



Departamento
de Engenharia Eletrotécnica

Sistema de Monitorização de Qualidade de Sinal GSM/GPRS para a eficiência do Telecomando da Rede de Média Tensão

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Eletrotécnica

Autor

Diogo Filipe Rodrigues Antunes da Costa

Orientadores

Professor Doutor Carlos Manuel Borralho Machado Ferreira

Professor José Manuel Fresco Tavares de Pina

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Supervisor na EDP Distribuição

Engenheiro Pedro José Fonseca

Coimbra, dezembro, 2015

"O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso, existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis. "

Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

A realização deste estágio só foi possível devido a contribuição direta ou indiretamente de diversas pessoas, a quem pretendo desta forma demonstrar o meu reconhecimento e agradecimento por todo o apoio e dedicação demonstrado.

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus orientadores do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Professor Doutor Carlos Manuel Machado Ferreira e Professor José Manuel Fresco Tavares de Pina pela oportunidade de conceder esta experiência enriquecedora que foi a realização deste estágio na EDP distribuição e por todo o apoio e conhecimentos transmitidos.

Agradecer ao Eng.º Pedro José Fonseca, supervisor na EDP distribuição., pelo tempo dispensado e cuidado na realização do projeto, bem como todos os conhecimentos e experiências transmitidas.

Ao Eng.º Rui Lourenço, Carlos Fonseca, Carlos Santos, Luís Candeias e Rui Francisco por todo o apoio e conhecimentos demonstrados.

Aos técnicos Nuno Simões, António Matos, Manuel Cardoso, Fábio Amaral e Fábio Sêco que me acompanharam no terreno, desde já agradeço todas as experiências transmitidas e apoio incondicional demonstrado.

Ao meu irmão por todo o apoio incondicional nesta etapa da minha vida, em que estive presente nos momentos mais difíceis.

A todos os meus amigos e colegas, que de alguma forma contribuíram para a realização deste projeto, deixo aqui os meus sinceros agradecimentos.

Quero também agradecer a toda a minha família, que de uma forma ou de outra contribuíram com conselhos sábios e com apoio quando mais precisava.

E por fim, quero agradecer aos meus pais por toda a educação que me deram e por serem os que mais contribuíram de uma forma mais pessoal para ultrapassar todas as dificuldades nesta fase da vida, e que fizeram esforços para que eu pudesse conseguir terminar o curso, para eles, o meu enorme obrigado por tudo o que fizeram por mim.

RESUMO

Obter uma alta eficiência no telecomando da rede de média tensão para a operação de OCR, e outros dispositivos contidos na rede, é um passo fundamental para a qualidade e continuidade de serviço.

Devido à existência de instalação indevida de órgãos de corte de rede com tecnologia GSM/GPRS em locais onde a cobertura de rede das operadoras de comunicação por vezes não era suficiente para executar uma operação num OCR, surgiu a necessidade de se criar um sistema de modo a verificar a qualidade de sinal num local onde estava instalado um OCR com tecnologia VHF, e caso existissem condições de sinal GSM/GPRS com boa cobertura, fazia-se uma mudança de instalação dos mesmos.

De modo a prevenir estas situações, em que antigamente se efetuava uma medição num curto espaço de tempo através de uma aplicação de móvel (exemplo: *android*), desenvolveu-se um sistema capaz de efetuar um ensaio prévio da cobertura de sinal de uma determinada operadora de rede de comunicação durante um período de tempo mais longo, para garantir que existiam condições favoráveis para posterior instalação de Órgãos de corte de rede, em que estes fossem eficientes nas suas operações executadas pelo centro de comando, garantindo assim fiabilidade no seu funcionamento.

Ao longo deste relatório é apresentado o desenvolvimento do sistema de monitorização de qualidade de sinal GSM/GPRS, bem como a descrição de trabalhos no terreno acompanhados pelo estagiário.

Palavras-Chave: Qualidade de sinal GSM/GPRS, Órgão de corte de rede, Continuidade de serviço.

ABSTRACT

Get a high efficiency in the medium voltage network remote to the OCR operation, and other devices contained in the network, it is a key step for the quality and continuity of service.

Due to the existence of improper installation of network cutting devices with GSM/GPRS technology in places where the network coverage of sometimes communication operators was not sufficient to perform an operation in OCR, the need to create a way system to verify signal quality in a place where it was installed VHF OCR technology, and if there were GSM/GPRS signal conditions with good coverage, a change was made, the installation thereof.

In order to prevent such situations, in which formerly was effected a measurement in a short time through a mobile application (example: android) developed a system capable of performing a preliminary test signal of a given operator's coverage system a communication network for a longer period of time to ensure favorable conditions exist for retrofitting network cutting organs in which they were efficient in their operations performed by the command center, thereby ensuring reliability in operation.

Throughout this report shows the development of the GSM/GPRS signal quality monitoring system, as well as the description of work on the ground accompanied by the trainee.

Key-words: Signal quality GSM / GPRS, network cut Authority, Continuity of service

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABELAS	xix
ABREVIATURAS	xxi
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	1
1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.1. Objetivos e Motivação	1
1.2. Estrutura do Relatório	2
CAPÍTULO II – APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	3
2. ENQUADRAMENTO GERAL	3
2.1. Grupo EDP	3
2.2.1 EDP Distribuição	5
CAPÍTULO III - TELECOMANDO DA REDE DE MÉDIA TENSÃO	7
3. ENQUADRAMENTO DO TCMT	7
3.1. Conceito	7
3.2. Arquitetura do Sistema de Telecomando da Rede MT.....	8
3.3. Número de pontos da rede de telecomando MT	9
3.4. Comunicações no telecomando da rede de Média Tensão	11
3.5. Dispositivos de Corte telecomandados na rede de Média Tensão	16
3.5.1. Interruptor Auto-Religador.....	17
3.5.2. Interruptor Aéreo Telecomandado (IAT)	18

3.5.3.	Órgão de Corte de Rede do Tipo 1	19
3.5.4.	Órgão de Corte de Rede do Tipo 2	20
3.5.5.	Órgão de Corte de Rede do Tipo 3	21
3.5.5.1.	Estrutura do OCR3	23
3.5.6.	Automatismo V-T (Voltage Time)	24
3.5.7.	Função de Religação	26
3.6.	Armário de Comando dos OCR (URR)	27
3.6.1.	URR <i>Easergy T200 P-EDP</i>	27
3.6.1.1.	Esquema Principal	29
3.6.1.2.	Constituição do Armário Tipo	30
3.6.1.3.	Módulos contidos na <i>Rack</i>	31
3.6.2.	URR TAVRIDA para OCR3	32
3.7.	Manutenção Preventiva e Sistemática	34
3.7.1.	Ações de MPS	34
3.7.2.	Periodicidade das Ações de MPS.....	34
3.7.3.	Documentos de Suporte para a MPS.....	35
3.8.	Manutenção Preventiva Condicionada (MPC).....	35
3.9.	Manutenção Corretiva (MC)	36
CAPÍTULO IV - SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE QUALIDADE DE SINAL GSM/GPRS.....		39
4.	SISTEMA DE QUALIDADE DE SINAL GSM/GPRS	39
4.1.	Constituição do Sistema	39
4.1.1.	Arduino Mega 2560	40
4.1.1.1.	Alimentação da placa Arduino MEGA.....	41
4.1.1.2.	Comunicação USB.....	42
4.1.1.3	Microcontrolador da placa Arduino Mega 2560.....	42
4.1.1.4	Pinos de Entrada e Saída	43
4.1.2.	Arduino GSM Shield	44
4.1.2.1.	Alimentação do Shield GSM	44
4.1.3.	Sensor de Temperatura e Humidade (DHT11)	45

4.1.3.1. Especificações	45
4.1.4. Real Time Clock (RTC DS1307)	46
4.1.5. Shield SD card	47
4.1.6. Acumulador de energia do sistema.....	48
4.1.7. Características.....	48
4.1.8. Painel Solar fotovoltaico	49
4.1.9. Controlador de carga	49
4.2. Fluxograma do Sistema	50
4.3. Esquema multifilar e pinos utilizados no sistema.....	51
4.3.1. Pinos utilizados no Arduino Mega 2560	51
4.3.2. Esquema multifilar	52
4.4. Implementação do Sistema	52
4.5. Tabela de qualidade de sinal e comandos utilizados	54
4.5.1. Comandos utilizados	54
4.5.2. Tabela de Qualidade de sinal GSM/GPRS.....	55
4.6. Vantagens da Implementação do Sistema Qualidade de Sinal GSM/GPRS	56
4.6.1. Orçamento do Sistema.....	56
4.6.2. Custos associados a mudança de OCR.....	56
CAPÍTULO V - ANÁLISE DE RESULTADOS	59
5. ANÁLISE DA QUALIDADE DE SINAL	59
5.1. Medição de qualidade de sinal GSM/GPRS	59
5.1.1. Rosto do Relatório de Qualidade de Sinal.....	60
5.1.2. Folha de dados obtidos pelo sistema	61
5.1.3. Folha de Gráficos	61
5.1.3.1. Gráfico de Qualidade de Sinal	62
5.1.3.2. Gráfico de Humidade Relativa.....	63
5.1.3.3. Gráfico de Temperatura	63
5.2. Realização de <i>Survey</i> para medição de qualidade de sinal	64
5.2.1. Rosto do Relatório de Qualidade de Sinal.....	64
5.2.2. Folha de dados obtidos pelo sistema	65

5.2.3.	Folha de Gráficos	65
5.2.3.1.	Gráfico de Qualidade de Sinal	65
5.2.3.2.	Gráfico de Humidade Relativa	66
5.2.3.3.	Gráfico de Temperatura	66
CAPÍTULO VI - ACOMPANHAMENTOS DE TRABALHOS NO TERRENO		67
6.	Acompanhamento de trabalhos	67
6.1.	Planeamento de alteração de posição de um TP 60/15 kV.....	67
6.2.	Comissionamento de painéis de linha MT da Subestação de Mangualde.....	69
6.3.	Comissionamento de um painel AT na Subestação do Alto São João.....	72
6.4.	Reparação de avaria de comunicação na SE de Seia.....	73
6.5.	Ação de Manutenção Preventiva e Sistemática.....	75
CAPÍTULO VII - CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....		77
7.	Conclusões.....	77
7.1.	Trabalhos Futuros.....	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		79
ANEXOS.....		81
ANEXO A – Comandos utilizados (AT+CSQ).....		83
ANEXO B – Diagrama de Pinos do Arduino Mega 2560		85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – EDP no mundo (EDP , 2013).....	4
Figura 2.2 – A EDP Distribuição e a separação de atividades (EDP, 2014).....	5
Figura 3.1 – Arquitetura do Sistema de Telecomando da Rede de Média Tensão.....	8
Figura 3.2 – Gráfico dos pontos de telecomando da rede MT.	9
Figura 3.3 – Dispersão geográfica dos equipamentos do TCMT.....	10
Figura 3.4 – Rádio VHF Motorola GM900.....	11
Figura 3.5 – Modem GPRS da marca CINTERION.	12
Figura 3.6 – Interligação do <i>FrontEnd</i> de comunicação com as instalações telecomandadas.	13
Figura 3.7 – Interligação dos <i>FrontEnds</i> por Fibra Óptica à operadora de rede móvel.	14
Figura 3.8 – Alteração de endereçamento de IP dinâmico para fixo.....	15
Figura 3.9 – Interruptor Auto-Religador em apoio MT.....	17
Figura 3.10 - Interruptor Aéreo Telecomandado em apoio MT.....	18
Figura 3.11 – OCR do tipo 1 instalado em apoio MT.	19
Figura 3.12 - OCR2 da marca AREVA.....	20
Figura 3.13 – OCR do tipo 3 em apoio MT (esquerda) e pormenor (direita).	22
Figura 3.14 – Estrutura do OCR3.....	23
Figura 3.15 – Gancho de abertura manual.....	23
Figura 3.16 – Indicador mecânico de posição	24
Figura 3.17 - Princípio de Funcionamento do Automatismo V-T.....	25
Figura 3.18 – Constituição da URR.	29
Figura 3.19 – Constituição do armário.	30
Figura 3.20 - Módulos contidos na <i>Rack</i> da URR.....	31
Figura 3.21 – Vista frontal exterior.	32
Figura 3.22 – Vista frontal interior.....	33
Figura 3.23 – Procedimentos e fluxograma de reparação de avarias.	36
Figura 4.1 – Constituição da <i>board</i> Arduino Mega 2560.....	40
Figura 4.2 - Conectores de alimentação da placa Arduino Mega.....	41
Figura 4.3 - Pinos de alimentação para conexão de <i>shields</i> no Arduino Mega.....	41

