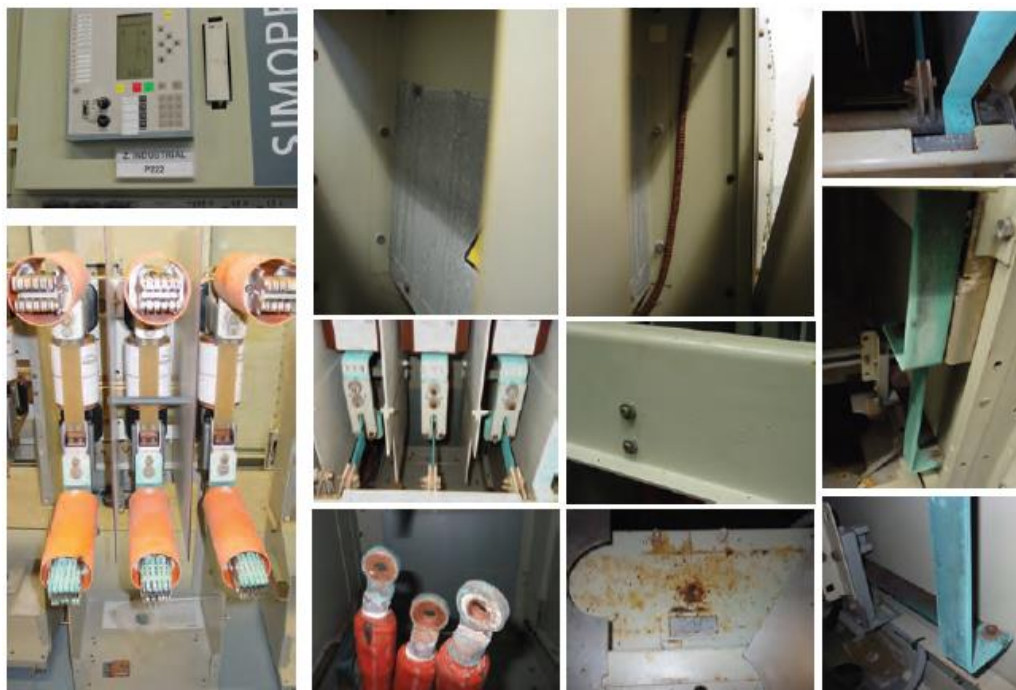


Figura 6.2 – Deterioração de distintos componentes do Quadro MT (Marques, 2012).

Sensor Humidade e Temperatura – DHT22/AM2303

O sensor de Temperatura e Humidade (Figura 6.3) é uma evolução do DHT11 e é um sensor com baixo consumo de corrente (2,5 mA durante a realização de medições e 100-150 μ A em *standby*). Internamente é constituído por um sensor de humidade capacitivo, um termistor (semicondutores sensíveis à temperatura) e um conversor analógico/digital que permite realizar a comunicação com o microcontrolador (*Adafruit*).

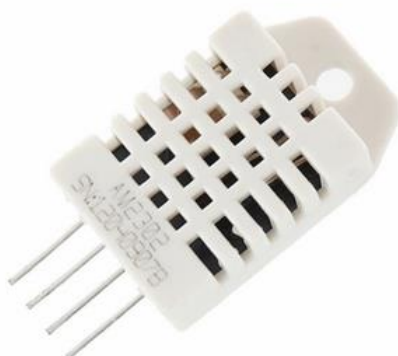


Figura 6.3 – Sensor DHT22.

Este sensor apenas utiliza um pin para transmissão de dados e comparativamente com o DHT11 é mais lento contudo, é capaz de medir uma faixa mais ampla (20 m) de Temperatura e Humidade. Na tabela 6.1, encontra-se a especificação técnica do sensor (Digital-output relative humidity & temperature sensor/module - AM2303).

Tabela 6.1 – Especificação Técnica do sensor (Digital-output relative humidity & temperature sensor/module - AM2303).

Alimentação	3,3 – 6V
Corrente máxima	2.5 mA
Faixa de leitura - Humidade	0 – 100%
Precisão - Humidade	5%
Faixa de leitura - Temperatura	-40 – 124°C
Precisão - Temperatura	+/- 0,5°C
Intervalo entre medições	2 segundos
Dimensões	15.1mm x 25mm x 7.7mm

Como se pode visualizar pela figura 6.4 este sensor, tal como no DHT11, possui 4 pinos no entanto, só 3 desses pinos são utilizados, como é mostrado na tabela 6.2.

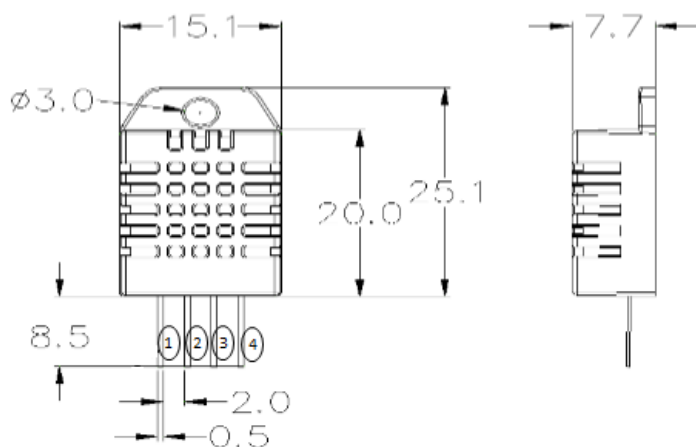


Tabela 6.2 – Pinos de conexão do sensor DHT22/AM2303.

Pin	Função
1	VDD
2	Dados
3	Não Usado
4	GND

Figura 6.4 - Corte Transversal e detalhe do sensor.

Sensor Ozono – MQ131

O MQ131 é um sensor semicondutor que tem como objetivo ler ozono gasoso (O_3) quando este deteta concentrações de gás de ozono no ar. Este sensor utiliza um material de sensibilidade – SnO_2 – sendo que, possui baixa condutividade no ar limpo (onde existe ozono) e deste modo, a sua medição é realizada com o aumento da condutividade do sensor consoante a concentração do gás de ozono existente no local (MQ131 Semiconductor Sensor for Ozone). Além disso também é sensível a outros gases nomeadamente, CL_2 , e NO_2 . O sensor utilizado no projeto encontra-se na figura 6.5 e na tabela 6.3 encontra-se os seus pinos de conexão.



Figura 6.5 - Sensor MQ131.

Tabela 6.3 – Pinos de conexão do sensor MQ131.

Pin	Função
1	GND
2	Entrada Digital
3	Entrada Analógica
4	VCC

6.2.3. Restante *Hardware* usado para o desenvolvimento do projeto

Para que o sistema obedece-se aos objetivos estipulados e a sua montagem fosse mais acessível foram adquiridos módulos compatíveis com a plataforma *Arduino* particularmente o módulo *Micro SD Card* e o módulo de relés. De seguida é explicado o restante *hardware* usado neste sistema.

Módulo *Micro SD Card*

Foi usado um módulo *Micro SD Card* (Figura 6.6) por ser uma solução simples para armazenamento de dados. Os pinos são compatíveis com o *Arduino* contudo, também pode ser usados com outro tipo de microcontroladores. A comunicação entre o cartão SD e o *Arduino* é realizado por SPI (*Serial Peripheral Interface*) e utiliza quatro pinos para efetuar essa comunicação: MOSI, SCK, MISO e CS – Tabela 6.4 (*Arduino* e cartões SD, MicroSD e SDHC, 2015).

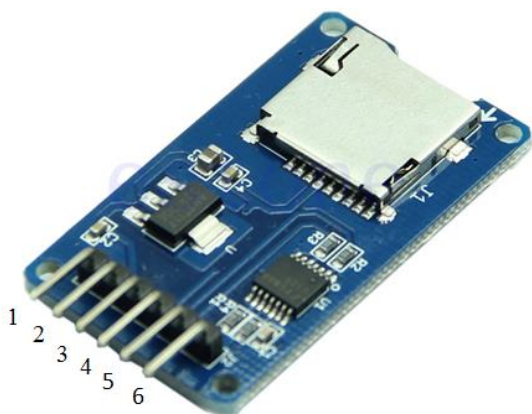


Figura 6.6 – Módulo *Micro SD Card*.

Tabela 6.4 - Pinos de comunicação.

Pin	Função
1	GND
2	VCC
3	MISO
4	MOSI
5	SCK
6	CS

A necessidade de usar este equipamento surgiu na medida em que, era necessário guardar informação relativa ao funcionamento do sistema. Deste modo, a função do módulo foca-se em registar os valores críticos dos sensores num ficheiro de texto assim como, a informação da hora e data correspondente ao “disparo” desses valores. Além disso, outra das funções do *SD Card* é o armazenamento de outro ficheiro de texto com os valores máximos e mínimos definidos para cada sensores bem como, os números de telefone que o sistema permite para realizar o controlo do sistema. Esta última particularidade visa facilitar a modificação dos dados não sendo necessário alterar o código contido no *Arduino*.

Módulo Real Time Clock (RTC)

O módulo *Real Time Clock* é um integrado utilizado para desempenhar funções de relógio em tempo real capaz de fornecer informação como segundos, minutos, dia, data, mês e ano. Na fase de passar de protótipo a produto final, tanto por questões de custo, como de fiabilidade e tamanho do módulo, prevê-se o uso de um módulo RTC que se encontra na figura 6.7. Este módulo é uma solução mais económica em comparação à solução que foi usada no protótipo.

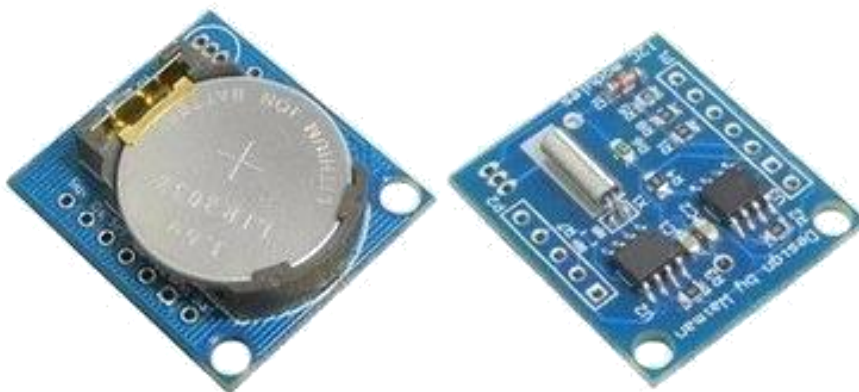


Figura 6.7 – Módulo RTC

A solução usada encontra-se visualizada na montagem da figura 6.8, obtendo deste modo a mesma função que se pretenderá com o uso do integrado RTC. Para o efeito foi usado: duas resistências de 10 K Ω , um *Crystal* 32,768 kHz, um DS1307 e por fim um suporte de bateria do tipo CR2032.

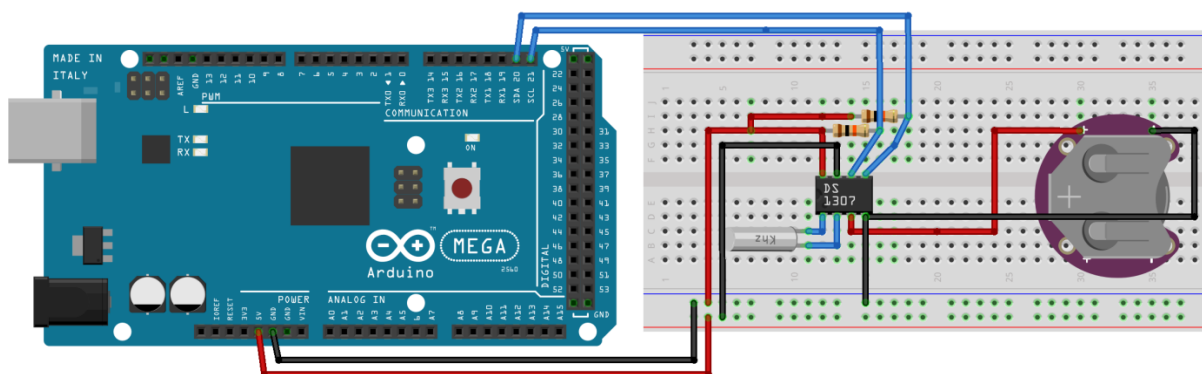


Figura 6.8 – Montagem realizada do DS1307.

O objetivo do DS1307 no projeto, é a obtenção da data e hora a que houve um “disparo” dos valores críticos dos sensores e seguidamente o armazenamento dessa informação no *Micro SD Card*.

Módulo de Relés

O módulo de relés (Figura 6.9) usado no projeto trabalha a 5 V e possui dois relés, que possibilita acionar várias cargas nomeadamente, lâmpadas, motores, fechaduras, eletrodomésticos, desde que a corrente de operação não exceda os 10 A.

Na figura 6.10 encontra-se os pinos que dizem respeito às ligações necessárias para que o módulo funcione na perfeição. No lado esquerdo superior temos os pinos JD-VCC, VCC e GND que permitem conectar uma fonte externa de 5V. No lado esquerdo inferior encontram-se os pinos GND, IN1 (aciona o relé 1), IN2 (aciona o relé 2) e por fim o VCC. Ao lado de cada relé estão os seus contactos NC (Normalmente Fechado), C (Comum) e NA (Normalmente Aberto) (Módulo Relé, 2015).

Para acionar cada relé basta apenas acionar o estado das portas digitais que estão ligadas aos pinos IN1 ou IN2.