Figura 4.4 – Controlador comunicação USB ATMEL ATmega16U2.	42
Figura 4.5 – Microcontrolador da placa arduino Mega.	43
Figura 4.6 – Arduino GSM <i>Shield</i>	44
Figura 4.7 – Sensor de Temperatura e humidade relativa (DHT11).	45
Figura 4.8 - RTC DS1307.	46
Figura 4.9 – <i>Shield SD card</i>	47
Figura 4.10 – Bateria YUASA NP 24-12I (12V,24Ah).	48
Figura 4.11 – Painel Solar Fotovoltaico.	49
Figura 4.12 – Controlador de carga do sistema.	49
Figura 4.13 – Fluxograma Geral.	50
Figura 4.14 – Esquema multifilar.	52
Figura 4.15 – Sistema de qualidade de sinal GSM/GPRS em fase de testes.	52
Figura 4.16 – Sistema de monitorização de qualidade de sinal com painel solar fotovoltaico.	53
Figura 4.17 – Sistema de qualidade de sinal instalado no armário.	53
Figura 4.18 – Valor retornado pelo comando AT+CSQ no <i>serial monitor</i>	54
Figura 5.1 – Folha de rosto do relatório de Qualidade de Sinal.	60
Figura 5.2 – Folha de dados do sistema de qualidade de sinal.	61
Figura 5.3 – Gráfico de Qualidade de Sinal GSM/GPRS.	62
Figura 5.4 – Gráfico de Humidade Relativa.	63
Figura 5.5 - Gráfico de temperatura.	63
Figura 5.6 – Folha de rosto do Survey.	64
Figura 5.7 - Gráfico de Qualidade de Sinal GSM/GPRS.	65
Figura 5.8 - Gráfico de Humidade Relativa.	66
Figura 5.9 - Gráfico de temperatura.	66
Figura 6.1 – TP1 da Subestação da Lousã.	67
Figura 6.2 - Transformador de Potência móvel da marca Siemens.	68
Figura 6.3 – Mala de ensaios OMICRON CMC 256-6.	69
Figura 6.4 – Painel Linha MT com Proteção EFACEC TPU S420.	70
Figura 6.5 – Interface do Software <i>Print RTU</i>	71

Figura 6.6 – Proteção Micom P545 da Alstom.	72
Figura 6.7 – Lista de Eventos da Subestação.	72
Figura 6.8 – Modem de comunicação na SE de Seia.	73
Figura 6.9 – Adaptador para visualização de comunicação.	73
Figura 6.10 – Ligação do canal de comunicação RS232.....	74
Figura 6.11 – URR do PT de São Martinho do Bispo.....	75
Figura A.0.1 – Comando AT+CSQ e respetivos parâmetros.	83
Figura B.0.2 – Diagrama de pinos do arduino mega 2560.....	85

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 - Tabela de Manutenção Preventiva do TCMT	35
Tabela 3.2 – SLA do TCMT.....	37
Tabela 4.1 – Pinos utilizados no Arduino Mega.	51
Tabela 4.2 – Comando AT+CSQ	54
Tabela 4.3 – Valores de Qualidade de Sinal e respetiva condição.	55
Tabela 4.4 – Orçamento do sistema.....	56
Tabela 4.5 – Custo de desmontagem de OCR em local com sinal fraco, e instalação do mesmo em outro local.	56

ABREVIATURAS

AT – Alta Tensão

BT – Baixa Tensão

CC – Centro de Condução

DAR – Dispositivo Auto-Religador

DAT – Dispositivo Aéreo Telecomandado

DMN – Direção de Manutenção

EDP – Energias de Portugal

ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

GSM – *Global System for Mobile Communications*

GPRS – *General Packet Radio Service*

IAR – Interruptor auto-religador

IAT – Interruptor aéreo telecomandado

MT – Média Tensão

MPS – Manutenção Preventiva e Sistemática

MIH – Máxima Intensidade Homopolar

MIF – Máxima Intensidade de Fase

OCR – Órgão de Corte de Rede

OCR1 – Órgão de Corte de Rede do tipo 1

OCR2 – Órgão de Corte de Rede do tipo 2

OCR3 – Órgão de Corte de Rede do tipo 3

ORD – Órgão de rede de distribuição

PT – Posto de Transformação

RND – Rede Nacional de Distribuição

RTU – *Remote terminal unit*

SCADA – *Supervisory Control And Data Acquisition*

SE – Subestação

SLA – *Service Level Agreement*

TCMT – Telecomando de Média Tensão

TI – Transformador de corrente

TT – Transformador de Tensão

URR – Unidade Remota Reduzida

VHF – *Very High Frequency*

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Este projeto, inserido no estágio na empresa EDP Distribuição, tem como principal função fazer uma análise da qualidade do sinal de uma operadora de rede móvel (NOS ou MEO), num determinado local para a instalação de Órgãos de Corte de Rede de Média Tensão, da responsabilidade da empresa. Foi desenvolvido nas instalações da EDP Distribuição em Coimbra, na Direção de Manutenção (DMN).

1.1. Objetivos e Motivação

Os Órgãos de Corte de Rede Telecomandados têm um papel fundamental na fiabilidade das redes de distribuição. A sua possibilidade de controlo à distância permite que qualquer reconfiguração de rede seja elaborada de uma forma mais rápida, visto que não é necessário a deslocação de uma equipa ao terreno para realizar a manobra manualmente. Para além desta vantagem, os Órgãos de Corte de Rede possuem automatismos que permitem isolar troços de linha, nos quais existe a presença de um defeito. Esta função permite aumentar a qualidade de serviço que é prestado a todos os consumidores ligados à rede de distribuição.

Com o avanço da tecnologia e com a elevada exigência na qualidade de serviço que cada vez mais é solicitada, o número de Órgãos de Corte de Rede sofreu um grande aumento, que permitiu responder às exigências nos padrões da qualidade de serviço. Contudo, o aumento do número de ativos na rede requer uma especial atenção à sua gestão e manutenção, de modo a que todos funcionem com elevados padrões eficácia e eficiência.

1.2. Estrutura do Relatório

A estrutura deste relatório está relacionada com os objetivos apresentados e encontra-se dividida em sete capítulos, expondo no início um Resumo e um *Abstract* que sintetizam o alcance do trabalho desenvolvido.

No Capítulo 1 são apresentados os objetivos e motivação do trabalho, bem como a estrutura do relatório de estágio.

O Capítulo 2 apresenta o enquadramento geral do grupo EDP, bem como a EDP distribuição que exerce a operação de rede de distribuição em Portugal continental.

No Capítulo 3 é apresentado o Telecomando da Rede de Média Tensão, bem como os seus dispositivos e ações de manutenção.

No Capítulo 4 é apresentado a constituição do Sistema de Monitorização de Qualidade de Sinal GSM/GPRS.

O Capítulo 5 contém a análise de resultados que engloba os resultados obtidos durante o período de testes do sistema.

O Capítulo 6 apresenta os trabalhos acompanhados no terreno.

Por fim, no Capítulo 7 são apresentadas as principais conclusões deste relatório bem como as propostas para trabalhos futuros.

CAPÍTULO II – APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

2. ENQUADRAMENTO GERAL

2.1. Grupo EDP

A EDP - Energias de Portugal, E.P., foi constituída em 30 de Junho de 1976, em resultado da nacionalização e fusão das principais empresas do sector elétrico português. A EDP constituía-se como uma empresa verticalizada, responsável pelo transporte e distribuição de energia elétrica em Portugal e por 95% da sua produção.

A EDP foi, então, confrontada com 3 desafios fundamentais:

- a criação de infraestruturas elétricas do País;
- a modernização e extensão das redes de Transporte e Distribuição, do planeamento e construção do parque electroprodutor nacional;
- o estabelecimento de um tarifário único para todos os clientes.

Em meados da década de 80 a rede de distribuição da EDP cobria 97% do território de Portugal Continental, e assegurava 80% do fornecimento de energia elétrica em Baixa Tensão.

Em 1991, o Governo decidiu alterar o estatuto jurídico da EDP, de Empresa Pública para Sociedade Anónima.

Em 1994, depois de uma profunda reestruturação, foi constituído o Grupo EDP.

Em Junho de 1997 ocorre a primeira fase de privatização da EDP, tendo sido alienado 30% do capital. Uma operação de grande sucesso em que a procura superou a oferta em mais de trinta vezes. Mais de oitocentos mil portugueses (cerca de 8% da população) tornam-se acionistas da EDP.

Seguiram-se cinco fases de privatização: Maio de 1998, Junho de 1998, Outubro de 2000, Novembro de 2004 e Dezembro de 2005.

Hoje, a EDP detém cerca de 21% das ações, estando 79% do capital nas mãos de acionistas privados.

Dão-se, em 1996, os primeiros passos na internacionalização do Grupo.

A EDP passa a desenvolver a sua atividade principal no sector da energia na Península Ibérica. Passa a estar presente no negócio do gás, assumindo-se como o segundo maior operador de gás tanto em Portugal como em Espanha. No Brasil, a EDP passa atuar nos negócios de geração, distribuição e comercialização de energia elétrica através da EDP - Energias do Brasil.

Em 2004, o sorriso passa a ser a imagem de marca da EDP.

Em 2006, 35% da eletricidade da EDP foi produzida a partir de fontes de energia renováveis.

Com a aquisição da norte-americana Horizon, a EDP tornou-se no final de 2007, na 4ª maior empresa a nível mundial no sector da energia eólica, com mais de 3800 MW de capacidade de produção eólica instalada.

A EDP é, hoje:

- A maior empresa industrial de Portugal, sendo um dos maiores grupos económicos portugueses.
- O maior produtor de energia do país.
- Tem mais de 13500 trabalhadores.
- A 13ª maior empresa europeia de energia elétrica.
- Distribui 99% da energia elétrica em Portugal.
- Produz 80% da energia elétrica em Portugal.

Mais recentemente, a EDP é o 3º maior operador ibérico no sector da energia eólica.



Figura 2.1 – EDP no mundo (EDP , 2013).

2.2.1 EDP Distribuição

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

A distribuição de energia elétrica é o centro de atuação, a qual é pautada por elevados padrões de qualidade e eficiência, independência e transparência, consagrados no Código de Conduta da Empresa.

No seu relacionamento com os utilizadores das redes de distribuição, a EDP Distribuição não pode proceder a qualquer discriminação, devendo garantir condições iguais para utilizadores da rede em igualdade de circunstâncias. Designadamente, não pode favorecer, direta ou indiretamente, as empresas do grupo EDP a que pertence.

A qualidade dos serviços prestados pela EDP Distribuição, de natureza técnica ou comercial, deve também ser independente do comercializador escolhido pelo consumidor de energia elétrica.

Na figura 2.2, mostra-se a separação das atividades de transporte, distribuição e mercado regulado.

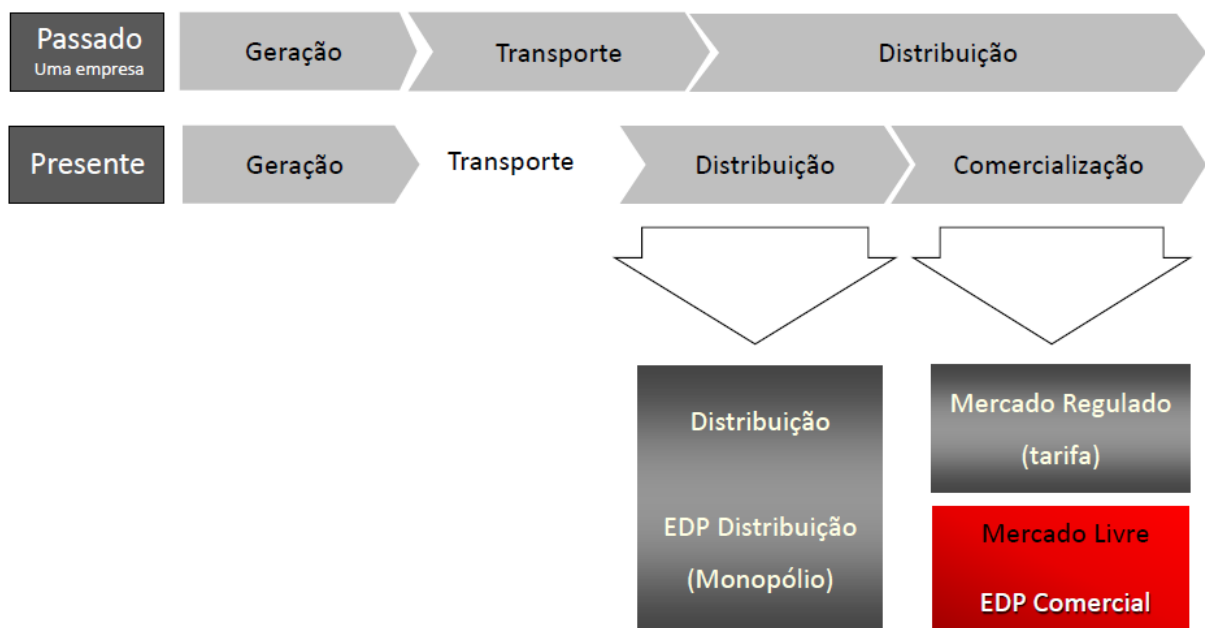


Figura 2.2 – A EDP Distribuição e a separação de atividades (EDP, 2014).