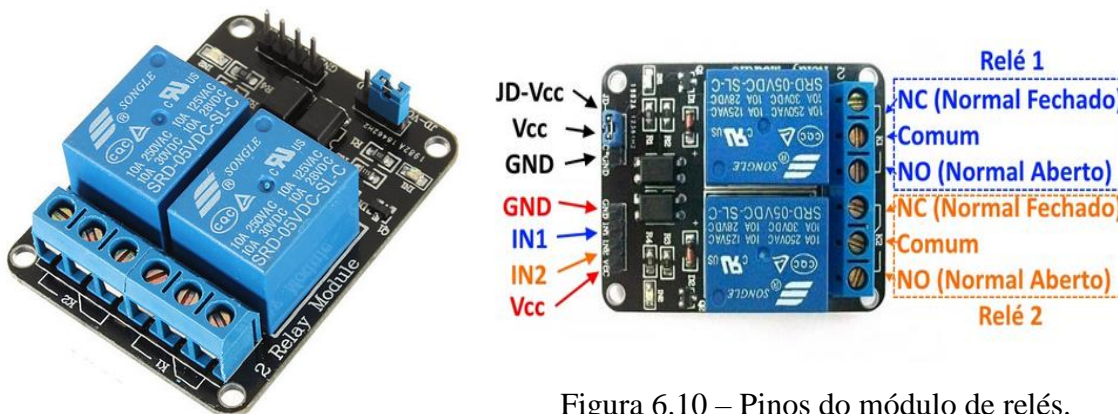


Figura 6.9 – Módulo de Relés.

Figura 6.10 – Pinos do módulo de relés.

6.2.4. Implementação do Sistema

Após se adquirir o *hardware* necessário à implementação do projeto e conhecer os objetivos a ele associado, torna-se preponderante o desenvolvimento de fluxogramas por forma a facilitar a sua compreensão e funcionamento.

Na figura 6.11 encontra-se o fluxograma geral do sistema, ou seja, dá-nos uma visão macroscópica das funções que ele é capaz de realizar dando maior destaque às etapas em que o GSM recebe alguma mensagem de texto ou se continua a ler os valores dos respetivos sensores.

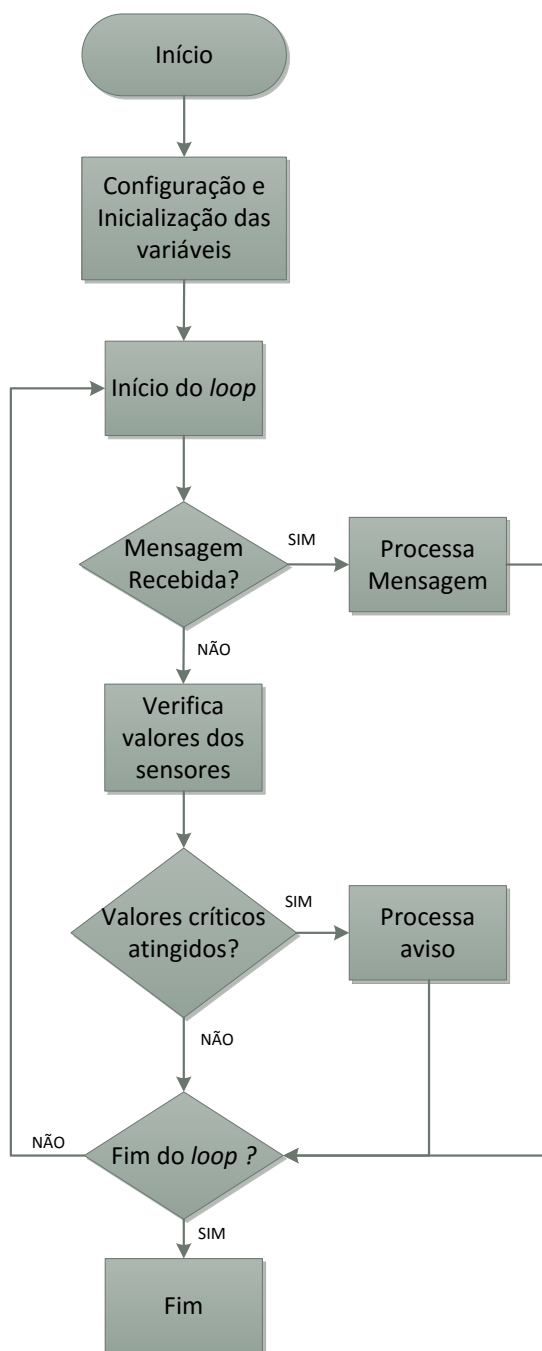


Figura 6.11 – Fluxograma Geral.

Quando o sistema verifica que existe uma mensagem, o *Arduino* procederá ao seu tratamento verificando se o número do telemóvel que foi enviado a mensagem pertence à lista dos contactos permitidos. Por um lado, se o número não pertencer, envia uma mensagem ao número que tentou enviar a mensagem de que este não é permitido. Por outro lado, se pertencer à lista, verifica qual foi o comando enviado e seguidamente procede-se à execução do mesmo. Posteriormente, o sistema encarrega-se de enviar uma mensagem de modo a avisar o utilizador que o comando enviado foi processado com sucesso. Se o utilizador se enganar no

envio do comando, o sistema avisa-o, através do envio de uma mensagem, que o comando enviado não existe.

Por último, tanto as mensagens recebidas como as enviadas são apagadas do local de armazenamento atual uma vez que, o sistema tem que garantir sempre a disponibilidade de receber mensagens de texto. Na figura 6.12 encontra-se o fluxograma processa mensagem que vai ao encontro do que foi mencionado anteriormente.

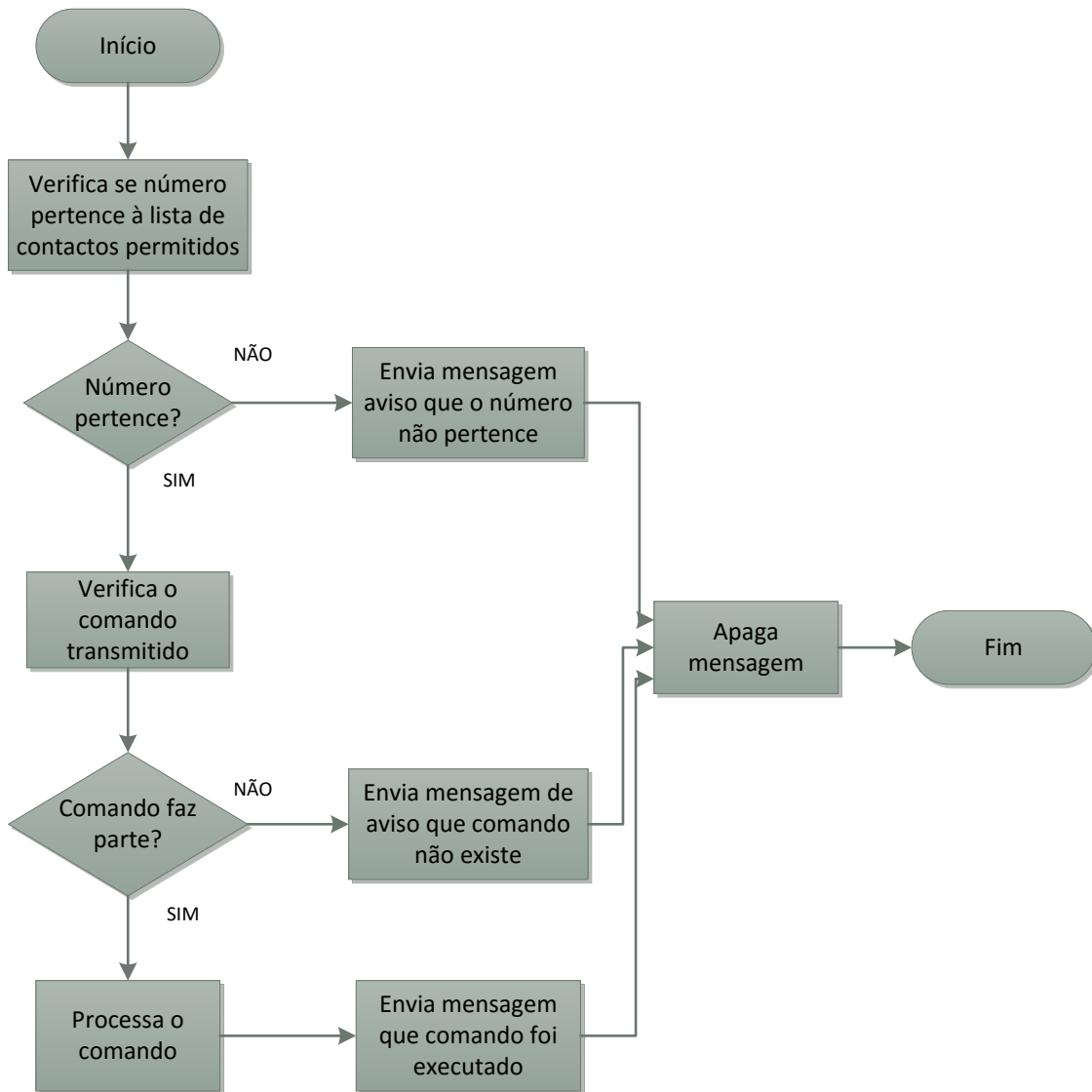


Figura 6.12 – Fluxograma processa mensagem.

No último fluxograma (Figura 6.13) é ilustrado o fluxo de processo do aviso enviado para o utilizador. Neste processo é verificado quais foram os valores que atingiram os limites críticos definidos para cada sensor. Após essa verificação é realizada uma mensagem com os valores que ultrapassaram os limites, e de seguida o sistema encarrega-se de enviar uma mensagem para o administrador com esses parâmetros. De seguida a mensagem enviada é apagada do

sistema e a informação enviada é guardada no *SD Card*, com o intuito de ter um registo da data, hora e valores críticos em que ocorreu essa ação.

O sistema possui um “filtro” de mensagem ou seja, após o envio da primeira mensagem, para que o administrador não seja sobrecarregado, o sistema espera durante 20 minutos (este tempo é definido dentro do programa que o *Arduino* contém, sendo necessário definir o tempo que o utilizador pretende antes de descarregar o código) e posteriormente, verifica novamente os valores dos sensores e se estes se mantiverem em estado crítico volta a enviar uma mensagem de aviso, e assim sucessivamente. A mensagem de aviso é enviada apenas para o administrador principal.

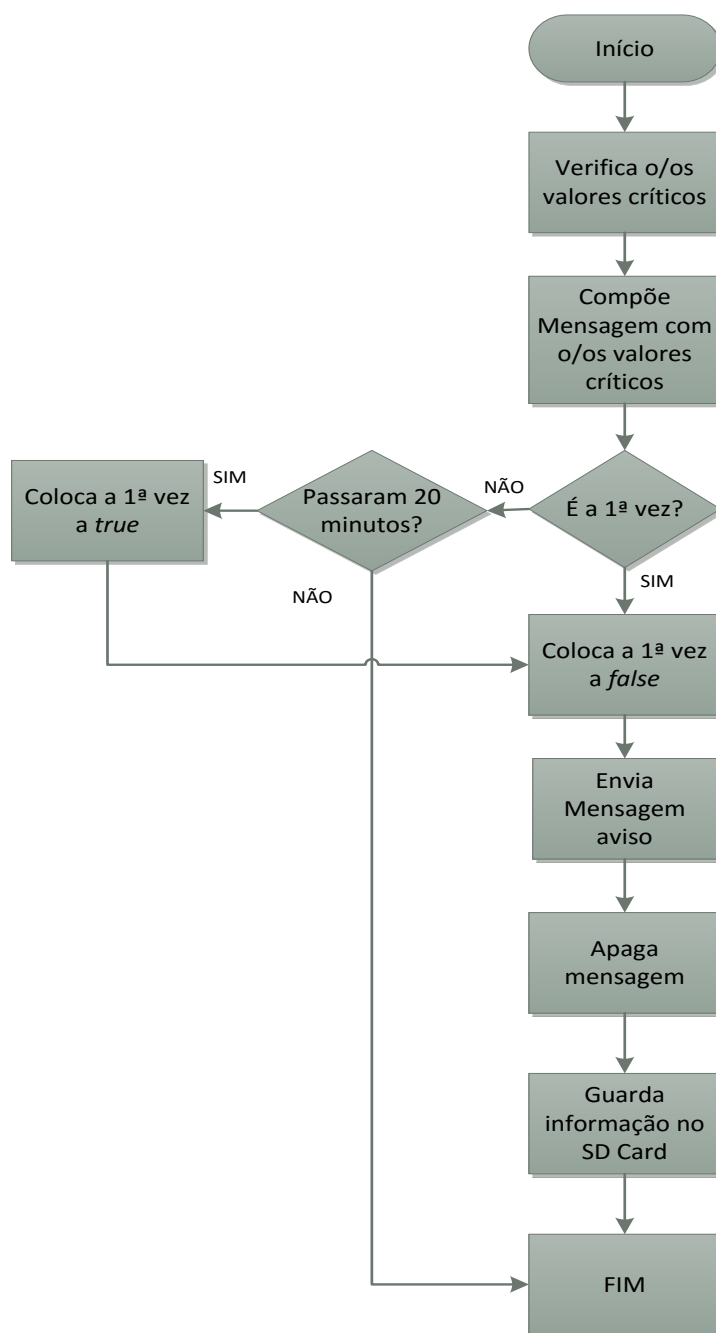


Figura 6.13 – Fluxograma processa aviso.

Os comandos disponíveis apresentam-se na tabela 6.5 sendo que, o envio de cada mensagem tem que conter todos os caracteres que mostra na tabela não sendo necessário, ter em conta letras maiúsculas ou minúsculas, ou seja, cada utilizador pode enviar o comando como desejar.

Tabela 6.5 – Comandos permitidos pelo sistema.