CAPÍTULO III - TELECOMANDO DA REDE DE MÉDIA TENSÃO

3. ENQUADRAMENTO DO TCMT

O grande desafio na distribuição de energia elétrica reside na necessidade de proporcionar uma elevada fiabilidade no fornecimento de energia. Atendendo a este aspeto, sempre que existe um defeito na rede que provoque o disparo do disjuntor, e conseqüente retirada de serviço do troço de linha afetado, o objetivo da Operadora da Rede de Distribuição (ORD) é repor o serviço o mais rapidamente possível, minimizando assim o tempo de interrupção.

Uma das soluções para o aumento da qualidade de serviço diz respeito à inclusão de Órgãos de Corte de Rede (OCR) telecomandados na rede de distribuição de Média Tensão (MT). Neste capítulo será descrita a evolução que tem ocorrido ao nível do telecomando nas redes aéreas e subterrâneas de MT, tanto a nível de equipamentos instalados, comunicação utilizada entre os equipamentos e o Centro de Comando, bem como a evolução do número de pontos telecomandados que foram instalados na rede nos últimos anos. De forma a perceber qual o impacto na qualidade de serviço, que a introdução do telecomando apresenta, será também, realizada uma análise aos indicadores da qualidade de serviço.

Neste capítulo são apresentados os conceitos mais relevantes do telecomando da rede de média tensão.

3.1. Conceito

Com o avançar da indústria, tecnologia e com o aumento do número de clientes, as redes elétricas tiveram de seguir essa evolução. Foi necessário a realização de investimentos para aumentar as infraestruturas necessárias para o fornecimento de energia a todos os clientes, com elevados padrões de segurança e qualidade de serviço.

Para se melhorar a rede de média tensão, quer a nível tecnológico, quer a nível de eficiência, é necessário a instalação de Órgãos de Corte de Rede, em que estes melhoram significativamente a qualidade de serviço da rede elétrica, permitindo ao operador de rede um maior controlo na transferência de cargas, bem como o isolamento de defeitos que poderão ocorrer.

Ao longo destes anos tem havido um crescimento contínuo e tecnológico na instalação de dispositivos de corte na rede de média tensão, pelo que se consegue obter uma melhoria na continuidade de serviço no fornecimento de energia elétrica ao cliente, de forma a diminuir o número de interrupções na rede de distribuição.

3.2. Arquitetura do Sistema de Telecomando da Rede MT

Neste subcapítulo é apresentada a arquitetura do telecomando de média tensão. Os comandos transmitidos aos órgãos de corte contidos nos apoios das linhas MT e nos postos de transformação, são comunicados por rádio VHF ou através de GPRS. De seguida é apresentada a referida arquitetura (Figura 3.1).

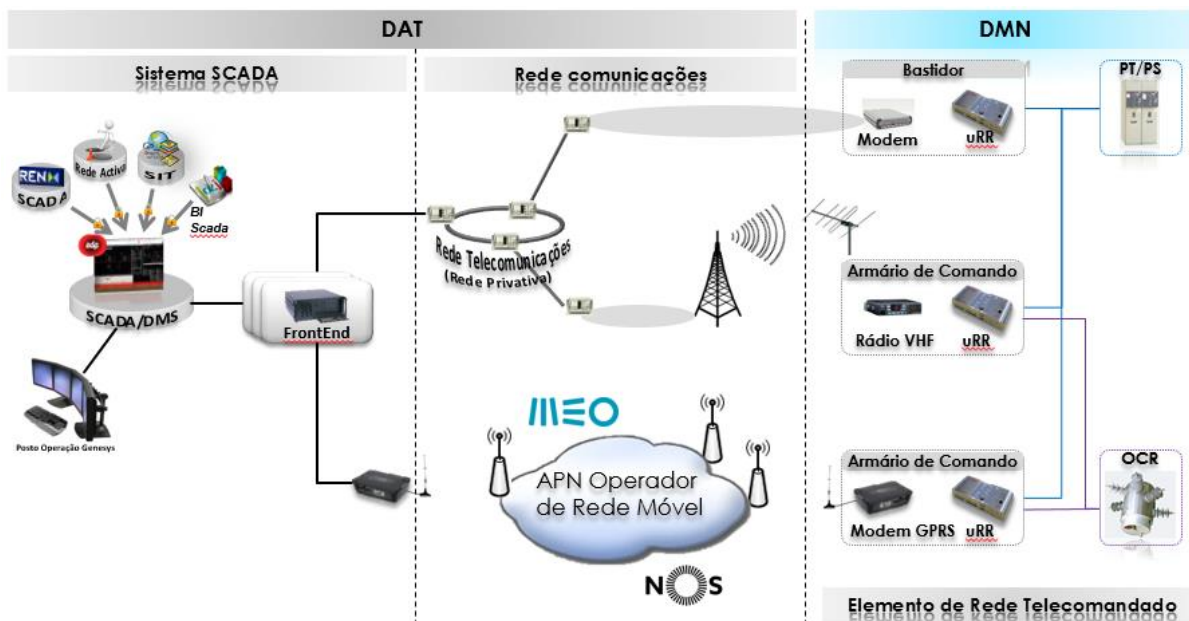


Figura 3.1 – Arquitetura do Sistema de Telecomando da Rede de Média Tensão.

Todas as sinalizações e medidas disponibilizadas pelos OCR são enviadas para a Unidade Remota Reduzida (URR), presente no armário de comando do OCR, e codificadas segundo o protocolo IEC 60870-5-104 ou PUR (caso se utilize a rede GPRS). No caso do Radio VHF, essa informação é codificada apenas segundo o protocolo PUR). Após essa codificação de informação, a URR comunica com o modem que envia a informação para o sistema SCADA do Centro de Condução (CC). No caso das ordens de comando enviadas pelo CC, o procedimento é o mesmo mas realiza-se em sentido inverso.

3.3. Número de pontos da rede de telecomando MT

A dimensão do sistema de telecomando da rede tem aumentado de forma consistente ao longo dos últimos anos. Como se pode visualizar no gráfico (Figura 3.2), este tem vindo a aumentar com número de dispositivos telecomandados de modo a obter uma melhoria significativa na qualidade de serviço.

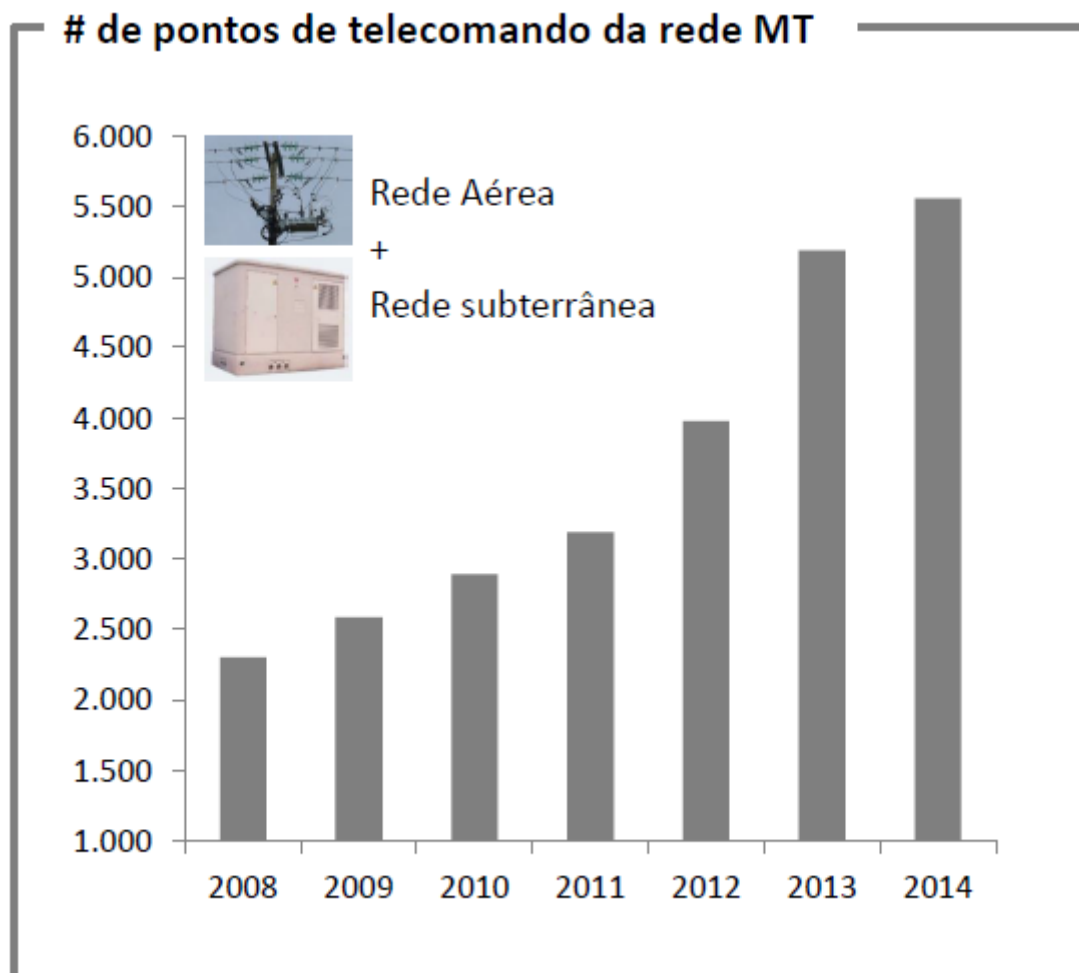


Figura 3.2 – Gráfico dos pontos de telecomando da rede MT.

Como se pode observar no gráfico, em 2008 havia cerca de 2.250 pontos telecomandados na rede, e em 2014 já se tem cerca de 5.750 dispositivos.

Em termos de dispersão de pontos telecomandados (Figura 3.3), a rede aérea apresenta uma cobertura a nível nacional face aos pontos telecomandados da rede subterrânea. Isso deve-se ao facto das infraestruturas subterrâneas estarem mais situadas junto dos grandes centros de consumo, que é o caso da rede do Porto e Lisboa.



Figura 3.3 – Dispersão geográfica dos equipamentos do TCMT.

Os pontos a laranja dizem respeito aos equipamentos telecomandados da rede aérea, e os pontos azuis aos equipamentos telecomandados da rede subterrânea.

Em relação ao número total de pontos telecomandados, a zona litoral do país apresenta uma grande concentração face à restante área geográfica.

3.4. Comunicações no telecomando da rede de Média Tensão

A comunicação é realizada entre a Unidade Central de Controlo dos dispositivos da rede média tensão e o CC. Antigamente essa comunicação era realizada por Rádio VHF, mas essa tecnologia foi entrando em decadência e a EDP distribuição, S.A. tem atualmente usado comunicações por GPRS, utilizando as operadoras *NOS* e *MEO*.

Em cada armário de comando dos dispositivos de corte de rede é instalado um modem GPRS e uma antena que efetuam o envio e receção de informação com o Centro de Condução.

De seguida serão apresentadas as diversas tecnologias de comunicação utilizadas no telecomando de média tensão.

3.4.1. Tecnologia Rádio VHF

Foi a primeira rede de comunicações utilizada pela ORD, que possui um canal privado para a realização de comunicações via Radio VHF (Figura 3.4). Este tipo de comunicação apresenta uma elevada fiabilidade, mas apresenta uma largura de banda reduzida, pelo que não permite a utilização simultânea do canal de comunicação. Esta tecnologia de comunicações permite a utilização do protocolo PUR para codificar a informação.



Figura 3.4 – Rádio VHF Motorola GM900.

Estes rádios VHF ainda são utilizados em alguns armários de comandos dos OCR, os quais têm sido substituídos ao longo dos anos por modem GPRS. A descrição das funções do mesmo é descrita de seguida de acordo com os números ilustrados na figura:

1. Comutador de canais;
2. Indicador do número do canal;
3. Botão de ligar/desligar e volume;
4. Led vermelho – Sempre aceso indica emissão (TX), intermitente indica receção (RX), Led amarelo – sempre aceso, o led verde não é utilizado;
5. *Squelch* (permite desbloquear o recetor mesmo com ausência de portadora).

3.4.2. Tecnologia GPRS

Sigla para *General Packet Radio Service* (algo como "Padrão de Transmissão de Rádio por Pacote"), o GRPS tem como base a tecnologia GSM, funcionando como uma "extensão". A sua vantagem é a transferência de dados, mais precisamente, a comunicação com a internet, dada a sua compatibilidade com o protocolo IP.

O GPRS também utiliza múltiplos *slots* (máximo de oito), mas como trabalha com comutação de pacotes, estes permanecem ativos apenas quando há envio ou recebimento de dados. É por isso que a maioria das operadoras não cobra por tempo de uso do acesso à internet, mas sim por quantidade de dados transferidos.

Teoricamente, a velocidade de transferência de dados do GRPS pode chegar a 171,2 kbit/s (kilobit por segundo), mas normalmente não ultrapassa 80 kbit/s. Tudo depende de uma série de fatores, especialmente da quantidade de *slots* em uso.

Esta comparativamente à tecnologia rádio VHF apresenta uma maior largura de banda, pelo que possibilita um maior número de comunicações em simultâneo. Para além disto, a sua área de cobertura é superior à da rede Radio VHF. Esta tecnologia de comunicação permite a utilização do protocolo PUR e do protocolo de comunicações IEC 60870-5-104 para a codificação de dados.

Na comunicação através da tecnologia GPRS é necessário instalar um modem em cada armário do órgão de corte de rede, que este irá fazer a comunicação com o CC. Os modem mais utilizados pela EDP Distribuição são da marca CINTERION.

Estes modem GPRS de classe 8 (Figura 3.5), podem conectar a porta COM (RS-232), uma fonte de alimentação externa adicional, antena e cabo RS-232 para ligar a um computador. Com o módulo MS35i para transmissão / receção de dados em que este tem de conter um cartão GSM 900/1800 pode obter um padrão com uma velocidade máxima de 85,6 kbit/s (GPRS).



Figura 3.5 – Modem GPRS da marca CINTERION.

3.4.3. Interligação do sistema SCADA aos operadores móveis

Com o aumento de unidades GPRS, foi necessário rever a interligação do sistema SCADA aos operadores móveis, eliminando os modem master ligados por porta série aos *FrontEnds* de comunicação (Figura 3.6), passando estas unidades para uma nova arquitetura de comunicações com interligação direta, por fibra óptica, ao *core* dos operadores móveis.

Com esta nova forma de interligação, provocava-se o congestionamento nas comunicação entre o CC e as instalações telecomandadas, o que fazia com que alguns modem bloqueassem, obrigando a fazer Reset.

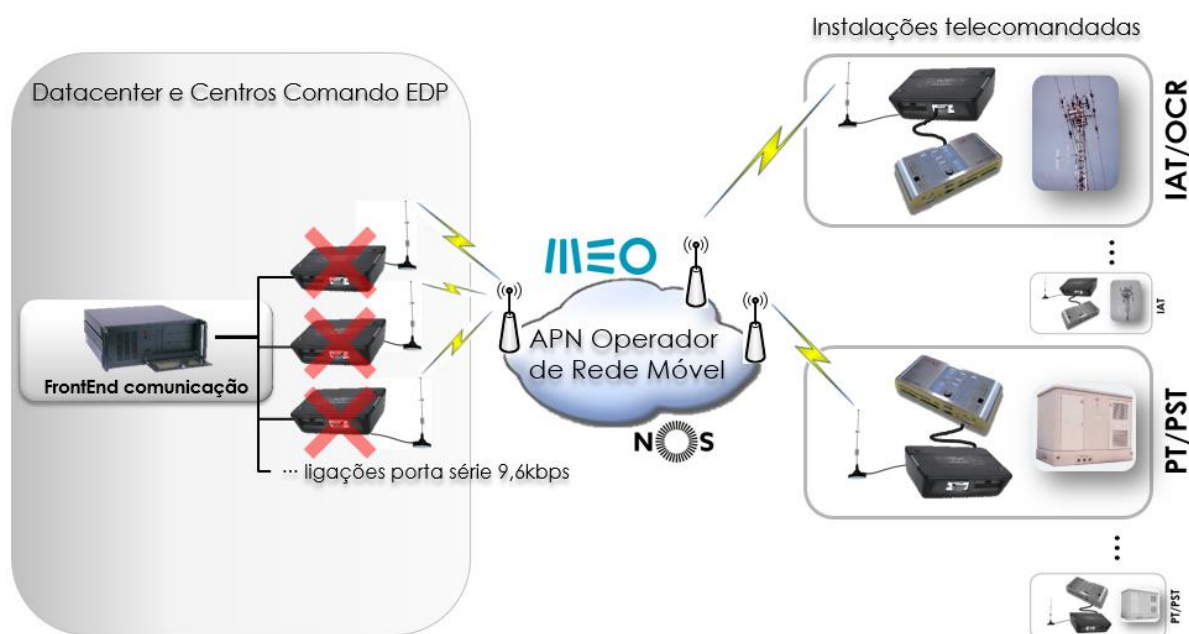


Figura 3.6 – Interligação do *FrontEnd* de comunicação com as instalações telecomandadas.

Com esta reestruturação os *FrontEnds* comunicam por IP (cabo Ethernet). Os circuitos suportados são efetuados em ligações ópticas ao “core” dos operadores móveis (Figura 3.7), e existem ainda *FrontEnds* de reserva em locais físicos distantes do *FrontEnd* principal.

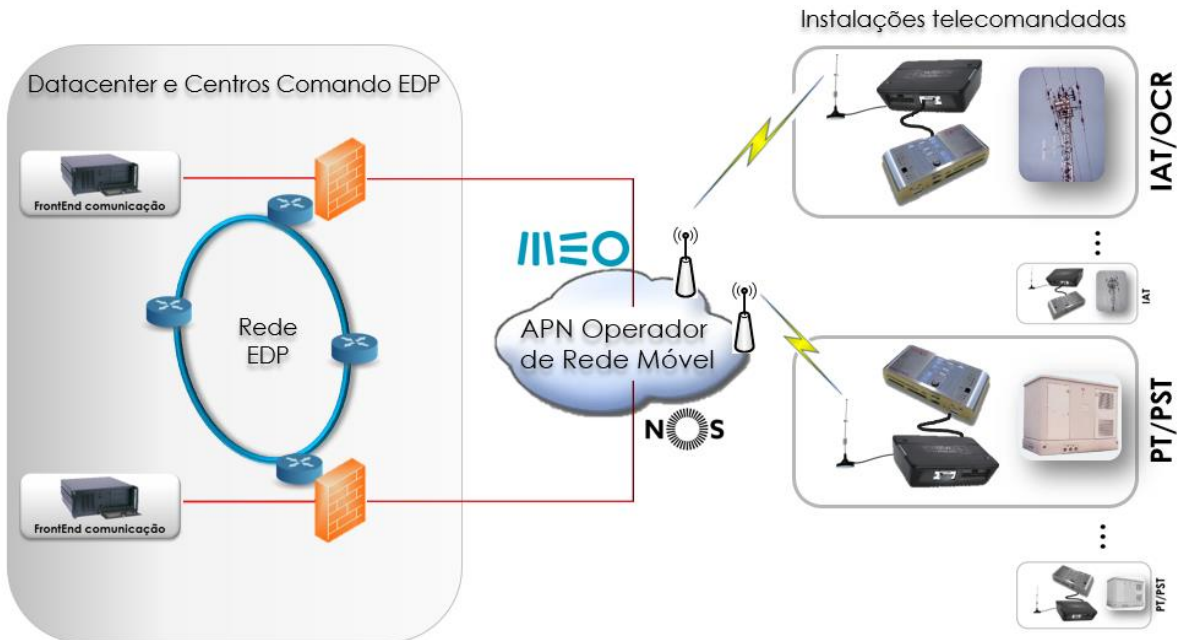


Figura 3.7 – Interligação dos *FrontEnds* por Fibra Óptica à operadora de rede móvel.

Com esta reestruturação pretende-se prosseguir com a renovação tecnológica dos *FrontEnds* de comunicação (Sistema Operativo sem suporte) durante os próximos anos, concluir o processo de migração das unidades ligadas diretamente ao core dos operadores e efetuar a mudança das unidades telecomandadas com baixa cobertura de rede para o operador com melhor cobertura (NOS ou MEO). Com tudo isto, a EDP Distribuição pretende efetuar a separação física dos *FrontEnds* de backup dos locais onde se encontram os *FrontEnds* Principais.

Para ser melhorado o processo de estabilização da rede de comunicações após reinicialização dos sistemas centrais ou dos *FrontEnds* de comunicação, foi alterado recentemente o tipo de endereçamento usado passando de IP dinâmico para IP fixo (Figura 3.8).

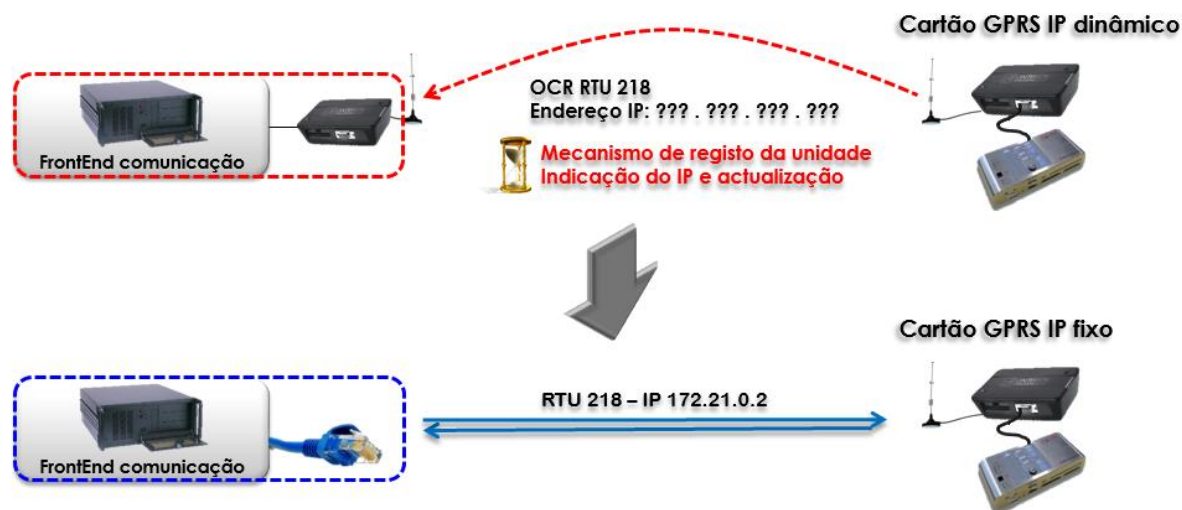


Figura 3.8 – Alteração de endereçamento de IP dinâmico para fixo.

Com este mecanismo é simplificado o registo, e também permite um diagnóstico facilitado com o endereçamento de IP fixo.

3.5. Dispositivos de Corte telecomandados na rede de Média Tensão

Os Órgãos de Corte de Rede (OCR) são dispositivos com capacidade de atuação de forma remota ou por via de automatismos, cuja designação é definida pela empresa concessionária da rede de distribuição portuguesa. São utilizados em redes de distribuição MT, mais concretamente num ponto intermédio das linhas aéreas e instalados em apoios. O seu objetivo final é melhorar a continuidade e qualidade de serviço da rede de distribuição. Para isso, este tipo de dispositivos permite o isolamento de defeitos e a reconfiguração da rede.

Os dispositivos utilizados pela EDP Distribuição são os seguintes:

- Interruptor Auto-Religador (IAR) – Possui automatismos para isolamento de defeitos, mas não tem capacidade de ser atuado remotamente.
- Interruptor Aéreo Telecomandado (IAT) – Possui capacidade de ser comandado de forma remota.
- Órgão de Corte de Rede de 1ª geração (OCR 1) - Possui capacidade de ser telecomandado.
- Órgão de Corte de Rede de 2ª geração (OCR 2) – Podem ter automatismos para isolamento de defeitos e podem ser atuados remotamente.
- Órgão de Corte de Rede de 3ª geração (OCR 3) – Possui funções de proteção de detenção e isolamento de defeitos, que eram detetados nas proteções das subestações. Assim, para a introdução deste tipo de dispositivos, é necessário que exista coordenação com as proteções presentes na saída MT da subestação.

Com a instalação de OCR, estes tem o objetivo de aumentar a fiabilidade e consequentemente a qualidade de serviço no fornecimento de energia elétrica, tornou-se relevante diminuir a zona afetada após o defeito, reduzindo consequentemente a potência interrompida e o número de clientes afetados. Assim, instalou-se na rede de média tensão órgãos de corte telecomandados localizados em pontos estratégicos, permitindo a diminuição do tempo de indisponibilidade de fornecimento de energia elétrica aos clientes em caso de defeito.

3.5.1. Interruptor Auto-Religador

Este aparelho tem como objetivo a redução do tempo de localização de avarias e do tempo de intervenção para reparação, melhorando a continuidade de serviço prestado. Destinam-se à proteção de alimentações radiais e/ou de malha aberta em redes de distribuição aéreas de média tensão.

O princípio de funcionamento dos Interruptores Auto-Religadores é baseado na detecção de ausência/presença de tensão durante o período de religação automática do disjuntor de proteção da linha instalado à saída da subestação a montante onde está inserido o interruptor auto-religador (IAR).

Normalmente, os IAR são constituídos por Interruptores Tripolares de Vácuo. Como não garantem distância de seccionamento, este equipamento necessita de um seccionador instalado a montante, para que se possa garantir o corte visível e efetuar manobras na rede cumprindo todos os critérios de segurança.

Os IAR foram os primeiros OCR a serem instalados na rede de distribuição MT, em que o seu principal objetivo consistia em colocar fora de serviço troços de linhas o mais rapidamente possível, reduzindo assim o tempo de localização de defeito e o tempo de intervenção, melhorando assim a qualidade de serviço prestado

As primeiras unidades instaladas não possuíam telecomando, sendo que após um ciclo de religações, era necessário mobilizar uma equipa ao local para confirmar o estado do IAR e pesquisar avarias a jusante do mesmo. Após o seu bloqueio, o equipamento tinha de ser manobrado localmente para voltar ao seu estado normal de funcionamento. De seguida é ilustrado um exemplo de um IAR instalado num apoio de linha aérea de MT (Figura 3.9).