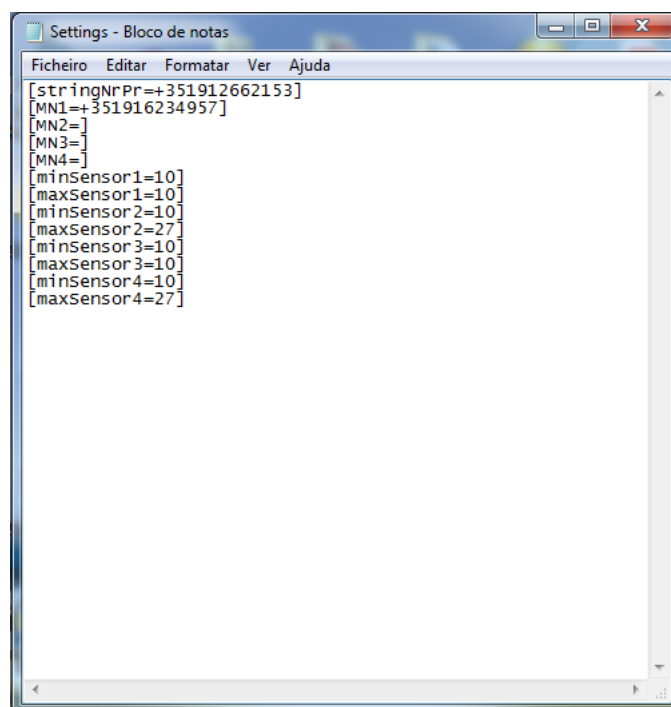
Comando	Descrição
Reset R1	Desliga relé 1
Reset R2	Desliga relé 2
Liga R1	Liga relé 1
Liga R2	Liga relé 2
Recolhe dados	Recolhe dados de todos os valores dos sensores
MN1	Definir/mudar o número de telemóvel 1
MN2	Definir/mudar o número de telemóvel 2
MN3	Definir/mudar o número de telemóvel 3
MN4	Definir/mudar o número de telemóvel 4
TMA	Mudar valor máximo de Temperatura
TMI	Mudar valor mínimo de Temperatura
HMA	Mudar valor máximo de Humidade
HMI	Mudar valor mínimo de Humidade
NOA	Mudar valor máximo de NO ₂
NOI	Mudar valor mínimo de NO ₂
COA	Mudar valor máximo de Ozono
COI	Mudar valor mínimo de Ozono

Cada comando tem uma função a ele associado e para se realizar o envio de uma mensagem de modo a que ela seja aceite pelo sistema e, fazendo referência à tabela acima deve-se ter em atenção os comandos de definir/mudar valores ou números. Para proceder ao seu envio procede-se da seguinte forma:

- MN1(espaco)(numero pretendido);
- MN2(espaco)(numero pretendido);
- MN3(espaco)(numero pretendido);
- MN4(espaco)(numero pretendido);
- TMA(espaco)(valor pretendido);
- TMI(espaco)(valor pretendido);
- HMA(espaco)(valor pretendido);
- HMI(espaco)(valor pretendido);
- NOA(espaco)(valor pretendido);
- NOI(espaco)(valor pretendido);
- COA(espaco)(valor pretendido);

- COI(espaco)(valor pretendido).

Ao enviar um destes comandos, o sistema irá atualizar essa informação no ficheiro que se encontra no *SD Card*. O ficheiro contém cinco números no total sendo possível definir/mudar quatro números (MN1, MN2, MN3, MN4) contudo, o primeiro (stringNrPr – Figura 6.14) não é possível modificar através do envio de uma mensagem. O objetivo de ter este número inalterável passa pela obtenção de um administrador principal podendo modificar ou inserir valores/números sempre que o desejar não estando sujeito a que os outros utilizadores se “enganem” e seja retirado a sua permissão de acesso. Os restantes números também têm acesso a modificar/insere novos valores/números contudo, podem ser retirados do sistema pelo administrador bem como pelos números com permissão para aceder ao sistema. De frisar que, é possível inserir mais números de acesso e também mais valores relativamente a sensores que queiramos inserir no futuro.



```
Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda
[stringNrPr=+351912662153]
[MN1=+351916234957]
[MN2=]
[MN3=]
[MN4=]
[minSensor1=10]
[maxSensor1=10]
[minSensor2=10]
[maxSensor2=27]
[minSensor3=10]
[maxSensor3=10]
[minSensor4=10]
[maxSensor4=27]
```

Figura 6.14 – Ficheiro que contém os parâmetros do sistema.

6.2.5. Montagem do protótipo

Inicialmente e para a tornar a realização de testes mais cómodo foi montado numa *breadboard* um protótipo (Figura 6.15). De seguida, foram realizados testes através do envio de todos os comandos de modo a averiguar se o sistema obedecia ao pretendido. Na tabela 6.6 encontra-se as entradas e saídas da placa *Arduino* correspondentes aos componentes montados na *breadboard*.

Tabela 6.6 – Entradas e saídas da placa *Arduino Mega 2560* utilizada no projeto.

Pino	Função
3	TX – Hardware Serial
9	Pino saída relé 2
10	RX – Hardware Serial
11	Pino entrada sensor DHT22
12	Pino saída relé 1
20	SDA RTC DS1307
21	SCL RTC DS1307
50	MISO Micro SD Card
51	MOSI Micro SD Card
52	SCL Micro SD Card
53	CS Micro SD Card
A0	Pino entrada MQ131

Estes testes foram importantes para o projeto dado que, ajudaram a perceber como é que o GSM funcionava e se interligava com o *Arduino* assim como, entender o modo de como é que se adquiria a mensagem quando esta era enviada e mostrada no monitor série. Além disso, denotou-se que tanto o GSM como o módulo de relés têm necessidade de ser alimentados individualmente e como tal foi usado um regulador de tensão para esse efeito como mostra na montagem da figura 6.15.

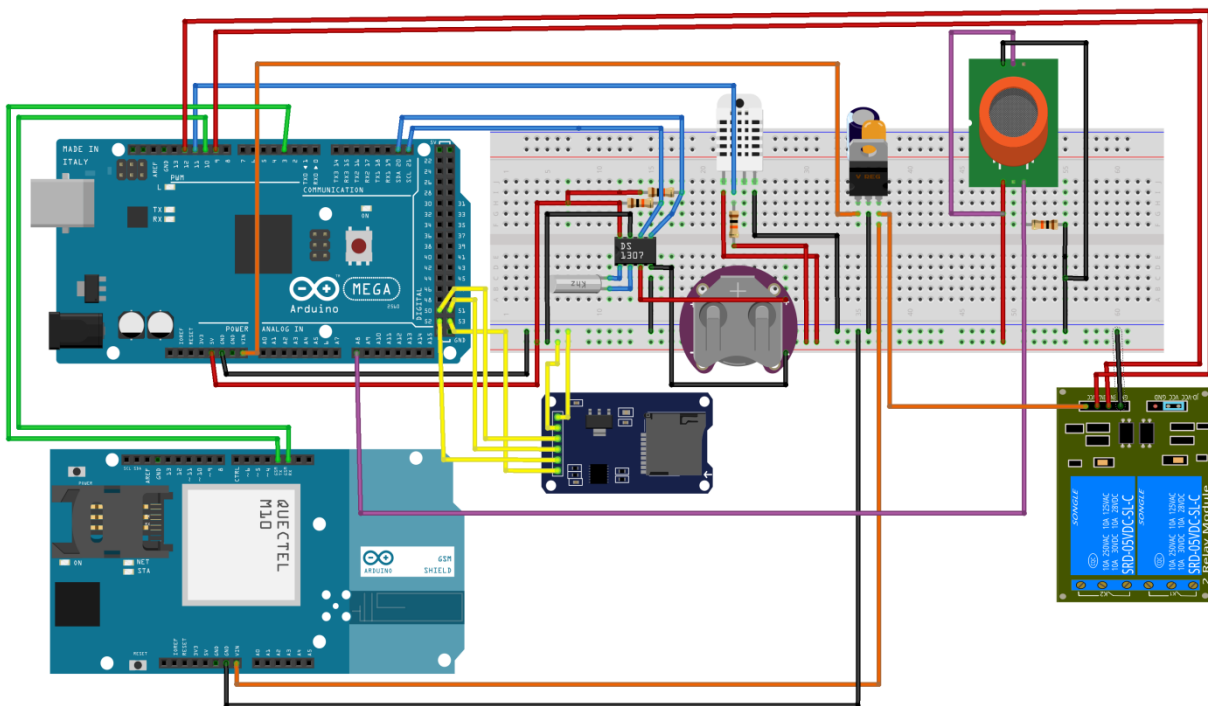


Figura 6.15 – Montagem realizada do protótipo.

Foram testadas todas as funcionalidades propostas ao sistema tendo como objetivo as seguintes metas:

- Atracar e Desatracar relés quando se envia o comando associado a ele, através de uma mensagem enviada pelo administrador ou pelos restantes números e verificação da receção da mensagem de retorno;
- Adicionar/mudar números através do envio do respetivo comando através do envio de uma mensagem pelo administrador ou pelos restantes número;
- Adicionar/mudar valores críticos dos sensores através do envio de uma mensagem;
- Envio do comando “Recolhe Dados” e verificação da receção da mensagem de retorno;
- Verificação da receção da mensagem de retorno quando os valores críticos ultrapassavam os parâmetros estipulados;
- Verificação do tempo entre mensagens de aviso.

Na figura 6.16 encontra-se o protótipo desenvolvido em laboratório que foi utilizado para realização das metas acima mencionadas.

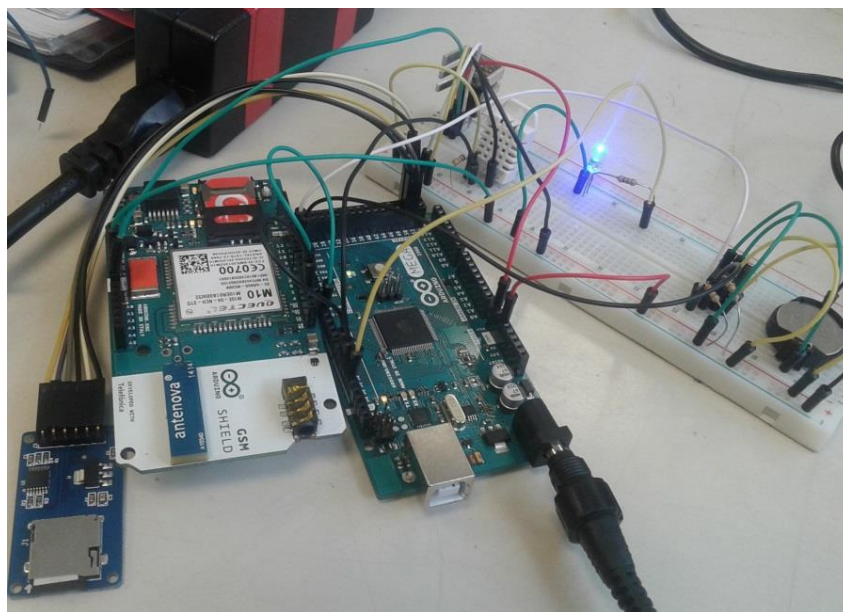


Figura 6.16 – Protótipo em fase de testes em laboratório.

6.2.6. Implementação do projeto no terreno

O sistema foi implementado em duas subestações sendo elas, a SE de Ponte Sôr e a SE da Pampilhosa do Botão. Ambos continham apenas a função de *reset*, ou seja, cortar a alimentação à distância desligando/ligando o equipamento em causa, e para este efeito foi usado um *Arduino Uno*. Na SE de Ponte de Sôr o sistema foi implementado num repetidor de rádio (Figura 6.17) e na SE da Pampilhosa foi montado numa Unidade Remota de Teleacção e Automatismo (Figura 6.18).



Figura 6.17 - *Reset* Remoto do Repetidor de Ponte Sôr.

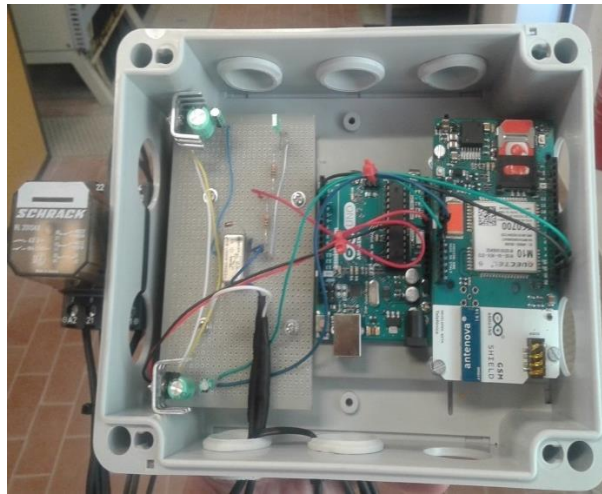


Figura 6.18 - *Reset* Remoto da Pampilhosa do Botão.

Após a montagem dos sistemas procedeu-se à sua verificação efetuando-se ensaios reais, que consistiam no envio de uma mensagem com o comando correspondente, de forma a confirmar que os sistemas estavam a funcionar em perfeitas condições.

Este sistema tem a particularidade de poder ser colocado em qualquer equipamento com alimentação elétrica, independentemente da potência que consome pois, possui a versatilidade de colocar um relé de potência que permite que este possa ser utilizado em vários dispositivos presentes nas SE nomeadamente, nas URTA, repetidores de rádio, armários de comando de OCR ou outros equipamentos que contribuam no sentido de melhorar a qualidade do serviço na distribuição da energia elétrica.

6.3. Projeto “*RFID Manager*”

Sendo uma tecnologia que ainda não é utilizada e ser pouco requerida por parte da EDP Distribuição, o RFID apresenta um leque de vantagens no que diz respeito à gestão de ativos.

Ano após ano a tecnologia evolui exponencialmente e sendo a EDP uma empresa que aposta na evolução e inovação, começou a ponderar a inserção de *tags* RFID nos ativos presentes nas subestações por forma, a facilitar o acompanhamento das atividades de manutenção.

O objetivo inicial deste projeto era a identificação da quantidade de informação que é possível armazenar numa *tag* RFID. Contudo, e para possuir uma base para progredir no desenvolvimento desta tecnologia no futuro, desenvolveu-se uma aplicação em *java* que vai ao encontro do compromisso que a EDP espera obter.

Deste modo, a aplicação possibilita a escrita de dados relevantes das atividades de manutenção, bem como a sua leitura.

6.3.1. Constituição do Sistema

Neste projeto foi usado um *Arduino Mega 2560* que tem como função recolher a informação adquirida pelo *reader* e envia-la por USB para o computador.

O *reader* foi outro equipamento adquirido pois sem ele era impensável o sistema funcionar. Sendo um projeto de confirmação da viabilidade desta tecnologia e para realização de testes, a escolha do *reader* foi efetuada com base no objetivo inicial, sendo apenas necessário um *reader* de baixo custo e que comunicasse com o *Arduino*. As *tags* utilizadas nos testes foram as que vinham juntamente com o *reader* que se encontram visualizadas na figura 6.19.



Figura 6.19 – *Tags* utilizadas no projeto.

6.3.2. *Adafruit PN532 NFC/RFID Controller Shield*

O *reader* escolhido para este projeto foi o *Adafruit PN532 NFC/RFID Shield* (Figura 6.20) dado que, é uma placa ideal para aplicações NFC e RFID. Utiliza um *chip* – PN532 – que é capaz de realizar praticamente tudo tal como, ler e mandar dados para *tags* e comunicar com telémoveis se o quisermos usar para aplicações NFC.

Este *Shield* foi projetado para usar protocolos de comunicação I2C ou SPI, e neste caso o *Shield* usado utiliza o protocolo I2C.

A comunicação com o *Arduino* é realizada, e como mencionado anteriormente, através do modo I2C (*Inter-Integrated Circuit*), onde utiliza apenas dois pinos para comunicar e um como pino de interrupção que serve para verificar se uma *tag* se encontra no seu campo de ação (*Adafruit PN532 NFC/RFID*).

Opera a uma frequência de 13,56MHz o que significa que o campo máximo de ação que ele pode atingir é até 10 cm.

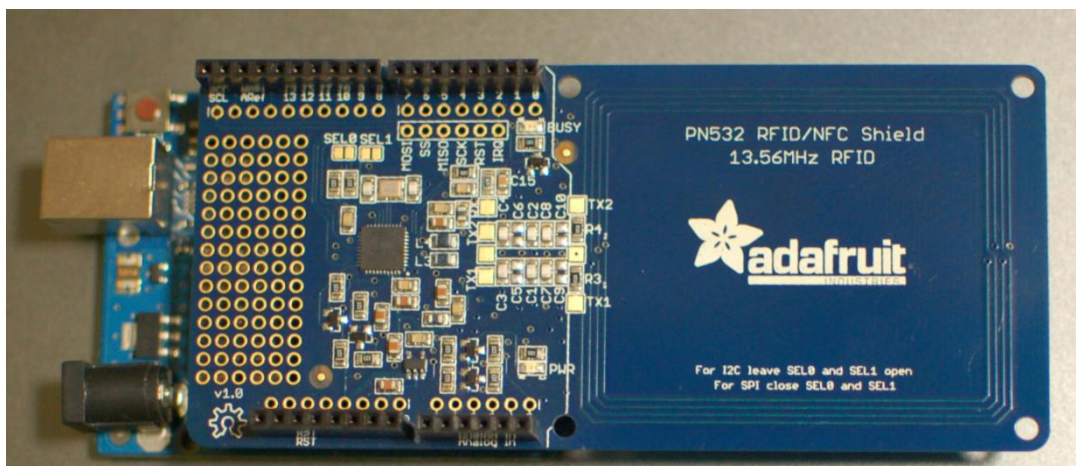


Figura 6.20 – Adafruit PN532 RFID/NFC Shield.

6.3.3. TAG MiFare Classic

Em 1994 e utilizando a tecnologia RFID, surge o *MiFare Classic* de 1 kb de memória sendo a empresa responsável pela sua concepção a *Philips* que atualmente, pertence a *NXP Semiconductors*, uma empresa fundada pela própria *Philips* em meados de 2006.

As *tags MiFare* são passivas e como tal, não dependem de meios externos de alimentação e através dos impulsos eletromagnéticos enviados pelo *reader* é capaz de enviar toda a sua informação.

A sua constituição não é mais que duas “folhas” geralmente em PVC e internamente contém um *chip* e uma antena com um formato de uma bobine (constituída de cobre) como mostra na figura 6.21.

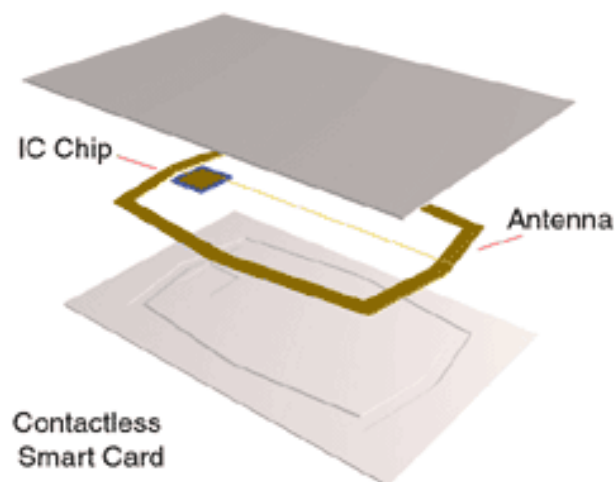


Figura 6.21 – *MiFare* em camadas.

Existem dois IC (Circuitos Integrados) *MiFare Classic* diferentes no mercado, o MF1 IC S50 (MiFare 1 kB) e o MF1 IC S70 (MiFare 4 kB) sendo que, a diferença reside apenas na memória (Simões, 2008).

Na figura 6.22 encontra-se a constituição do *chip*, que é constituído pela *Interface RF*, pela Unidade de Controlo Digital e pela memória (EEPROM). Para transferir dados e adquirir energia suficiente para essa transmissão é necessário uma antena que consiste numa bobina com quatro voltas que se encontra diretamente ligada ao chip.

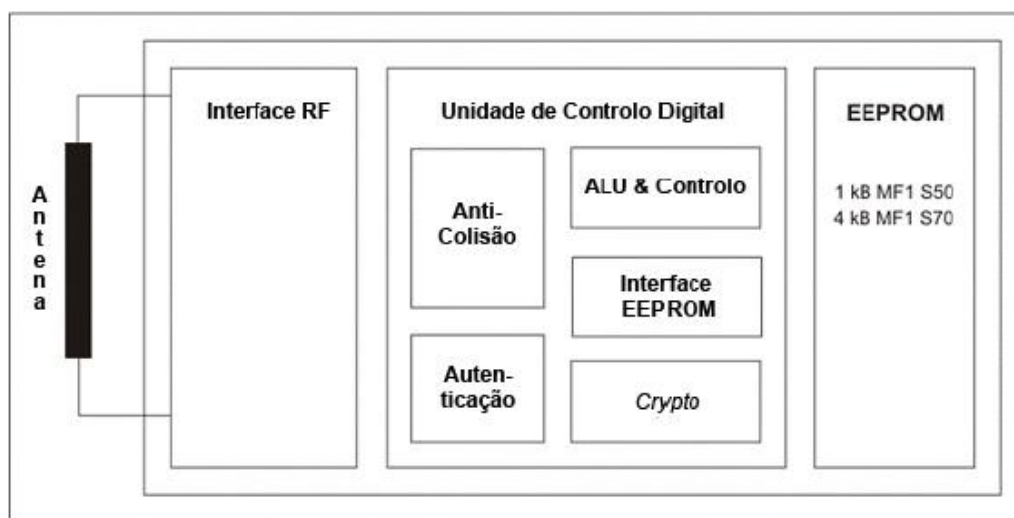


Figura 6.22 – Estrutura do Circuito Integrado de um cartão *MiFare* (MF1 IC S50, 2007).

Os componentes que constituem um cartão *MiFare Classic* são os seguintes:

- **Interface Radiofrequência** – Esta interface de um *chip MiFare Classic* está em conformidade com o ISO/IE 14443 – Tipo A (Tabela 6.7).
- **Organização da memória (EEPROM)** – Como mencionado anteriormente os *chips MiFare Classic* apenas diferem na memória que cada um deles contém. No caso do MF1 IC S50 tem uma memória de 1Kb organizada da seguinte forma:
 - ❖ 16 Setores;
 - ❖ Cada Setor contém 4 blocos;
 - ❖ Cada bloco tem 16 bytes.

O *chip* MF1 IC S70 tem uma memória de 4Kb organizada da seguinte forma:

- ❖ 40 Setores;
- ❖ 32 Setores 4 blocos;
- ❖ 8 Setores com 16 blocos;
- ❖ Cada bloco tem 16 bytes.

- **Unidade de Controlo Digital** – Esta unidade tem a seguinte constituição:
 - ❖ **Anti Colisão:** Permite que vários cartões no campo de alcance de um leitor possam ser selecionados e operados de forma sequencial;
 - ❖ **Autenticação:** Cada bloco de memória está protegido com duas chaves. Esses blocos só podem ser acedidos se o processo de autenticação que envolve as suas chaves for efetuado com sucesso;
 - ❖ **Unidade de Lógica Aritmética (ALU – *Arithmetic Logic Unit*) e Controlo:** É o bloco responsável pelas operações simples aritméticas que um *MiFare* é capaz de realizar utilizando valores gravados na memória, como incremento, decremento e redundância;
 - ❖ **Interface EEPROM:** É responsável pela escrita e leitura na EEPROM;
 - ❖ **Unidade *Crypto*:** É responsável pela criptografia do canal de comunicação entre o cartão e *reader*.

Tabela 6.7 – Características principais com o ISO/IE 14443 – Tipo A.

Frequência	13,56 MHz
Alcance Leitura/Escrita	<= 10 cm
Velocidade de Comunicação	106 Kbps (Fase de anti-colisão) 212 Kbps ou mais (opcional)

Relativamente à *MiFare* de 1 kB, e como se verifica na figura 6.23 cada setor possui um “sector trailer” sendo este especial e reservado pois é nele que ficam gravadas duas chaves de 48 bits conhecidas por KEY A e KEY B. A chave A é obrigatória e não é passível de leitura. Dependendo dos bits que definem as Condições de Acesso (*Access bits*) do setor, a chave B é opcional, podendo ser passível de leitura ou não. Quando a chave B não for utilizada, a sua área poderá ser destinada para armazenamento de dados contudo, não é recomendado. Ainda relativamente as condições de acesso, é composta por 4 bytes que define a condição de acesso para cada bloco do setor: leitura, decremento, escrita e leitura pela Chave A, etc.

O bloco 0 do setor 0 também é especial uma vez que, é reservado para o ID único do *MiFare* bem como informações industriais inerentes a cada fabricante, não podendo ser reescrito (MF1 IC S50, 2007).

Denota-se assim, que o *MiFare* é praticamente um cartão de memória, onde essa memória se divide entre blocos dentro dos setores e deste modo chegamos à conclusão de que, 16 setores vezes 4 Blocos de 16 bytes vai ser igual a 1024 bytes, descontando o Bloco 0 e ainda os 16 blocos correspondentes ao “Sector Trailer” ficamos com 752 bytes disponíveis para disfrutarmos da forma como desejarmos.

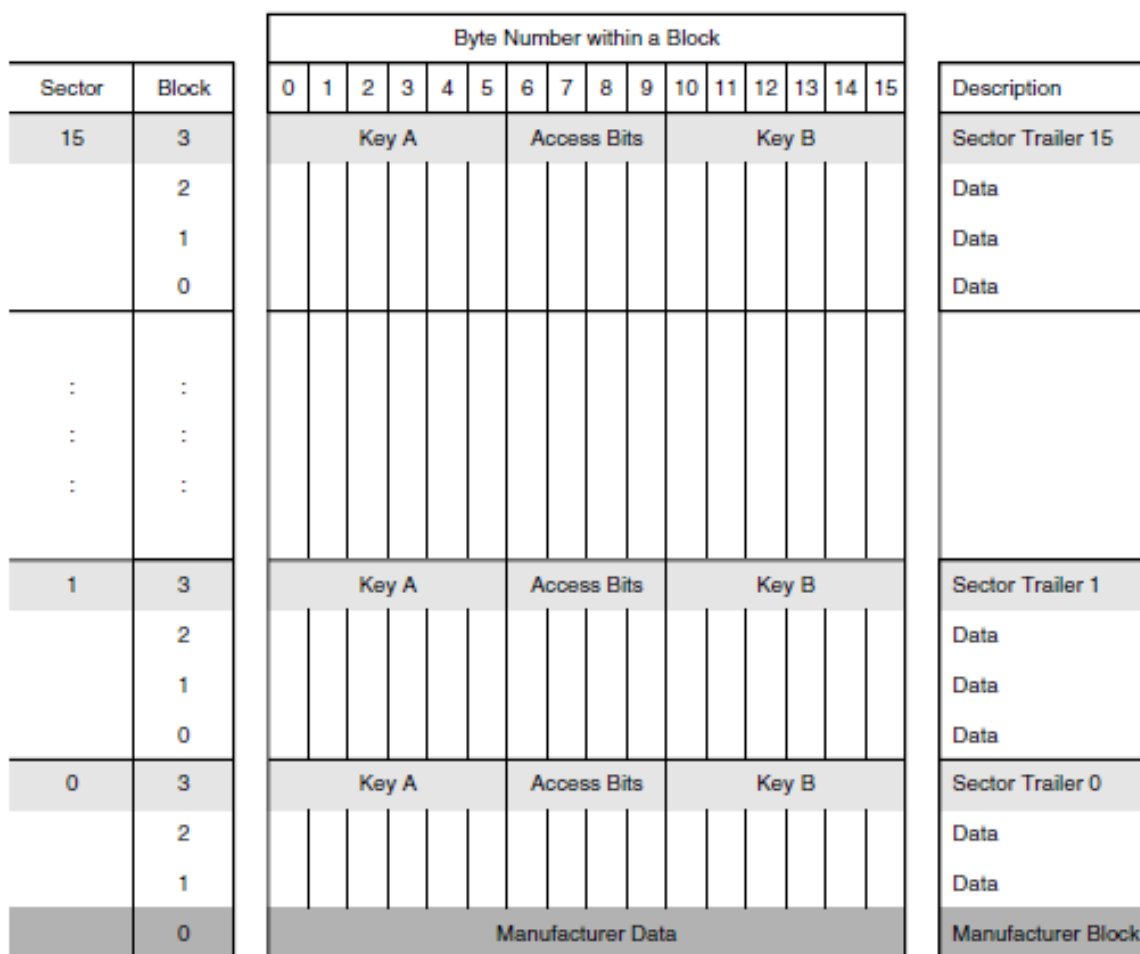


Figura 6.23 – Mapa da memória de uma *tag* MiFare *Classic* 1Kb (MF1S50yyX, 2011).