Figura 3.9 – Interruptor Auto-Religador em apoio MT.

3.5.2. Interruptor Aéreo Telecomandado (IAT)

Um interruptor aéreo telecomandado (Figura 3.10) é constituído por um órgão de corte (OCR) e por um armário de comando. Esta unidade possibilita a supervisão e o controlo do IAT através do painel de comando local como à distância via telecomando.

A sua instalação na rede tem como objetivo isolar um troço ou uma área de rede com avaria, apenas com uma ordem de abertura, recorrendo a um certo grau de inteligência para a localização do ponto do defeito.

O armário de comando disponibiliza assim a interface local com o utilizador e possibilita a comunicação com o centro de comando. Permite ainda a implementação de automatismos locais com o objetivo de isolar rapidamente defeitos na rede sem que seja necessária a intervenção de um operador.

Nestes aparelhos existe ainda a possibilidade de serem manobrados através o uso de uma vara de comando. A operação consiste em manobrar uma alavanca que permite a abertura ou fecho do interruptor.

O princípio de funcionamento de um interruptor aéreo telecomandado depende do princípio de exploração da rede, podendo funcionar apenas como interruptor permitindo a partir do centro de comando (ou localmente) efetuar manobras de reconfiguração da rede. O IAT nestas condições permite mudar as condições de exploração da rede, em situações que se justifique.



Figura 3.10 - Interruptor Aéreo Telecomandado em apoio MT.

3.5.3. Órgão de Corte de Rede do Tipo 1

O OCR1 (Figura 3.11) tem a capacidade de fechar e abrir sobre correntes nominais, e pode também fechar sobre correntes de curto-circuito, embora tenha uma capacidade inferior à do IAR/IAT, e devido a isso não deve ser manobrado em condições de defeito.

Devido à sua operação como Interruptor-Seccionador, o OCR1 tem limitações de atuações consecutivas, por causa do seu modo de operação atuado por um motor.

Este tem tempos de manobra muito superiores ao IAR/IAT. Este facto, aliado ao número restrito de manobras consecutivas, impossibilita a introdução de funções de automatismo. Sendo assim a sua principal função é ser comandado remotamente pelo CC, no local por meio elétrico ou manualmente com auxílio de uma barra fixa no apoio, até uma altura máxima de 25 m.

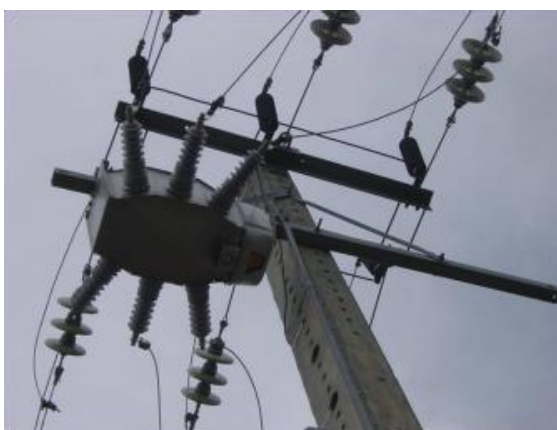


Figura 3.11 – OCR do tipo 1 instalado em apoio MT.

Este dispositivo tem de estar preparado para ter a capacidade de medir a tensão e corrente na linha. Quando o OCR é explorado na posição de fechado, tem a possibilidade de ser equipado com três transformadores de corrente (TI) para sinalização da passagem de defeito, informação transmitida para o CC, auxiliando na identificação do local da avaria.

O OCR1 é um equipamento compacto (de reduzido peso, inferior a 90 kg) caracterizado por invólucro integralmente selado, contendo no seu interior Hexafluoreto de Enxofre (SF₆), meio dielétrico, envolvendo todas as partes ativas. Em Portugal, os OCR1 instalados na rede são, na sua maioria, da EFACEC, Contacplasma Schneider e ABB.

Em Portugal, é habitualmente utilizado nos seguintes locais de rede:

- Nós de interligação normalmente abertos (NA) – A principal função é o basculamento de cargas.
- Início de ramais extensos ou com grande quantidade de Postos de Transformação (PT) a jusante em zonas do tipo C, ou em locais distantes da subestação – Permite o isolamento de ramais, sem ser necessário manobrar o disjuntor de cabeceira.

3.5.4. Órgão de Corte de Rede do Tipo 2

Este equipamento pode ser visto como sendo a evolução do IAT. É capaz de cortar e fechar sobre correntes nominais, e estabelecer correntes de curto-circuito. Nos documentos normativos da EDP Distribuição, não está estipulado que este dispositivo possa cortar correntes de curto-circuito.

Este equipamento possui uma distância entre polos, na posição de aberto, que não lhe confere um nível superior de seccionamento podendo em presença de sobretensões acentuadas verificarem-se escorvamentos entre polos. Por esse motivo necessita de ter associado um seccionador para garantia de corte visível para as intervenções efetuadas na rede.

O OCR2 (Figura 3.12) tem um disjuntor associado, o que permite a inclusão de funções de automatismo, o que já acontecia com o IAT. A grande diferença é que o OCR2 tem uma maior rapidez de manobra, o que se verifica ser uma grande vantagem face ao IAT, sendo que possibilita a deteção e isolamento do defeito muito mais rapidamente.

Este equipamento apresenta também a capacidade de suportar uma maior corrente de defeito de curta duração, o que é uma grande vantagem face ao OCR1. Quando este equipamento não tem aos automatismos ativos, pode funcionar com o objetivo do OCR1, tem a capacidade de suportar uma maior corrente de defeito, pode ser instalado num maior número de locais do que o OCR1.



Figura 3.12 - OCR2 da marca AREVA.

Quando o OCR2 possui os automatismos ativos, são usualmente colocados nos seguintes pontos de rede:

- Linhas principais ou no início de ramais, em zonas de qualquer tipo, associadas a OCR sem automatismo.
- Zonas sem cobertura de telecomunicações, ou em casos que o sobrecusto destas não é economicamente viável.

3.5.5. Órgão de Corte de Rede do Tipo 3

É a geração de OCR mais recente, que reúne as funções de todos os OCR já existentes na rede elétrica. Em relação ao OCR1, a grande diferença é que tem a possibilidade de executar manobras sobre defeito. Em relação ao OCR2 o OCR3 tem a capacidade de medir a tensão tanto a jusante como a montante.

O OCR3 (Figura 3.13) tem também todas as funcionalidades de um Disjuntor Auto-Religador (DAR). Tem a capacidade de cortar correntes de curto-circuito e também de fechar sobre as mesmas. Por definição este tipo de equipamentos está apto para efetuar também os ciclos de religação que são utilizados nos DAR. A introdução da função de religação em pontos situados a jusante da subestação permite diminuir o número de clientes afetados por interrupções rápidas, isto porque caso o defeito seja efetuado a jusante do OCR, este pode efetuar as religações sem ser necessário a atuação do disjuntor a montante.

Em relação às funções de automatismo, este equipamento tem a capacidade de incluir várias funções. Atualmente, as funções de automatismo principais são a função de religação e o automatismo V-T. Este equipamento, tal como o DAR, tem de ser coordenado com o disjuntor que se encontra na saída da subestação montante. Para realizar essa coordenação, os relés instalados no OCR3 incluem curvas tempo-inverso e tempo definido. A grande diferença entre os DAR e os OCR3 é que estes últimos possuem a capacidade de operar em dois modos de funcionamento: Modo *recloser*, e modo *seccionalizer*.

- Modo *recloser*: O OCR3 deve funcionar como um disjuntor garantindo uma proteção total da linha e possuir a função de religação. Neste modo de funcionamento, o OCR3 apenas atua se a tensão a montante estiver acima de um limiar entre 60 a 95 % da tensão nominal, e se a tensão detetada a jusante é inferior a um limiar entre 0 a 20 % da tensão nominal da linha. Se a tensão medida nos dois lados do OCR3 for diferente de zero, o dispositivo não irá executar a operação de fecho, independentemente se a ordem é automática (ciclo de religações). O OCR3 também não vai realizar operações de fecho automático se a tensão medida nos dois lados for nula. Neste modo de funcionamento o OCR3 deverá também fornecer a funcionalidade *Switch On To Fault*, isto é, quando um operador manobra o OCR3 para uma falha, este deverá ficar bloqueado mesmo sem a realização de um ciclo de religações automático.
- Modo *sectionalizer*: O OCR3 deve funcionar como um interruptor, o que significa que tem de ter a capacidade de verificar a tensão e a corrente na linha. A comutação para o modo *sectionalizer* deve de poder ser realizada remotamente ou localmente. Este modo de operação supõe a existência de um disjuntor religador na subestação a montante, configurado com um ciclo de religação automático.

Neste modo de operação, o OCR3 tem um funcionamento próximo ao estabelecido para o automatismo V-T do OCR2, com a particularidade de que só deve abrir quando sentir a passagem de corrente de defeito seguida da ausência de tensão a montante. No caso de o defeito ser a jusante, o OCR3 deverá abrir após um tempo configurável (chamado tempo de abertura), isto se detetar uma falha de tensão e uma corrente de defeito. O OCR3 deve também de fechar automaticamente após um tempo configurável (designado por tempo de fecho), em caso de detetar um retorno de tensão. Após realizar a manobra de fecho, este deverá abrir automaticamente e bloquear, no caso de detetar uma falta de tensão e uma corrente de defeito dentro de um tempo configurável (chamado lock-out). No final desse tempo, se o OCR3 permanecer fechado, dever ser bloqueado durante um tempo de configuração. Todos estes tempos, correntes e tensões são parametrizados.



Figura 3.13 – OCR do tipo 3 em apoio MT (esquerda) e pormenor (direita).

O OCR3 possui relés digitais que permitem a inclusão de funções de proteção no equipamento. Desta forma o OCR3 possui deteção de defeitos de Máxima Intensidade entre Fases (MIF) e Máximo Intensidade Homopolar (MIH).

Normalmente o OCR3 é colocado, em Portugal, nos seguintes pontos da rede:

- No início de ramais que apresentem uma fraca qualidade de serviço;
- Na fronteira de redes urbanas ou industriais com redes rurais;
- Escalonamento de troços de linhas extensas com cargas elevadas.

Outra grande vantagem que OCR3 apresenta, e que mais nenhum equipamento de manobra possui, é que (tanto no modo *recloser* como no modo *sectionalizer*), o dispositivo é capaz de se adaptar à direção do trânsito de potências da rede. Sendo assim, cada dispositivo apresenta dois grupos de definições de operação que são o grupo para trânsito de potência normal e o grupo para trânsito de potência reverso.

3.5.5.1. Estrutura do OCR3

De seguida será apresentada a estrutura do OCR3 (Figura 3.14), bem como os seus constituintes. Através das seguintes ilustração, visualizamos os seus componentes, bem como o modo em que se encontra (aberto ou fechado) através do indicador mecânico de posição.

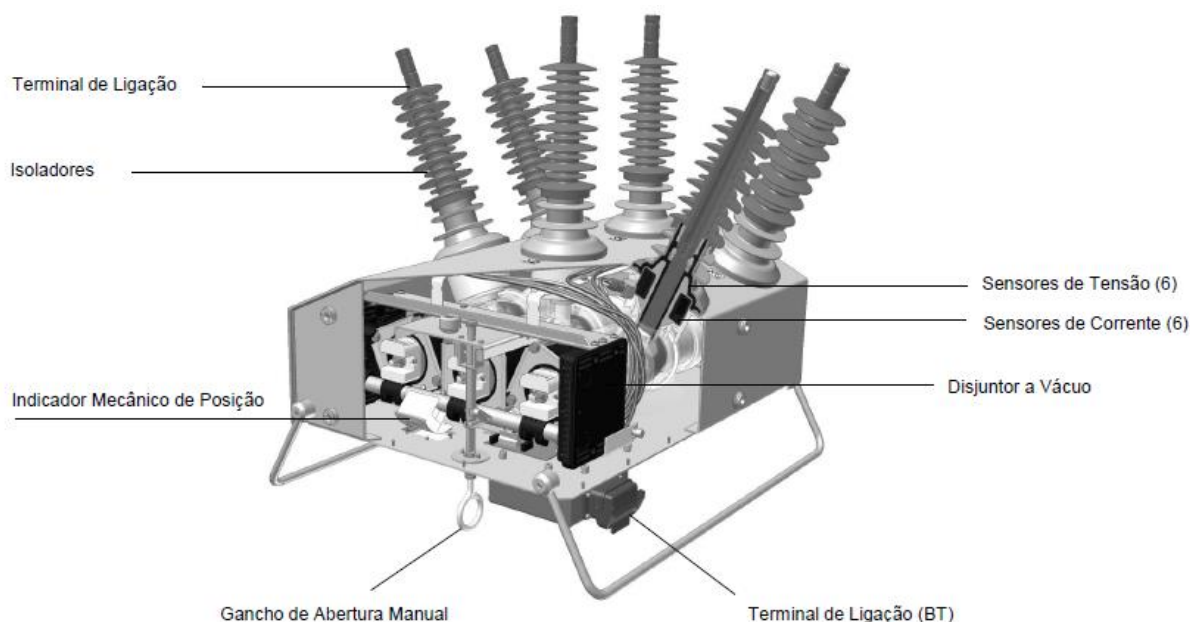


Figura 3.14 – Estrutura do OCR3.