A *Adafruit* disponibiliza uma biblioteca para usar o *PN532 RFID/NFC Shield* que permite realizar a escrita, leitura e formatação de *tags MiFare* de forma simples (ver anexo A) no entanto, deve-se ter cuidado na forma como realizamos a função de escrita uma vez que, se ocorrer uma violação no modo de acedermos a cada bloco, esse é bloqueado de maneira irreversível podendo ficar com uma *tag* completamente inativa.

6.3.4. *NetBeans* IDE

A plataforma usada para desenvolver a aplicação em java de suporte à leitura, escrita e formatação de *tags* RFID foi o *NetBeans* (Figura 6.24) sendo este, um *software* em ambiente integrado de desenvolvimento que reúne características e ferramentas para ajudar e facilitar no processo de programação.

Este *software* foi escolhido fase às necessidades do projeto e por ser uma plataforma com capacidades para trabalhar com várias linguagens de programação. É desenvolvida em *Java* e suporta linguagem como *java*, *PHP*, *C/C++*, *javaScript*, *javaFX* entre outras e também

frameworks podendo ser executado em *Windows*, *OS X*, *Linux*, *Solaris* assim como por várias plataforma que suportem um JVM (*Java Virtual Machine*) (*NetBeans IDE*).

O *NetBeans* utiliza componentes, também conhecidos como módulos, para permitir o desenvolvimento de *software*, possibilitando aos utilizadores uma forma simples de realizarem o *download* de recursos atualizados e *upgrades* digitalmente autenticados. Os módulos do IDE englobam o *NetBeans Profiler*, uma *interface* gráfica do utilizador (GUI) e o *NetBeans JavaScript Editor*.

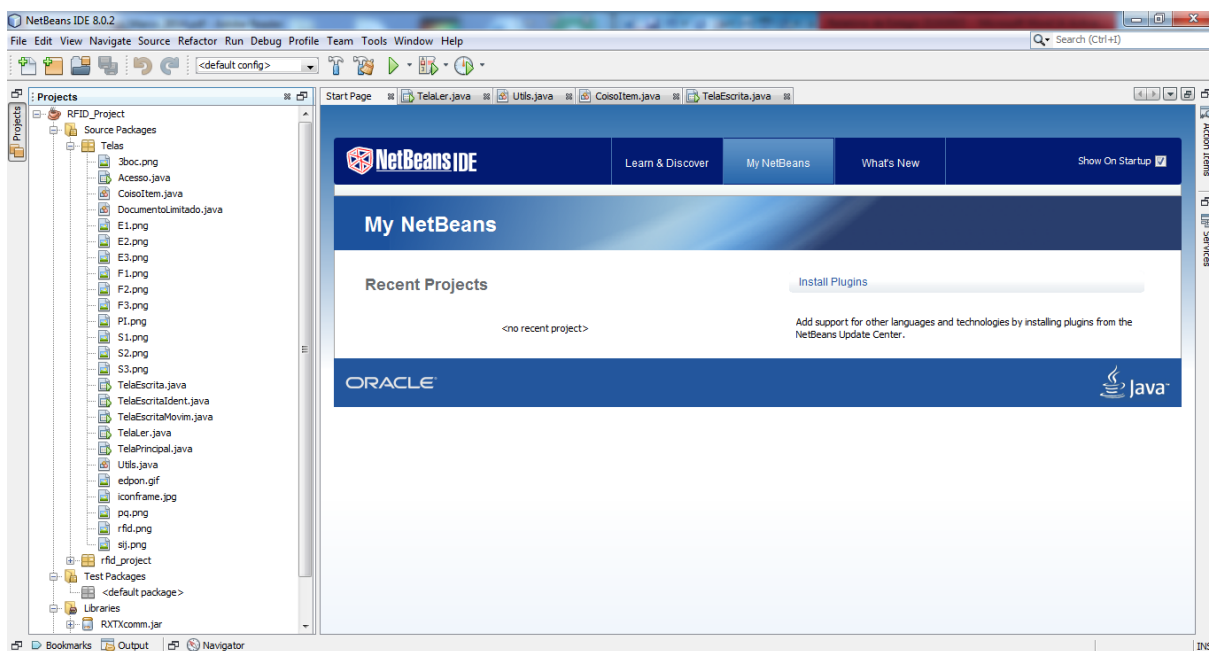


Figura 6.24 – Plataforma *NetBeans*.

6.3.5. Integração da biblioteca RxTx

A comunicação realizada entre o IDE *java* e o *Arduino* é efetuada através de um cabo USB e deste modo, foi utilizado uma biblioteca – RxTx. Esta biblioteca pode ser utilizada na construção de inúmeros projetos que englobem a plataforma *Arduino*.

Esta biblioteca está disponível para vários sistemas operativos: *Windows* (32 bits e 64 bits), *Mac OS X* (x86 e ppc), *Linux* (x86, x86_64, ia64) e *Solaris* (*sparc*). Para se utilizar a biblioteca em projetos *java*, tem que se garantir que a sua instalação seja apropriada a cada tipo de sistema operativo. Assim sendo, para a instalação em ambiente *Windows* 64 bits procedeu-se primeiro à realização do *download* dos seguintes arquivos (Comunicação Java & *Arduino*, 2014):

- rxtxSerial.dll;
- RXTXcomm.jar.

De seguida foi necessário proceder à sua instalação que se realizou da seguinte maneira:

Copiar o arquivo `rxtxSerial.dll` para:

- C:\Program Files\Java\jdkx.x.x\bin, onde x.x.x é a versão do JDK, por exemplo C:\Program Files\Java\jdk1.6.40\bin;
- C:\Program Files\Java\jre\bin, onde x é a versão do JRE, por exemplo C:\Program Files\Java\jre7\bin;
- C:\Windows\System32;
- C:\Windows\SysWOW64 (caso sistema operacional 64-bits (x64)).

Copiar o arquivo `RXTXcomm.jar` para:

- C:\Program Files\Java\jre\jre\lib\ext, onde x é a versão do JRE, por exemplo C:\Program Files\Java\jre7\lib\ext.

Para a instalação da biblioteca RxTx em outros sistemas operativos, as instruções encontram-se disponíveis em anexo.

6.3.6. Implementação do sistema

Após a recolha da informação necessária ao desenvolvimento da aplicação em java e da compreensão do comportamento das *tags* usadas, procedeu-se à realização do *firmware* no *Arduino* e determinou-se quais os blocos reservados para cada informação.

Na figura 6.25 é apresentado um diagrama que descreve a forma como é estabelecida a comunicação entre o *Arduino* e a aplicação desenvolvida.

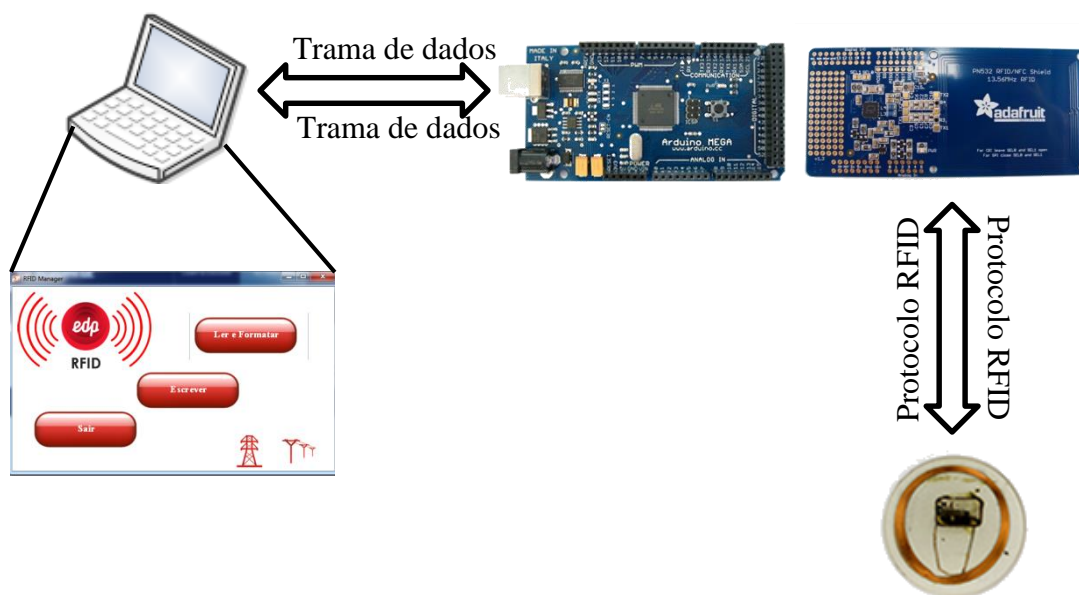


Figura 6.25 - Diagrama Ilustrativo da Comunicação entre a aplicação e o *Arduino*.

Por forma a gerir o espaço de armazenamento que a *tag* disponibiliza e consoante os dados que seriam relevantes conter dentro dela, foi definido para cada informação uma zona de memória (bloco) que está demonstrado na figura 6.26.

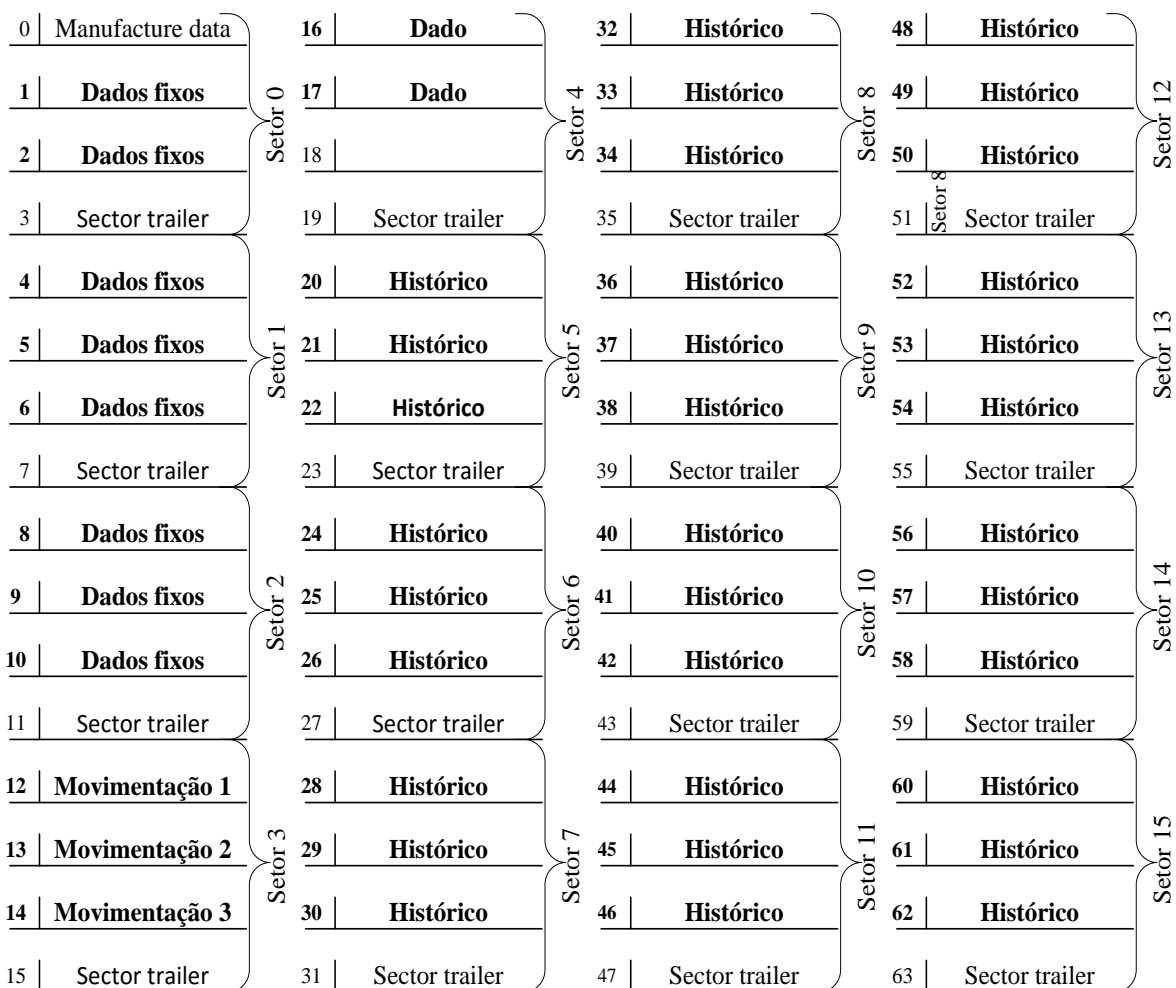


Figura 6.26 – Mapeamento da memória da *tag*.