Quando atuado o módulo de corte fica permanentemente travado na posição aberto e eletricamente bloqueado, impossibilitando a sua comutação.

Permanece bloqueado até ser colocado na posição normal pelo operador (Figura 3.15).

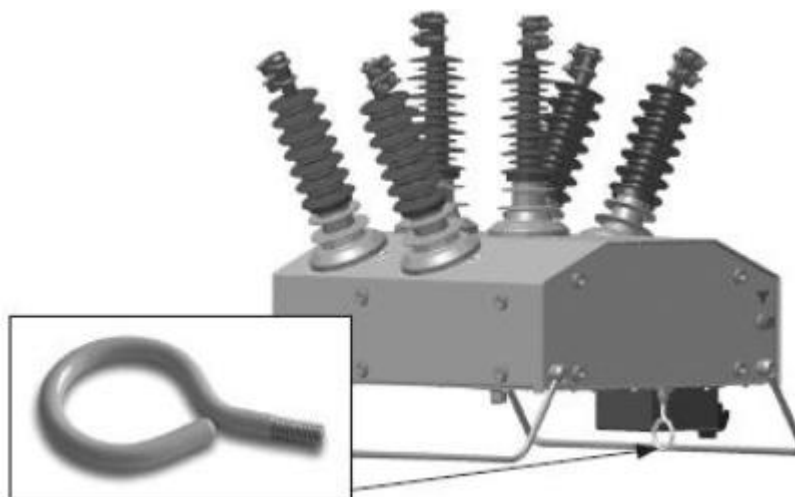


Figura 3.15 – Gancho de abertura manual

O indicador mecânico de posição fica localizado na parte inferior do OCR, sendo visível ao nível do chão (Figura 3.16).

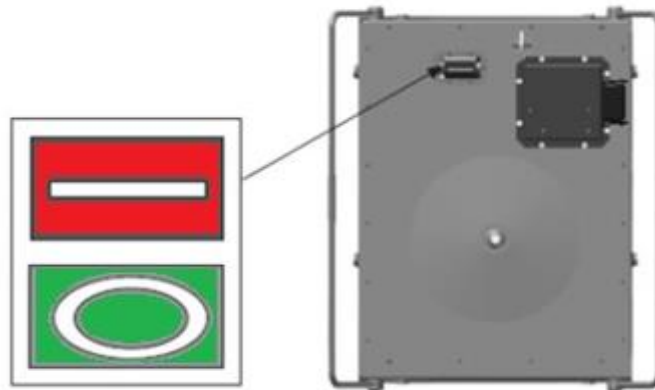


Figura 3.16 – Indicador mecânico de posição

O indicador é de cor vermelha **I** quando o módulo de corte está fechado e verde **O** quando está na posição aberto.

3.5.6. Automatismo V-T (Voltage Time)

Qualquer automatismo pressupõe a capacidade de controlar um processo, tomando decisões segundo uma programação prévia e sem intervenção humana.

A compreensão do funcionamento dos equipamentos instalados para telecomando da rede implica a compreensão do funcionamento do automatismo VT, que serviu de base à implementação dos mesmos.

Intrinsecamente associado ao automatismo VT, temos o automatismo de religação (ou função de religação), que se destina eliminar da rede AT e MT defeitos fugitivos ou semipermanentes através de manobras sucessivas de ligar e desligar o disjuntor associado à linha, procurando assegurar a reposição de serviço sem intervenção do pessoal operador.

Esta função foi assegurada por reles eletromagnéticos ou eletrônicos denominados “religadores”, sendo que hoje em dia é assegurada pela RTU (*remote terminal unit*) ou pelos IED (*intelligent electronic devices*).

Existem diferentes programas de religação possíveis, constituindo diferentes ciclos de religação: a religação rápida (RR), que comporta o disparo instantâneo do disjuntor (por ação da proteção associada), seguido de uma religação; e a religação lenta (RL), que comporta o disparo do disjuntor e sua religação temporizados.

A figura 3.17 serve então de base para a explicação do princípio de funcionamento do automatismo V-T (*Voltage-Time*).

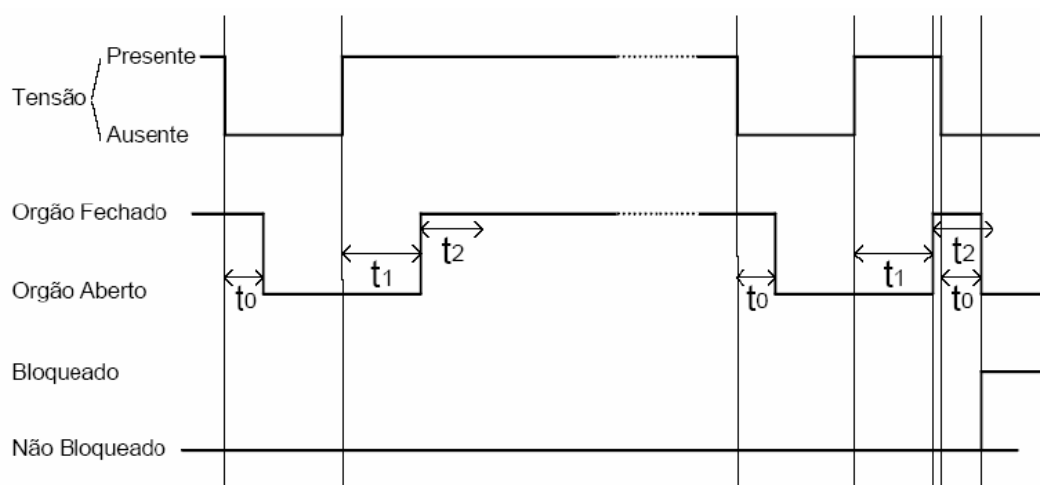


Figura 3.17 - Princípio de Funcionamento do Automatismo V-T

Como se pode constatar, tendo como referencia um órgão de corte instalado na rede, na posição de fechado, a detecção de falha de tensão a montante do mesmo, (por abertura do disjuntor ou de outro órgão de corte), provoca o envio da ordem de abertura para o órgão, após o tempo t_0 (confirmação da falha de tensão).

Detetando-se a reposição de tensão e lançado um temporizador t_1 (tempo de fecho), que ultrapassado provoca o fecho do órgão de corte. A partir desse instante, é lançado um temporizador t_2 (tempo de vigilância) durante o qual, verifica nova falha de tensão e consequente abertura do órgão de corte, provoca o bloqueio da função. Para desbloquear a função de automatismo é necessário dar uma ordem de desbloqueio local ou a distância.

Caso não exista um programa com duas religações lentas associadas, o automatismo V-T não irá desempenhar as suas funções. Este automatismo é também independente do regime de neutro associado a subestação, sendo por isso considerado “universal”.

3.5.7. Função de Religação

A função religação destina-se a criar condições para a eliminação automática dos defeitos fugitivos e dos defeitos semipermanentes em linhas MT, assegurando a reposição do serviço após uma interrupção mais ou menos curta, sem intervenção pessoal do operador.

Esta função está bastante relacionada com o Automatismo V-T (*Voltage-Time*), presente em alguns OCR instalados na rede. Neste ponto será feita uma análise mais profunda sobre a função de religação, de modo a perceber quais as vantagens na utilização desta função em pontos situados a jusante da saída de linha MT da subestação.

Em relação aos defeitos que são eliminados pelos automatismos de religação, estes podem ser classificados em 3 tipo distintos:

- Fugitivos: Estes defeitos caracterizam-se por serem extintos assim que o arco elétrico é eliminado permitindo ao ar ionizar-se, recuperando as suas propriedades isolantes. Estes defeitos são eliminados através de uma religação rápida.
- Semipermanentes – São defeitos que necessitam de interrupções mais longas que o caso anterior. Normalmente provocam a atuação dos relés de proteção cuja supressão não necessita de nenhuma intervenção no local em que ocorreu e que se reproduz no mesmo local com intervalos de tempo curtos sob o efeito da mesma causa. Estes tipos de defeitos podem ser eliminados por uma sequência de religações lentas.
- Permanente – São defeitos que apenas se extinguem após a realização de uma operação de manutenção na rede. Este tipo de defeito, não pode ser eliminado por uma sequência de religações lentas, sendo assim implica o disparo definitivo do disjuntor de proteção da linha.

A maior parte dos defeitos que ocorrem na rede, são do tipo fugitivo e semipermanente (cerca de 80 % a 95 % de todos os defeitos verificados). Para minimizar o impacto que estes defeitos acarretam para a rede, são instalados nas saídas das linhas MT, automatismos de religação.

Existem diferentes programas de religação possíveis, agrupando diferentes ciclos de religação: a religação rápida (RR) e a religação lenta (RL).

Combinando estes dois tipos de religação, geram-se diferentes programas de religação:

- Sem religação
- RL (tipicamente, 15 s)
- 2 RL (15 s + 15 s)
- 1 RR (300 ms)
- 1 RR + 1 RL (300 ms + 15 s)
- 1 RR + 2 RL (300 ms + 15 s + 15 s)

Após serem detetados os defeitos, o circuito é aberto e começam as contagens para os ciclos rápidos e lentos (caso existam).

Um ciclo rápido é constituído por um disparo instantâneo (disparo com temporização muito pequena, até 100 ms) seguido de uma RR (tempo de isolamento não superior a 600 ms). Este tipo de ciclo é utilizado para eliminar defeitos fugitivos. Nestas situações, quando o disjuntor efetua a religação, o defeito já se extinguiu passando a rede a funcionar de forma normal.

Um ciclo lento é constituído por um disparo temporizado (temporização superior á do disparo instantâneo, normalmente entre 0.3 s e 1.5 s), e por uma RL (é da ordem das dezenas de segundos). Este tipo de ciclos é utilizado para eliminar defeitos semipermanentes, visto que este tipo de defeitos requer disparos ou religações mais lentas para se extinguirem. Após a sua extinção é possível proceder à normal exploração da linha.

Se o defeito for permanente todos os programas de religação definidos são utilizados, após os quais o disjuntor fica bloqueado na posição de aberto até serem efetuadas as devidas reparações no troço de linha que sofreu o defeito.

A utilização da função de religação em OCR3 tem a grande vantagem de poderem ser eliminados defeitos fugitivos e semipermanentes que ocorram a jusante do OCR3. Para essas situações, apenas o troço de linha a jusante do OCR3 é afetado, eliminado assim o impacto que as religações efetuadas pelo disjuntor instalado na subestação teriam nos consumidores a montante do OCR3.

3.6. Armário de Comando dos OCR (URR)

A unidade central de comando e controlo do OCR está contida no armário de comando, mais propriamente denominado por URR (Unidade Remota Reduzida). Este é habitualmente colocado no apoio de linha elétrica de média tensão (MT) para que esteja acessível para operação e manutenção no respetivo local. Os armários de comando mais utilizados na EDP Distribuição são os T200 P-EDP da marca Schenider.

3.6.1. URR *Easergy T200 P-EDP*

Esta unidade é utilizada para controlar os OCR do tipo 2, a qual contém as seguintes funções:

- **Gestão do comando elétrico de abertura/fecho de um interruptor MT** desencadeado quer por uma ação de telecomando que provem de um supervisor, por um comando de um operador local.
- **Deteção da passagem de corrente de defeito** entre fases ou entre fase/terra sobre a linha MT.
- **Telecontagem da corrente eficaz que circula na linha MT**

Esta função permite informar o supervisor à distância, da distribuição instantânea da carga sobre a malha da rede de distribuição MT constituída pelo ponto de rede ou pelo posto MT/BT.

- **Gestão possível dos Automatismos VT – Voltage Time ou OT – Open Tie** (de acordo com a configuração) com colocação em/fora de serviço por comando local ou a partir do CC.
- **Vigilância, por Telecomando e/ou visualização local das seguintes informações:**
 - Posição de aberto/fechado do interruptor MT,

- Estado do "encravamento" do interruptor MT,
- Detecção da passagem de corrente de defeito entre fases ou à terra (modelo "M" unicamente),
- Presença de tensão,
- Posição em/fora de serviço do automatismo,
- Estados do automatismo:
 - Interruptor MT encravado
 - Interruptor MT avariado
 - Interruptor MT encravado pelo automatismo
 - Automatismo inibido
 - Automatismo em curso.
- Falta SF6,
- Porta aberta,
- D.I. 4 ou falta de tensão alternada N°2 (se automatismo O.T.)
- Modo de exploração local/distante,
- Falta de tensão de alimentação alternada imediata,
- Falta de tensão de alimentação alternada temporária,
- Defeito de carga
- Defeito de bateria,
- Falta de alimentação a 12V exterior,
- Falta de tensão de alimentação na motorização.
- **Comunicação com o supervisor à distância.**
- **Registo cronológico de acontecimentos em curso.** Estes acontecimentos podem ser gravados por ligação local de um PC.
- **Alimentação de socorro**, com uma autonomia de várias horas no caso de ausência de tensão alternada:
 - Do comando de motorização do interruptor MT (48 V),
 - Da interface da aparelhagem, da unidade central de tratamento e do módulo de comunicação,
 - Da interface de teletransmissão (12 V).

3.6.1.1. Esquema Principal

De seguida apresenta-se o esquema com os respetivos módulos da URR (Figura 3.18).

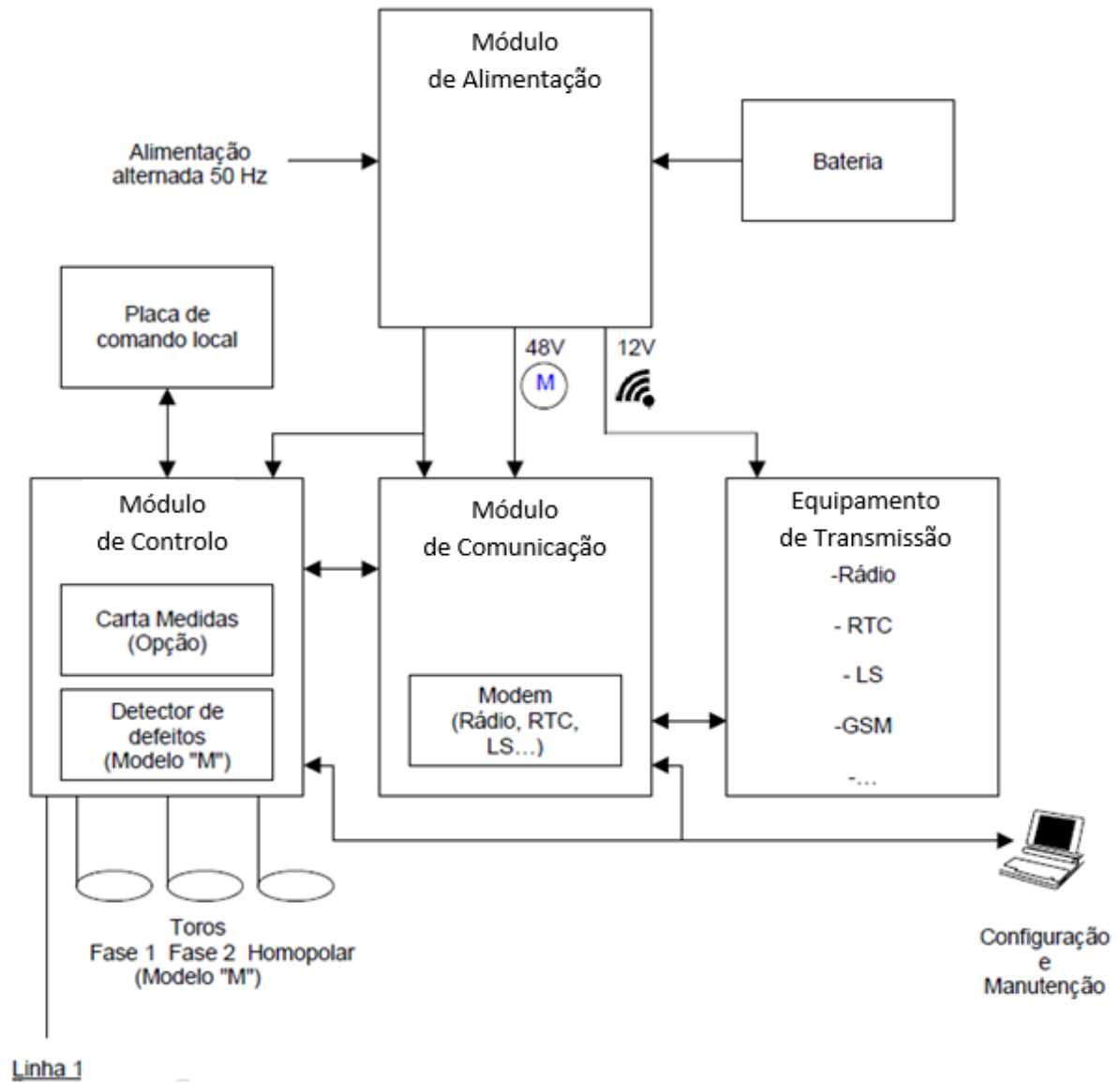


Figura 3.18 – Constituição da URR.

3.6.1.2. Constituição do Armário Tipo

Este armário apresenta resistência a esforços mecânicos, bem como resistência a agressões do ambiente como é representado os seus constituintes de seguida (Figura 3.19).



Figura 3.19 – Constituição do armário.

Este está equipado com um sistema de fecho com chave. Os principais elementos deste armário são:

1. Um protetor de sol para limitar a influência das temperaturas externas elevadas.
2. Uma rack 6U que agrupa o conjunto de módulos eletrónicos
3. Iluminação
4. Os equipamentos de transmissão (rádio, modem externo...)
5. Um contacto de porta
6. Uma régua de bornes "X1" intermédia, sobre a qual se encontram as diferentes entradas e saídas (algumas podem ser isoladas neste nível)
7. Uma régua de bornes "X2" intermédia para a alimentação em tensão alternada (com porta fusíveis), um sistema de termóstato e aquecimento para limitar a influência das temperaturas exteriores baixas e uma ficha "sector" protegida por fusíveis, para a ligação temporária de um aparelho tipo microcomputador (PC),
8. Uma grelha que permite o suporte para acessórios eventuais

9. Uma bateria que permite um funcionamento durante um determinado período de tempo, para quando o armário deixar de ter alimentação alternada,
10. Uma caixa anti-vandalismo contra qualquer tentativa malévola de desligar, inclui uma ficha "SCP"
11. Uma caixa anti-vandalismo contra qualquer tentativa malévola de desligar, inclui um pára-raios e uma ficha para a ligação do cabo da antena rádio exterior
12. Para ligar as entradas/saídas da linha 1 (posição do órgão de corte, ligação aos captosres toros, comando do interruptor, etc...).
13. uma ficha "SCP" de reserva para as entradas /saídas da linha 2.
14. Para a ligação externa à alimentação alternada, e uma ficha "SCP"
15. Reserva
16. Reserva
17. um perno para a ligação do cabo ligação à terra da caixa.
18. um perno para a ligação do cabo ligação à terra da caixa.
19. Reserva
20. Reserva

3.6.1.3. Módulos contidos na Rack

A rack comporta 3 módulos funcionais (Figura 3.20):

- **O módulo de controlo** – este gere o conjunto de funções e a exploração local à exceção das comunicações.
- **O módulo de comunicação** - gere a parte de comunicação com o centro de telecomando (protocolo e apoio de transmissão).
- **O módulo de gestão da energia** - assegura a alimentação do armário, da carga da bateria e da autovigilância associada

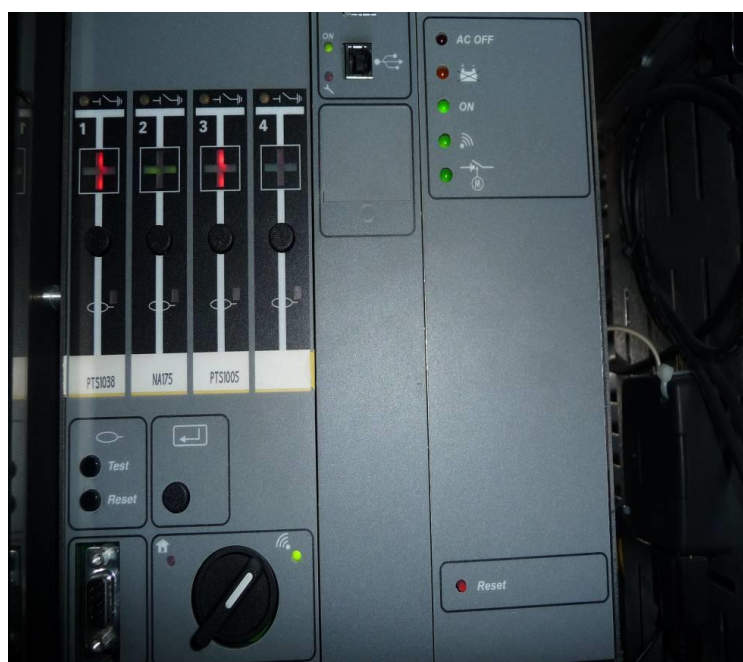


Figura 3.20 - Módulos contidos na Rack da URR.

3.6.2. URR TAVRIDA para OCR3

A URR TAVRIDA é a mais utilizada no comando dos OCR de terceira geração. De seguida é apresentado os seus constituintes, bem como os respetivos módulos (Figura 3.21 e 3.22).



Figura 3.21 – Vista frontal exterior.

Este armário contém o módulo do Painel de Controlo, em que este é responsável pelas funções de controlo e indicação local que possui:

- Um ecrã LCD de 6 linhas e 40 caracteres;
- Uma porta USB para comunicação local com computador portátil;
- Um teclado para configuração e navegação dos menus de parametrização.

No módulo de Controlo de Religação, em que este é responsável por todas as funções do controlador, exceto pelas funcionalidade de controlo do painel frontal e comunicações Bluetooth, em que este possui um microprocessador que executa as funções de:

- Proteção;
- Registo de eventos;
- Comunicações;
- Retificador para entrada auxiliar.

Este também incorpora o carregador de bateria e gere a energia necessária para as manobras. Verifica o estado de religação e a correta execução dos comandos de abertura e fecho.

No módulo de Fonte de Alimentação e Filtro este fornece alimentação auxiliar e proteção para os módulos internos.

No módulo de E/S este permite o controlo das funções de religação e também a visualização e/ou comando de outros equipamentos. Este também disponibiliza 12 entradas digitais e 12 saídas a relé.



Figura 3.22 – Vista frontal interior.

3.7. Manutenção Preventiva e Sistemática

A **Manutenção Preventiva Sistemática (MPS)** contempla a realização da acção de manutenção designada por Manutenção Preventiva TCMT - Rede Aérea e Subterrânea, com periodicidade anual.

3.7.1. Ações de MPS

As tarefas relevantes numa MPS são:

- Conservação de OCR em apoio – Rede Aérea;
- Conservação de Unidade Remota em postos de transformação – Rede Subterrânea e contempla entre outras, as seguintes atividades no âmbito da Manutenção Preventiva TCMT - Rede Aérea e Subterrânea;
- Verificação do circuito de terra sem desligação dos circuitos de terra;
- Verificação e ensaio do equipamento de Telecomunicações;
- Verificação do Equipamento de Telecomando e Controlo;
- Ensaio OCR e Celas Motorizadas;
- A limpeza do acesso e envolvente;
- O registo e participação das anomalias detetadas;
- Registo fotográfico dos equipamentos;
- Elaboração da ficha técnica e relatório e envio em suporte apropriado ao Departamento responsável da EDP Distribuição.

3.7.2. Periodicidade das Ações de MPS

A periodicidade da MPS do TCMT de cada um dos tipos de instalações da rede MT foi definida tendo em conta o documento “Estratégia de Manutenção TCMT – Fev.2008” dos quais destacamos os aspetos considerados mais críticos:

- Verificação do estado do Sistema de Alimentação com registo de medidas;
- Verificação das condições de acessibilidade;
- Realização de ensaios reais/simulados de funcionamento da aparelhagem MT.

Tabela 3.1 - Tabela de Manutenção Preventiva do TCMT

Subsistema		Periodicidade	Intervenções (Responsabilidade)
1.	Rede Aérea – OCR Telecomandado	6 Meses	Não aplicável
		12 Meses	Manutenção Preventiva TCMT Rede Aérea (MNRD)
2.	Rede Subterrânea PS/PT telecomandado	6 Meses	Não aplicável
		12 Meses	Manutenção Preventiva TCMT Rede Subterrânea (MNRD)

3.7.3. Documentos de Suporte para a MPS

Nas ações de MPS do TCMT - Rede Aérea e Subterrânea deverão usar-se os impressos designados por Fichas de Manutenção Preventiva TCMT e, nas quais constam as listas de pontos a observar.

Nestas fichas registam-se as anomalias detetadas que devem ser consideradas para a sua resolução no âmbito da manutenção preventiva condicionada.

3.8. Manutenção Preventiva Condicionada (MPC)

A **Manutenção Preventiva Condicionada (MPC)** é suportada em Ordens de Manutenção, para todas as solicitações fora do âmbito da Manutenção Preventiva Sistemática e da Manutenção Corretiva. A MPC consiste na resolução das anomalias detetadas no âmbito das ações de Manutenção Preventiva Sistemática, devendo a programação destas ordens ser ajustada ao planeamento da sua execução.

3.9. Manutenção Corretiva (MC)

A **Manutenção Corretiva (MC)**, é suportada em Ordens de Manutenção, na sequência dos incidentes verificados na rede, e tendo por base a respetiva nota de avaria.