Como referido anteriormente, no “*sector trailer*” e no “*manufacture data*” não é possível o armazenamento de informação e como tal, a informação foi orientada da seguinte maneira:

- Dados fixos – Campos relativos à informação identificativa do equipamento em questão, que serão discutidos no ponto 6.3.7.
- Movimentação 1,2 e 3 – Zona de memória relativa aos locais que o equipamento frequentou;
- Dado – Parâmetro que tem como objetivo o armazenamento do último estado onde são alocadas as movimentações e o histórico do sistema. Desta forma, é possível

guardar uma nova movimentação ou intervenção de manutenção na posição seguinte.

- Histórico – Zona de memória referente ao histórico de manutenções realizadas no equipamento.

De seguida, foi desenvolvido um *firmware* no *Arduino* que permite receber os comandos que são enviados por parte da aplicação, ou seja, consoante os campos de preenchimento da informação na memória da *tag*, é enviado a letra correspondente a essa condição. Na figura 6.27 é apresentado o fluxograma correspondente ao funcionamento do *Arduino*.

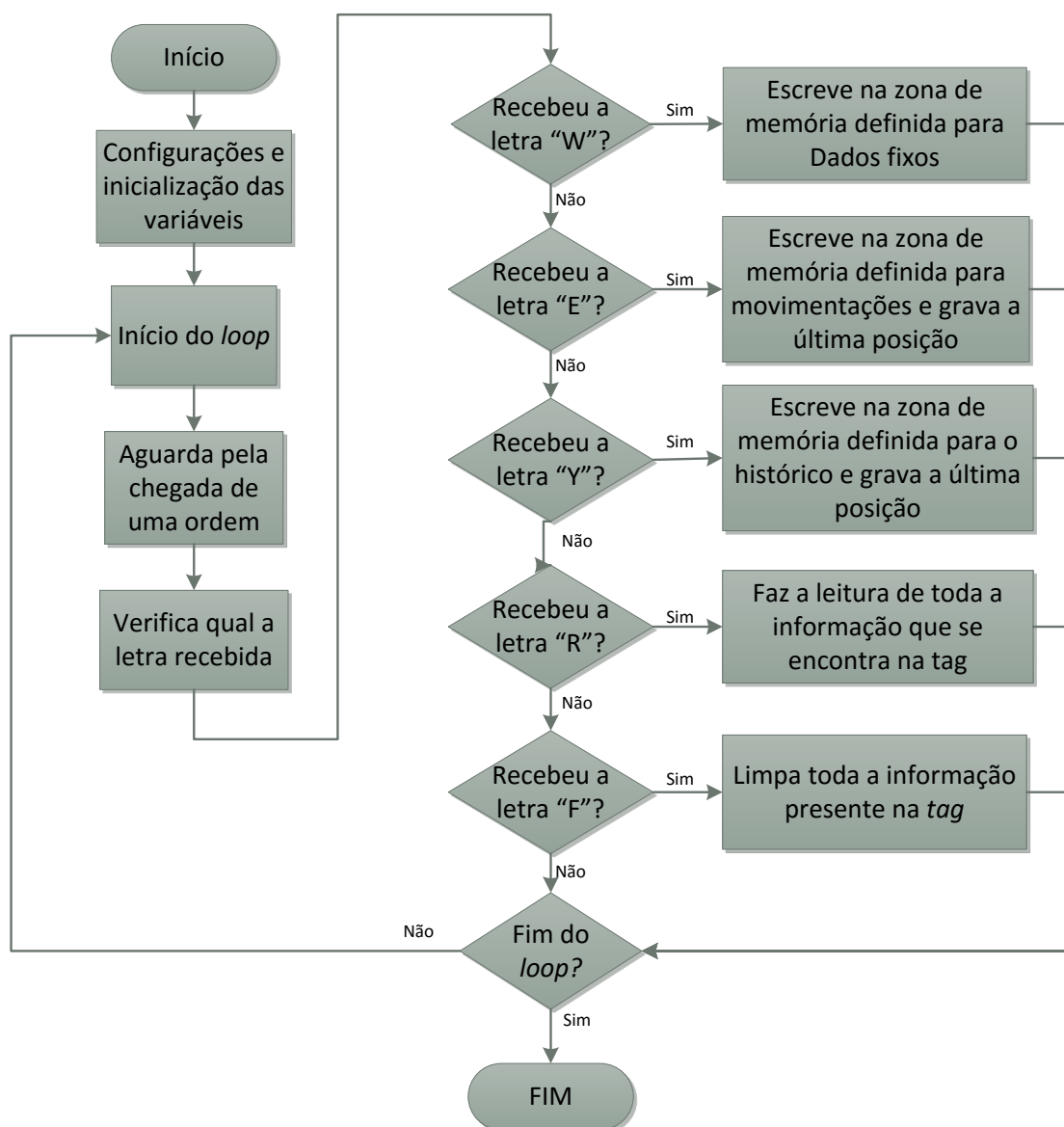


Figura 6.27 – Fluxograma do *firmware* desenvolvido no *Arduino*.

6.3.7. Aplicação “RFID Manager”

Após o seguimento dos passos mencionados procedeu-se à construção da aplicação em java e para isso tornou-se fundamental saber quais as funcionalidades que a aplicação deveria conter. Como o projeto é apenas uma proposta de desenvolvimento futuro, fez-se um levantamento dos dados que seriam importantes quando é realizado uma manutenção.

Deste modo, e como o objetivo da aplicação passa por ler, escrever e formatar uma *tag* RFID é apresentado na figura 6.28 o diagrama de funcionamento da aplicação.

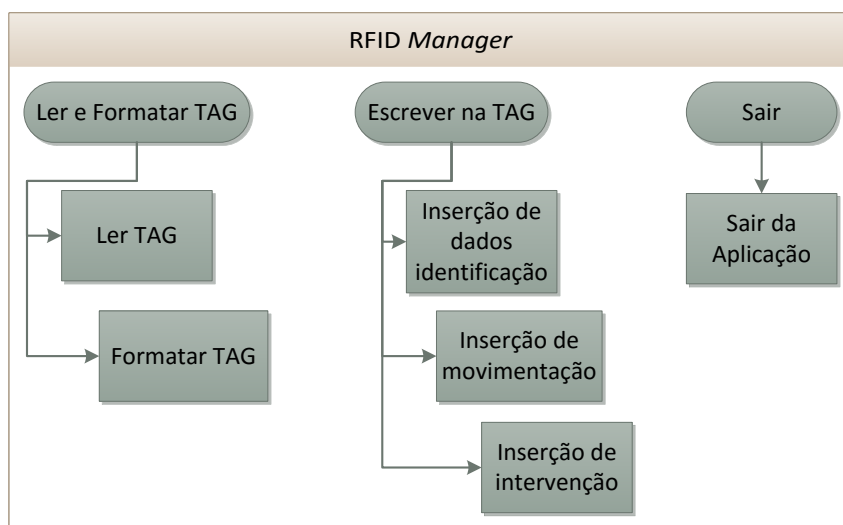


Figura 6.28 – Diagrama de funcionamento da aplicação “RFID Manager”.

Quando a aplicação é iniciada é apresentada um menu de opções, em que o utilizador pode escolher a função a realizar na *tag*. A figura 6.29 mostra o aspeto final da *Interface* inicial.



Figura 6.29 – Interface Inicial da aplicação.

Ao selecionar a opção de ler e formatar, o sistema abre uma nova janela que possui o aspeto que se encontra na figura 6.30. Esta janela contém toda a informação que a *tag* RFID, para este projeto em particular deve usufruir, sendo considerado relevante englobar a seguinte informação:

- Identificação do Sistema – Diz respeito aos dados fixos do equipamento em causa e normalmente são inseridos apenas uma vez dado que, se semelha a um “bilhete de identidade” do equipamento. Os dados a ter em conta na identificação do sistema foi: ID (ID da *tag*), SAP ID, Fabricante, Modelo, Ano Fabrico, Nº Serie, Tipo de Ativo, Posição matriz armazém e por fim as Observações que o utilizador acha relevante a esse dispositivo. Esta informação é alocada na zona de memória definida para os “Dados fixos”;
- Variáveis Locais de Exploração – As variáveis de exploração foram pensadas no sentido de ter conhecimento das SE que o equipamento permaneceu. Como tal, achou-se relevante ter um campo com a data e local da origem, ou seja, o primeiro local onde este entrou em funcionamento. Além disso possui a data e local das três últimas movimentações numeradas cronologicamente, isto é, funciona como um histórico dos locais por onde passou. A informação relativa às variáveis de exploração ainda são alocadas na zona de memória para os “Dados fixos” e as movimentações são alocadas na zona de memória definida para as “Movimentações 1, 2 e 3”;
- Histórico do Sistema - O histórico do sistema diz respeito às manutenções efetuadas por cada técnico ao longo do ciclo de vida do equipamento. Os campos que foram considerados importantes são o tipo de intervenção (“Tint”), data de intervenção (“Data”) e por último o responsável da intervenção (“Resp”). Esta informação é alocada na zona de memória reservada para o “Histórico”.
-

Para despoletar a opção de leitura de uma *tag*, basta coloca-la no campo de ação do *reader*, conectar a porta séria e de seguida carregar no botão “ler”. Toda a informação contida na *tag* irá aparecer nos campos correspondentes. O botão formatar, funciona no mesmo seguimento do botão “ler” e como o próprio nome indica, faz uma limpeza à *tag*, ou seja, limpa toda a informação que ela contém nos blocos possíveis de escrita de dados e definidos no código que o *Arduino* possui.

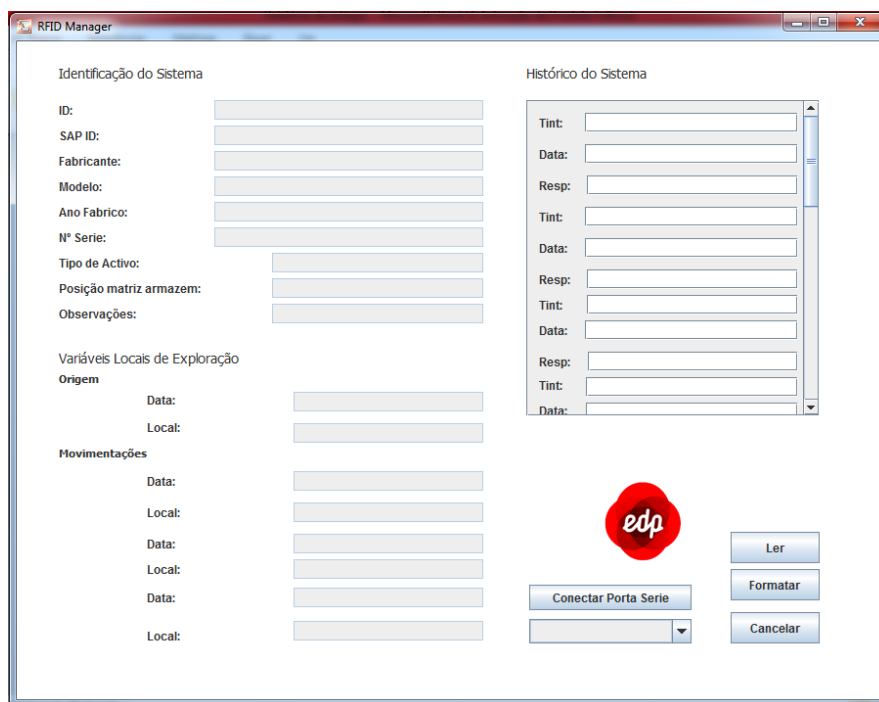


Figura 6.30 – Aspeto da janela “Ler” e “Formatar”.

Voltando um pouco atrás, mais propriamente à janela de *Interface* inicial, relativamente ao botão “escrever” ele é responsável por abrir uma nova janela (Figura 6.31) com os campos possíveis para escrita. Como a aplicação é dirigida ao apoio da manutenção, ou seja, realização das intervenções feitas no equipamento, pensou-se que era mais prático usufruir do preenchimento desses campos logo após de se selecionar a opção de escrita sem ter a necessidade de andar a clicar em botões de modo a chegar ao preenchimento dos campos essenciais. Deste modo, o utilizador que pretenda realizar o registo da manutenção realizada apenas necessita de clicar no botão “Escrever”, preencher os campos, conectar a porta serial e por fim clicar no botão gravar.

Na figura abaixo visualiza-se ainda, mais dois botões sendo eles, o de inserção de dados de identificação e o de inserção de movimentações. O botão de inserção de dados de identificação tem com função, e como já referido anteriormente, inserir dados definitivos do sistema funcionando de forma semelhante a um bilhete de identidade.

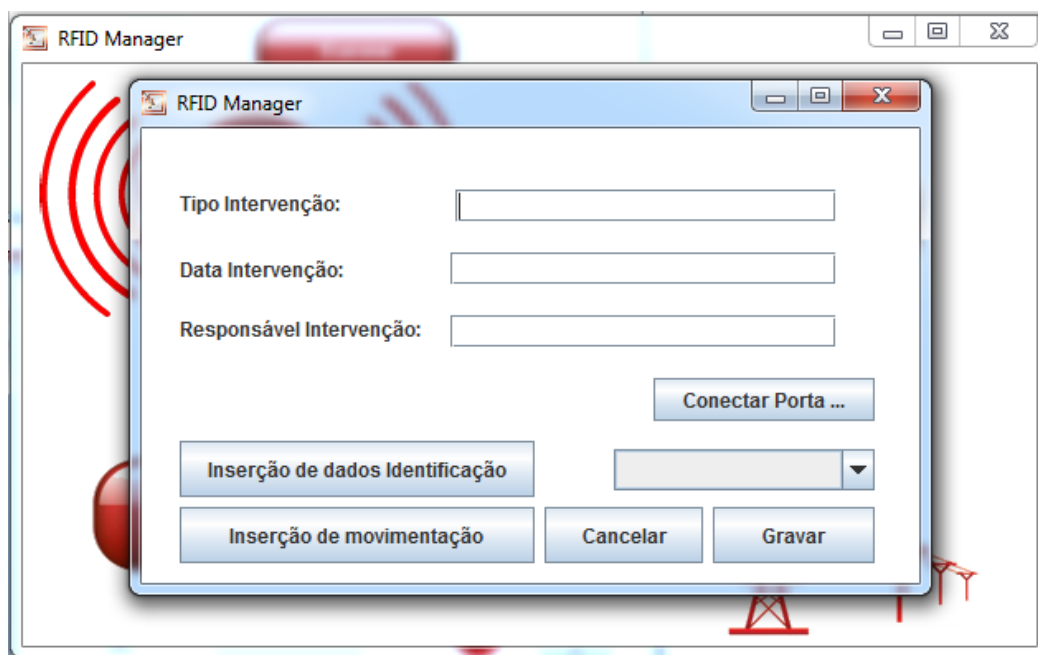


Figura 6.31 – Aspeto da janela “Escrever”.

A inserção de dados de identificação tem a particularidade de remeter para uma janela de acesso (Figura 6.32). Esta janela de acesso não é mais que, uma segurança para que apenas o administrador tenha a possibilidade de alterar/inserir os dados de identificação do equipamento.

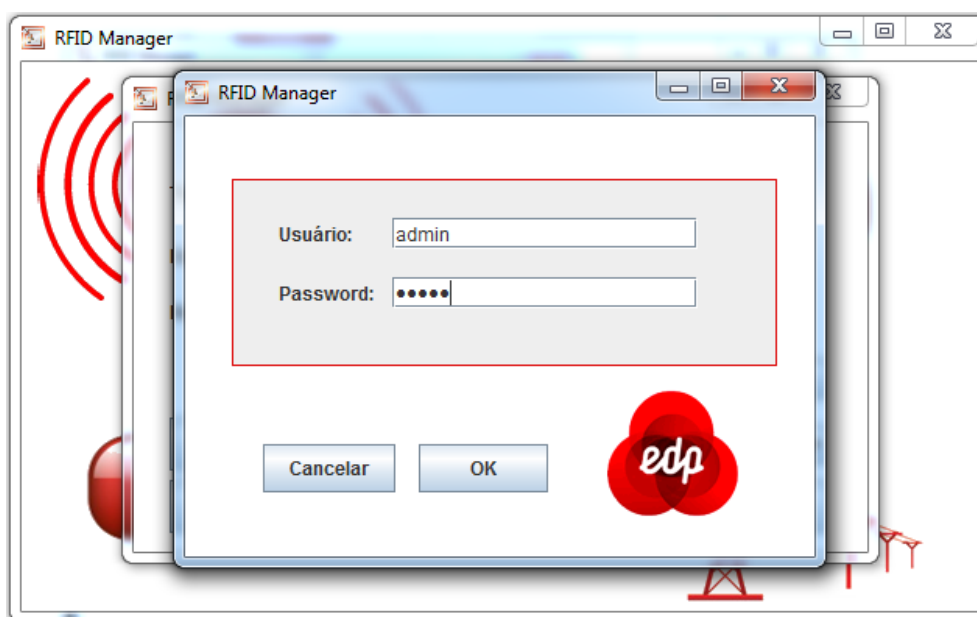


Figura 6.32 – Janela de “Acesso”.

De seguida e após a verificação do “Usuário” e da “Password” correspondentes, o utilizado é por fim, direcionado para a janela da inserção de dados de identificação do equipamento (Figura 6.33).

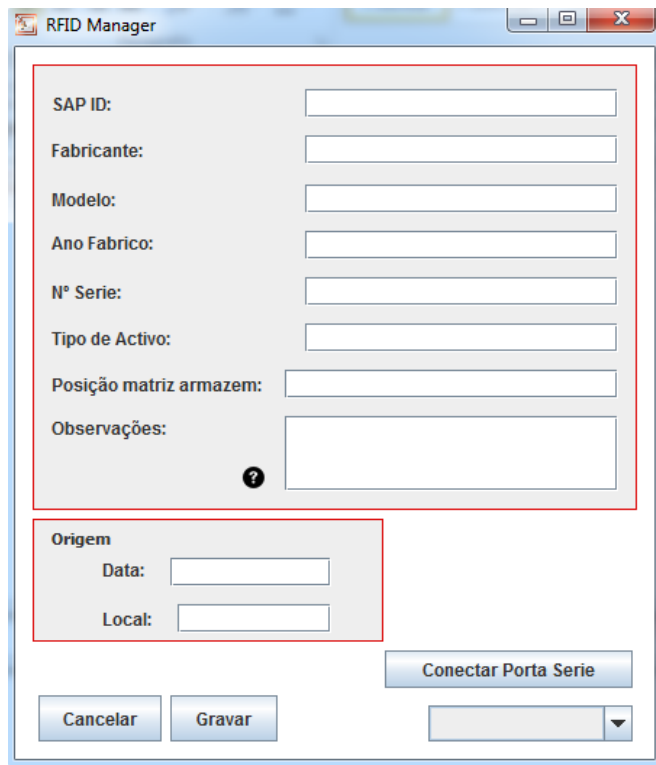


Figura 6.33 – Janela de “Inserção de dados de Identificação”.

O botão de “Inserção de movimentações” funciona da mesma maneira que o botão “Escrever” bastando um simples clique para o utilizar ser remetido para a janela correspondente ao preenchimento da movimentação que o equipamento realizou (Figura 6.34).

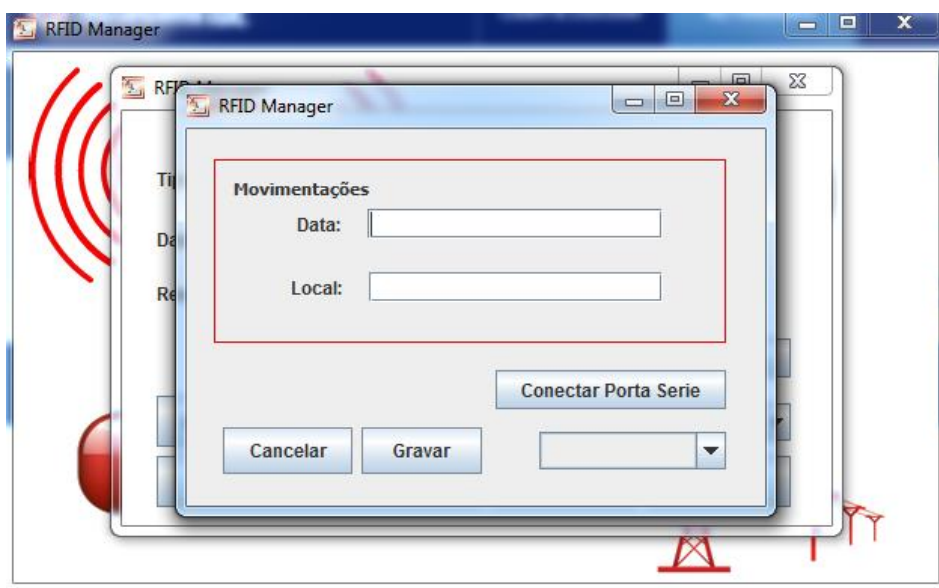


Figura 6.34 – Janela “Inserção de Movimentações”.

6.4. Conclusão

No presente capítulo foi demonstrado as diversas etapas da construção dos projetos propostos, e são apresentados os sistemas de *reset* remoto que foram implementados no terreno.

O objetivo principal do projeto de Sensores e Controlo Remoto era a realização de um *reset* a um determinado equipamento por forma a despistar a avaria existente pois, por vezes surgem avarias do tipo intermitente e não é imediato a identificação do problema em causa. Por forma a usufruir das valências do material adquirido, foi introduzido um sensor de medição de temperatura/humidade uma vez que, é fundamental perceber o ambiente em que se encontra a instalação dado que, as elevadas/baixas temperaturas e níveis altos/baixos de humidade podem influenciar o funcionamento de determinados equipamentos que se encontram nas instalações da SE. Além disso foi inserido um sensor de deteção de gases de modo, a procurar-se um piloto viável para a monitorização de agentes químicos emitidos pela má execução das caixas de fim de cabo nos Quadros Metálicos. Foram introduzidos outros comandos de monitorização de estados do sistema e seleção de números de telefone que poderiam ter acesso ao sistema.

O segundo projeto (*RFID Manager*) apresenta uma proposta para desenvolvimento e aplicação da tecnologia RFID nos ativos da EDP. Constatou-se que este tipo de tecnologia é cada vez mais versátil no que diz respeito ao armazenamento de informação necessária ao ativo. Para compreender as várias zonas de memória da *tag* foi necessário averiguar na fase inicial, a quantidade de informação que se poderia armazenar. Após esta fase, e de modo a tornar este projeto mais proveitoso, desenvolveu-se uma aplicação em *java* que permite ter um *interface* com o utilizador mais intuitivo e agradável que o monitor série do *Arduino* não permite.

7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este capítulo visa apresentar as principais conclusões relativamente aos trabalhos desenvolvidos para a empresa, assim como as propostas para trabalhos a realizar no futuro.

7.1. Conclusões

O presente estágio, realizado na empresa EDP Distribuição, permitiu o contato com uma das áreas profissionais da Engenharia Eletrotécnica sendo este, uma oportunidade de familiarização com o mercado de trabalho e a percepção de regras e procedimentos relativos à área de manutenção. Foi uma oportunidade privilegiada dada pela empresa tanto a nível profissional como pessoal, que teve como principal objetivo a construção de dois projetos sendo um deles um sistema de sensores e controlo remoto utilizando a tecnologia GSM e uma ferramenta de apoio nas atividades de manutenção de subestações com base em RFID.

O sistema de sensores e controlo remoto vai ao encontro de uma necessidade que a EDP possui visto que, em parte, vem colmatar a indisponibilidade de comunicação por parte das URTA com o Centro de Comando e não menos importante, redução de custos associado à ida do piquete ao local. Além disso, outra das particularidades do sistema reside na monitorização de parâmetros críticos relativos ao ambiente presente da instalação permitindo assim, permanecer em alerta no caso de algum equipamento entrar em estado crítico, antecipando um potencial problema.

Apesar dos desafios encontrados no desenvolvimento deste projeto, os objetivos foram alcançados e através dos testes realizados foi possível avaliar o desempenho do protótipo como satisfatório para as funcionalidades propostas. O facto de o sistema ser implementado na URTA da SE da Pampilhosa do Botão e no repetidor de rádio da SE de Ponte de Sôr permitiu denotar que o trabalho desenvolvido oferecia a fiabilidade esperada e permitiu a sua utilização no terreno.

O custo associado a este projeto é baixo em comparação com a quantidade média de vezes que o técnico se dirige ao local apenas para efetuar um *reset* ao equipamento podendo-se verificar que, apenas duas vezes da ida do técnico ao local conseguiria satisfazer o custo de um protótipo.

No que diz respeito à monitorização de gases emitidos pelas descargas parciais, ainda é um piloto em estudo dado que, é necessário averiguar os valores que seriam críticos quando ocorre uma descarga.

Relativamente ao projeto realizado com base em RFID, sendo uma tecnologia em constante desenvolvimento, a necessidade de ter *softwares* que consigam de alguma maneira adquirir a informação de cada *tag* numa distância considerável, torna-se um desafio e um “sonho” para qualquer empresa pois possuir a informação de cada ativo presente numa subestação através de um simples clique é realmente um grande desejo.

O projeto desenvolvido, é apenas uma proposta do que poderá ou não ser relevante para colocar dentro de uma *tag* RFID sendo apenas o princípio de algo que se pode tornar numa realidade.

Deste modo, e caminhando no sentido de desenvolver o que foi proposto e realizado no estágio, a implementação deste sistema na EDP Distribuição seria eficaz no apoio das atividades de manutenção das Subestações tendo como vantagens:

- Eliminação de erros no que toca à informação presente em cada ativo;
- Otimiza o tempo despendido na rotina;
- Maior exatidão no processo de manutenção;
- Agiliza a decisão;
- Qualifica a decisão/gestão do processo;
- Garante a execução em conformidade com o planeamento.

Considera-se portanto, que os objetivos do projeto “*RFID Manager*”, e face ao que foi proposto, foram atingidos sendo que os resultados finais deste trabalho foram positivos e quem sabe, o uso do que foi realizado seja, um passo para a implementação desta tecnologia em todos os ativos que a EDP Distribuição possui.

7.2. Sugestões de trabalhos futuros

Relativamente aos trabalhos futuros, é necessário continuar a investir em sistemas que consigam corrigir falhas de comunicação e também apoiar processos relativos à manutenção.

Deste modo, uma das propostas de desenvolvimento no projeto “*RFID Manager*” seria realizar a interligação a uma base de dados. por forma, a não ter apenas a informação disponibilizada na *tag* quando se efetua uma manutenção mas sim, ter acesso sempre que o utilizador desejar, em qualquer local, do que está em cada *tag*, uma vez atualizando a informação esta irá atualizar na base de dados

Outra sugestão, seria o aumento da distância de comunicação entre *tag* e o reader. No entanto, é necessário ter em consideração os custos que acarreta ter um sistema com essa particularidade e principalmente, a segurança e privacidade dado que, quanto maior a distância que queremos atingir, maior será a probabilidade da *tag* ser lida por um *reader* não autorizado.

No sistema de sensores e controlo remoto seria interessante passar de protótipo a produto final por forma a tornar este sistema mais modular em termos de utilização e na sua integração mais efetiva num sistema geral de análise de erros.

Por fim, tornar num caso de estudo as descargas parciais em Quadro Metálicos MT, visto ser um tema bastante vasto que engloba várias áreas. Deste modo, seria necessário averiguar quais os valores emitidos críticos libertados pelas descargas parciais, sensores necessários à sua utilização, e verificar se o sensor usado no projeto é preciso e nos facultar os gases que queremos identificar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adafruit*. (s.d.). *DHT22 temperature-humidity sensor + extras*. Obtido em 30 de Novembro de 2015, de <https://www.adafruit.com/products/385>
- Adafruit PN532 NFC/RFID*. (s.d.). Obtido em 14 de Outubro de 2015, de Adafruit: <https://www.adafruit.com/products/789>
- Arduino*. (2015). Obtido em 20 de Novembro de 2015, de *Arduino*: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
- Arduino DS1307 RTC Shield*. (2012). Obtido em 12 de Novembro de 2015, de <http://fritzing.org/projects/arduino-ds1307-rtc-shield>
- Arduino e cartões SD, MicroSD e SDHC*. (2015). Obtido em 26 de Novembro de 2015, de <http://br-arduino.org/2015/01/arduino-e-cartoes-sd-microsd-e-sdhc.html>
- Arduino GSM Shield*. (2015). Obtido em 25 de Novembro de 2015, de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoGSMShield>
- Baía, A. (2013). "*Android as a Cloud Ticket Validator*". Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Comunicação *Java & Arduino*. (2014). Obtido em 26 de Outubro de 2015, de: <http://www.embarcados.com.br/comunicacao-serial-java-arduino/>
- Digital-output relative humidity & temperature sensor/module - AM2303*. (s.d.). Obtido em 30 de Novembro de 2015, de <https://www.adafruit.com/datasheets/DHT22.pdf>
- EDP - Energias de Portugal. (Fevereiro de 2007). "*Instalações at e mt. subestações de distribuição: projecto tipo - memória descritiva: dit - c13-500/n*". Obtido em 30 de Setembro de 2015
- EDP. (2013). Obtido em 20 de Setembro de 2015, de <http://www.edp.pt/pt/aedp/edpNoMundo/Pages/EDPMundo.aspx>
- EDP Distribuição - Energia, S.A. (s.d.). "*Sistemas de Protecção, Comando e Controlo numérico (SPCC) - características e ensaios: dma - c13 - 501/n*". Obtido em 30 de Setembro de 2015, de www.edpdistribuicao.pt -> Profissional -> Documentos Normativos -> Por código -> DMAC13-501N->Pesquisar
- EDP Distribuição - Energia, S.A. (Março de 2005). "*Sistemas de protecção da edp distribuição (norte)*".
- EDP Distribuição. (2011). Obtido em 20 de Setembro de 2015, de <https://www.edp.pt/pt/aedp/sobreaedp/marcaEDP/Pages/HistoriaMarca.aspx>

- EDP Distribuição. (2013). Obtido em 21 de Setembro de 2015, de http://www.edpdistribuicao.pt/pt/rede/SE%20Tipo/SE_Tipo.html
- EDP Distribuição Energia S.A. (2001). "*Teleacção - o sistema de comando da cett.*"
- Finkenzeller, K. (2012). *RFID Handbook - Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication*. John Wiley & Sons.
- Gomes, H. (2007). *Construção de um Sistema RFID com fins de localização Especiais*. Universidade de Aveiro.
- Lahiri, S. (2005). *RFID Sourcebook*. IBM Press.
- Lopes, M. (2014). *Desenvolvimento de um modelo para determinação do índice de saúde e respetiva probabilidade de falha para disjuntores AT e MT – Estágio na EDP Distribuição*. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.
- M10 *Quectel Cellular Engine*. (2010). Obtido em 26 de Novembro de 2015, de https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/Quectel_M10_datasheet.pdf
- Marques, M. (2012). *Diagnóstico e Análise de Falha em Quadros Metálicos de uma Subestação de Média Tensão*. LMR- Laboratório de Materiais e Revestimentos.
- MF1 IC S50. (2007). Obtido em 28 de Outubro de 2015, de *Adafruit*: <https://www.adafruit.com/datasheets/S50.pdf>
- MF1S50yyX. (2011). Obtido em 24 de Outubro de 2015, de NXP: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/MF1S50YYX.pdf
- Módulo Relé. (2015). Obtido em 13 de Outubro de 2015, de <https://niltonfelipe.wordpress.com/2015/02/17/controlando-lampadas-com-modulo-rele-arduino/>
- Morais, A. L. (2009). *Arquitectura de comunicações de Sitemas de Protecção, Comando e Controlo da EDP Distribuição*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- MQ131 *Semiconductor Sensor for Ozone*. (s.d.). Obtido em 26 de Novembro de 2015, de <http://www.cooking-hacks.com/skin/frontend/default/cooking/pdf/MQ-131.pdf>
- NetBeans* IDE. (s.d.). Obtido em 28 de Novembro de 2015, de Oracle: <http://www.oracle.com/technetwork/developer-tools/netbeans/overview/index.html>
- Real Time Clock RTC DS1307*. (s.d.). Obtido em 12 de Novembro de 2015, de <http://www.filipeflop.com/pd-6b854-real-time-clock-rtc-ds1307.html>
- Simões, D. (2008). *Sistema de Fidelização sobre NFC (Near Field Communication)*. Universidade Técnica de Lisboa.

- Sousa, E. I. (2013). *Aplicação da Metodologia de RCM II ao Sistema de Proteção, Comando e Controlo de uma Subestação Numérica AT/MT*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Souza, W. (2011). *Cartão MIFARE classic*. Universidade de São Paulo.
- Tavares, H. D. (2012). *Aplicação de Metodologias RCM nos Planos de Manutenção de Sistemas de Protecção, Comando e Controlo*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Teixeira, M. (2008). *Projecto de implementação rfid na empresa atec*. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Wagner, J. (2007). *The Influence of Metal Environment on the Performance of UHF Smart Labels in Theory, Experimental Series and Practice*. IEEE.

ANEXOS

ANEXO A – Funções utilizadas para envio, leitura e formatação para tags no Arduino

Na implementação do programa no *Arduino* para ler, escrever e formatar as *tags* MiFare foram utilizadas funções que o *reader* utilizado disponibilizava para esse fim. Deste modo, foram utilizadas as seguintes funções:

`nfc.SAMConfig()`:

Esta função configura a placa (*reader*) para que ela possa ser usada para ler, escrever e formatar *tags* RFID.

`nfc.mifareclassic_Authenticateblock(uid,uidLength,currentblock,1,keyuniversal)`:

Esta função é fundamental para o funcionamento da *tag*, pois é ela que permite autenticar cada bloco que vamos aceder para leitura, escrita ou formatação.

`nfc.mifareclassic_WriteData(num,text1)`:

Esta função permite escrever no bloco selecionado sendo que, “num” é a variável correspondente ao número do bloco que vamos escrever e “text1” a *string* correspondente ao texto que desejamos colocar dentro desse bloco, não podendo ultrapassar os 16 caracteres.

`nfc.mifareclassic_ReadDataBlock(num,block)`:

É utilizada para realizar a leitura no bloco selecionado sendo que, “num” é a variável correspondente ao número do bloco que queremos ler e “block” a variável correspondente à posição dos caracteres contidos nesse bloco.

ANEXO B – Instruções de instalação da biblioteca rxtx

Para realizar o *download* dos arquivos necessários para implementar a biblioteca rxtx pode-se recorrer ao seguinte site: <http://jlog.org/rxtx.html>. Devemos ter em atenção o tipo de sistema operacional do nosso computador e retirar os arquivos de acordo com o que foi mencionado.

Para proceder à sua instalação deve-se:

Linux

Copiar o arquivo *librxtxSerial.so* para:

- /usr/lib/, exemplo: cp /home/Usuario/librxtxSerial.so /usr/lib/.

Copiar o arquivo *RXTXcomm.jar* para:

- /usr/share/java/, exemplo.: cp /home/Usuario/RXTXcomm.jar /usr/share/java/.

Mac OS X

Copiar o arquivo *RXTXcomm.jar* para:

- /Library/Java/Extensions

Copiar o arquivo *librxtxSerial.jnilib* para:

- /Library/Java/Extensions

Ainda no sistema operacional MAC OS X é necessário criar o diretório /var/lock como root e atribuir as permissões de escrita necessárias, seguindo os seguintes passos:

- Abrir o terminal;
- Digitar sudo mkdir /var/lock para criar o diretório;
- Colocar password quando for solicitada;
- Digitar sudo chmod 777 /var/lock.

De seguida, e antes de começar a criar a aplicação é necessário adicionar o *jar* *RXTXcomm.jar* ao projeto. Conforme mostra a imagem abaixo, clique com o botão direito sobre a pasta bibliotecas do projeto, clique em “Adicionar JAR/pasta...” e selecione o arquivo “**RXTXcomm.jar**”.

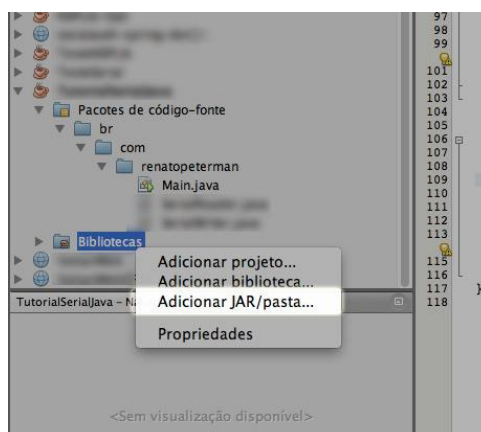


Figura B.1 – Adicionar *jar* *RXTXcomm.jar* ao projeto.

ANEXO C – Esquema do protótipo do Sistema de Sensores e Controlo Remoto

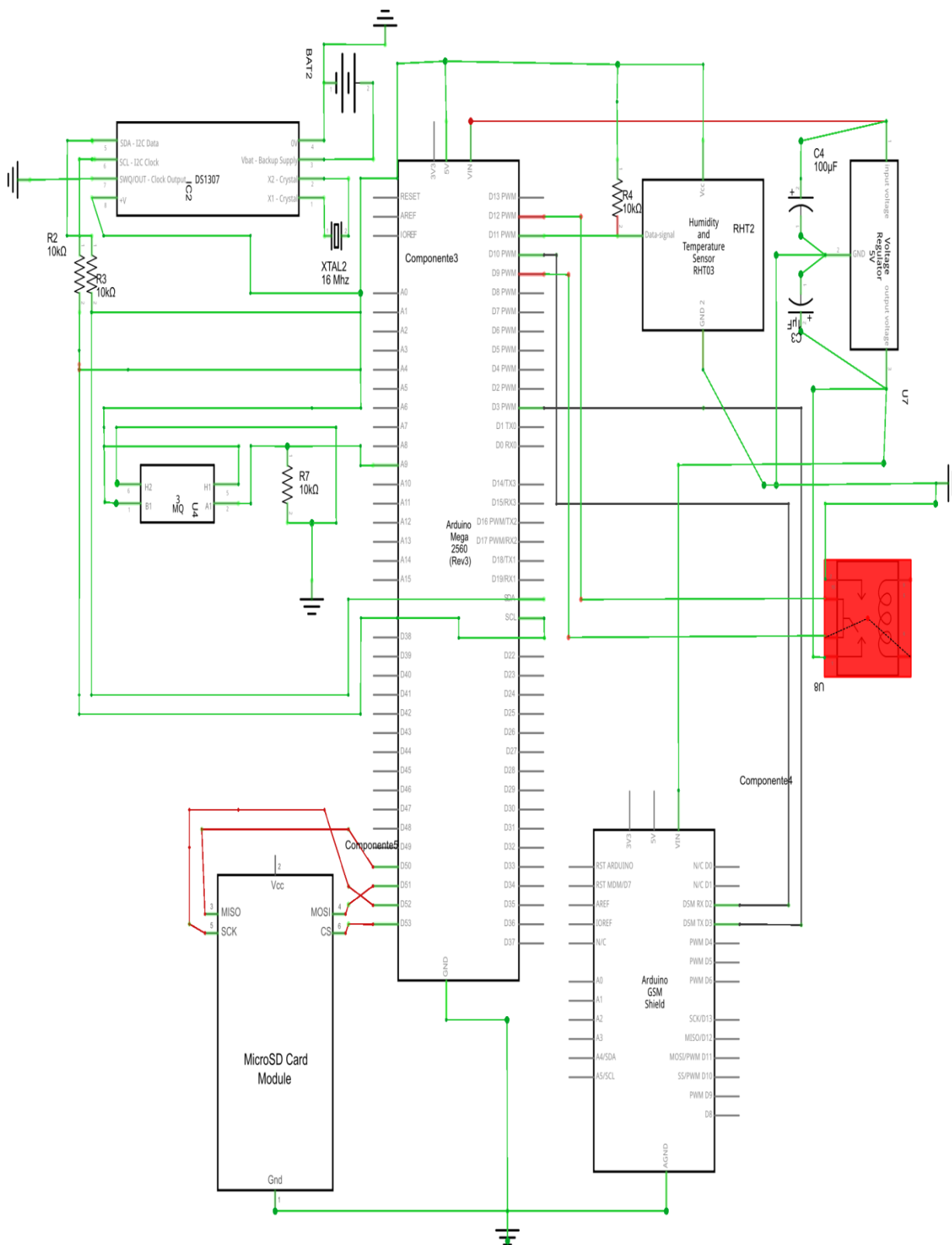


Figura C.1 – Esquema do protótipo do projeto Sistema de Sensores e Controlo Remoto.