Na MC serão consideradas todas as ações associadas à reparação de avarias ocorridas no TCMT, sendo o fluxo de informação do tratamento das mesmas o seguinte (Figura 3.23):

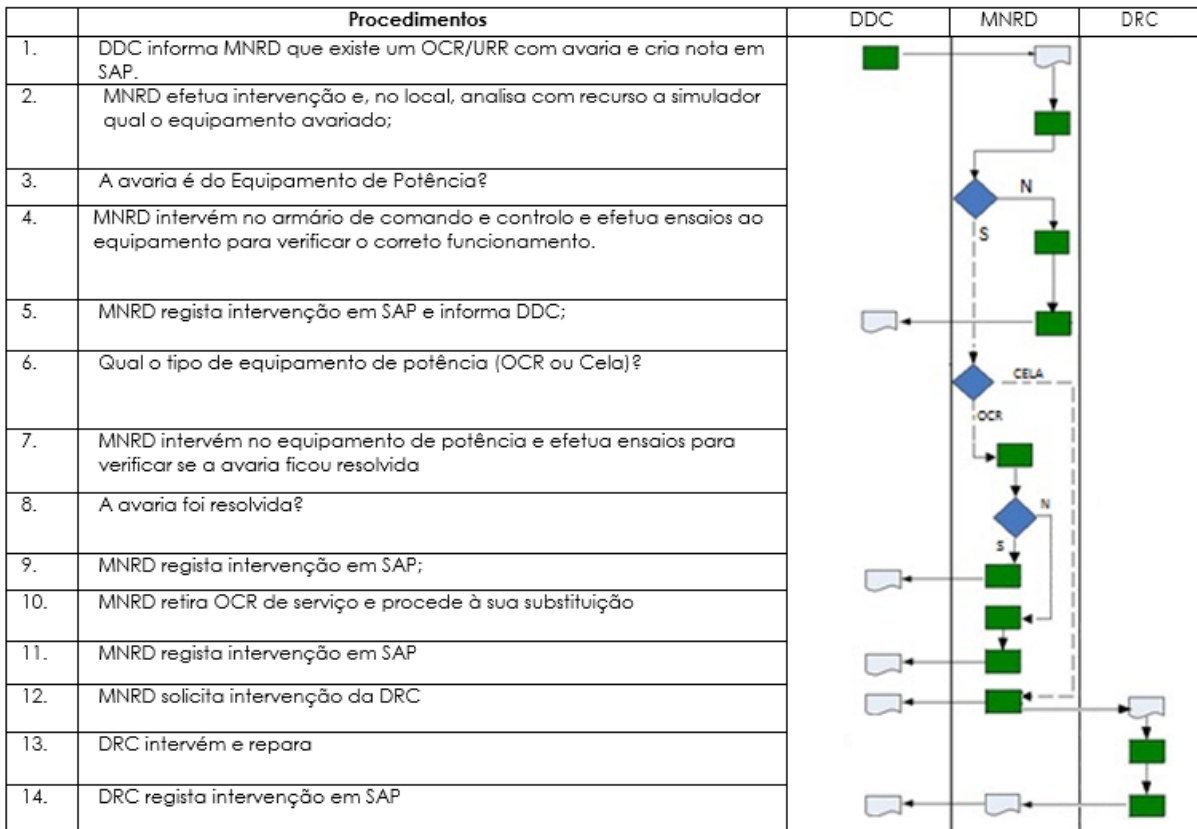


Figura 3.23 – Procedimentos e fluxograma de reparação de avarias.

Os tempos de Intervenção a garantir em caso de avaria (*Service Level Agreement – SLA*) são apresentados na seguinte tabela.

Tabela 3.2 – SLA do TCMT

Níveis de SLA		Tempo de resolução
1.	Diagnóstico da avaria:	Até 48h (em dias úteis) após a comunicação da avaria.
2.	Todas as ações que não constam nas alíneas 3 e 4	Até 48h (em dias úteis) após a comunicação da avaria.
3.	Substituição/orientação de antena VHF	Até 5 dias (úteis) após a comunicação da avaria.
4.	Substituição de armário de comando do OCR Substituição/Ensaio de cabo BT de interligação entre OCR e armário de comando Substituição/Ensaio de cabo de alimentação BT do armário de comando do OCR Substituição/Ensaio de toros de corrente e respetivos circuitos BT acoplados aos cabos de entrada/saída de celas MT em PS/PT Substituição/Ensaio de aparelhagem e acessórios de MT Substituição de motorizações e respetivos circuitos auxiliares de celas de MT em PS/PT	Até 30 dias (úteis) após a comunicação da avaria.

CAPÍTULO IV - SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE QUALIDADE DE SINAL GSM/GPRS

4. SISTEMA DE QUALIDADE DE SINAL GSM/GPRS

O desenvolvimento deste sistema surgiu devido à necessidade de se verificar a qualidade da sinal de uma determinada operadora de comunicação, onde por vezes eram instalados OCR com tecnologia GSM/GPRS em locais onde previamente se verificava através de uma aplicação móvel num curto período de tempo, e aparentemente o sinal tinha boa cobertura naquele momento, mas após a instalação do dispositivo este apresentava falhas nas operações de manobra. Com isto, foi necessário analisar estas situações e pensar em desenvolver um sistema que permite efetuar uma medição prévia da qualidade de sinal por um período prolongado de tempo.

Surgiu a ideia de se desenvolver um sistema de monitorização de qualidade de sinal GSM/GPRS, em que este perante estas situações onde eram instalados OCR em locais onde o sinal GSM/GPRS era fraco, efetuava-se o estudo de qualidade de sinal GSM/GPRS num local onde estava um OCR com comunicação rádio VHF, de modo a efetuar-se uma mudança dos dispositivos para obter eficiência no telecomando da rede de média tensão.

Com este sistema é possível também optar pela operadora de comunicações a utilizar (NOS ou MEO), consoante a qualidade de sinal obtida no local durante o período de medição da respetiva cobertura de rede das operadoras de comunicação.

4.1. Constituição do Sistema

Este sistema é constituído por um arduino Mega 2560, que irá controlar todo o sistema de aquisição de dados e processamento da informação, dois arduinos *GSM Shield* que irão captar a qualidade de sinal, em dBm num determinado local das operadoras NOS e MEO, um RTC (*Real Time Clock*) que irá registar a hora e data das respetivas medidas, um sensor DHT11 que regista os valores de temperatura e humidade relativa no interior do armário, um *slot SD card* para registar as medições num ficheiro de texto e uma bateria para alimentar o sistema.

Este será colocado dentro de um armário em chapa metálica, de fácil colocação em apoio aéreo, em que este possui uma luminária com uma lâmpada LED, em que esta liga quando se abre a porta, pois este poderá ser colocado no local das medições em períodos do dia com pouca luminosidade.

4.1.1. Arduino Mega 2560

O **Arduino Mega 2560** (Figura 4.1) é a placa da plataforma Arduino que possui recursos bem interessantes para prototipagem e projetos mais elaborados. Baseada no microcontrolador ATmega2560, possui 54 pinos de entradas e saídas digitais, onde 15 destes podem ser utilizados como saídas PWM. Possui 16 entradas analógicas, 4 portas de comunicação serial. Além da quantidade de pinos, esta contém mais memória, sendo uma ótima opção para projetos que necessitem de muitos pinos de entradas e saídas.

Esta placa é uma ótima opção para quando são utilizados vários constituintes, como *shield* e outros componentes, devido a ter mais pinos e quantidade de memória.

A opção deste arduino para este projeto foi devido ao este contem as entradas e saídas suficientes para a utilização dos dois *shields* GSM/GPRS, para efetuar a medição de qualidade de sinal das operadoras de rede de comunicação, bem como a memória existente para o armazenamento do código desenvolvido.

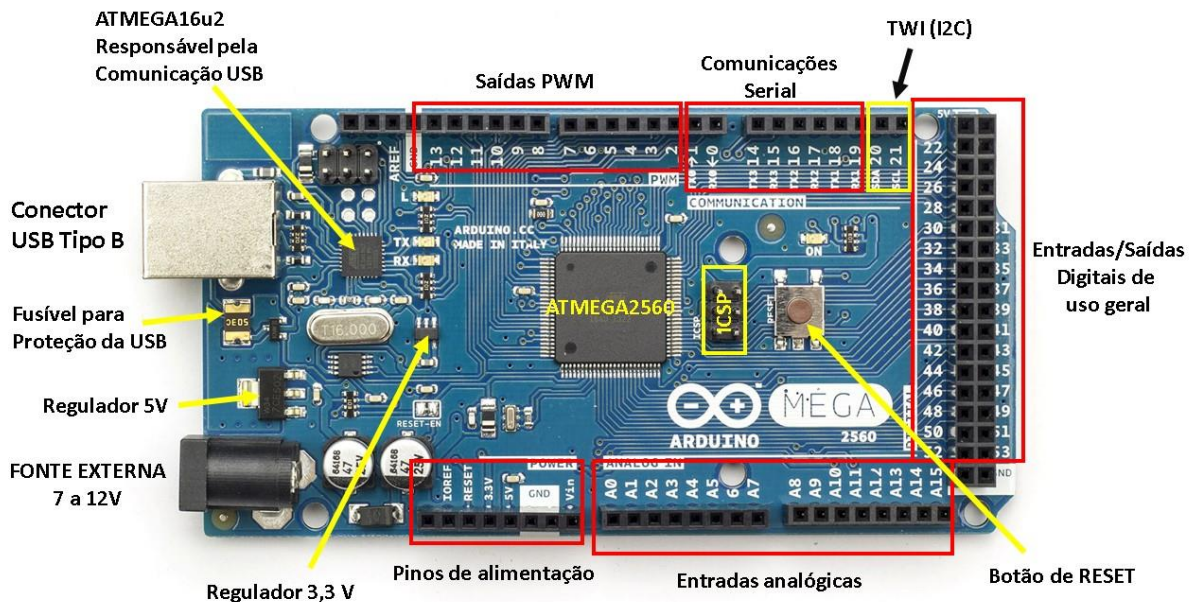


Figura 4.1 – Constituição da *board* Arduino Mega 2560.

4.1.1.1. Alimentação da placa Arduino MEGA

A alimentação da placa pode ser feita tanto pela USB, como por uma alimentação externa. De seguida são apresentados os conectores para alimentação (Figura 4.2):



Figura 4.2 - Conectores de alimentação da placa Arduino Mega.

A alimentação externa pode ser feita através do conector *Jack*, onde o valor de tensão da fonte externa deve estar entre os 7V a 12V. Porém se for alimentado com uma tensão abaixo de 7V, esta pode ficar instável devido à tensão de funcionamento da placa ser de 5V.

De seguida são exibidos os conectores de alimentação para conexão de *shields* e módulos na placa Arduino MEGA (Figura 4.3):

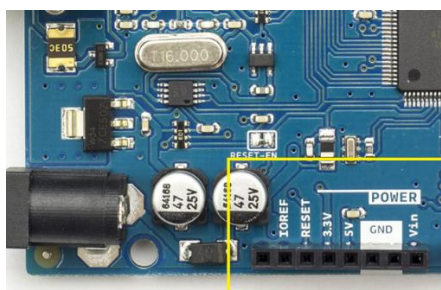


Figura 4.3 - Pinos de alimentação para conexão de *shields* no Arduino Mega.

- **IOREF** - Fornece uma tensão de referência para que os *shields* possam selecionar o tipo de interface apropriado. Dessa forma estes funcionam com a placas Arduino que são alimentadas com 3,3V. Podem ser adaptados para utilizar em 5V. e vice-versa.
- **RESET** - pino conectado a pino de RESET do microcontrolador. Pode ser utilizado para efetuar um reset externo da placa Arduino.
- **3,3 V** - Fornece tensão de 3,3V para alimentação de *shields* e módulos externos. Corrente máxima permitida de 50 mA.
- **5 V** - Fornece tensão de 5 V para alimentação de *shields* e circuitos externos.
- **GND** - pinos de referência, massa.
- **VIN**- pino para alimentar a placa através de shield ou então fonte de alimentação externa.

4.1.1.2. Comunicação USB

Como interface USB para comunicação com o computador, há na placa um microcontrolador ATMEL ATmega16U2 (Figura 4.4).

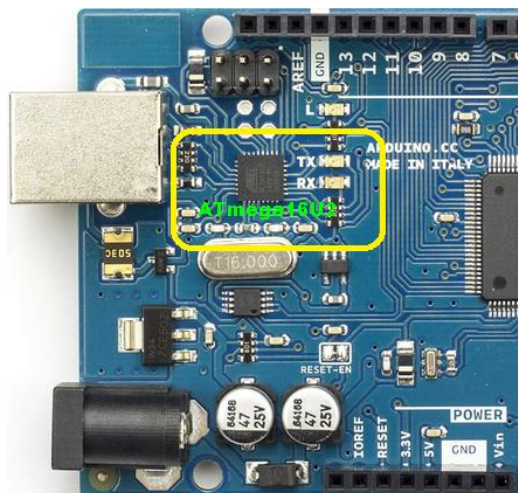


Figura 4.4 – Controlador comunicação USB ATMEL ATmega16U2.

Este microcontrolador é o responsável pela forma transparente como funciona a placa Arduino MEGA 2560, possibilitando o *upload* do código binário gerado após a compilação do programa feito pelo programador. Possui um conector ICSP para gravação de *firmware* através de um programador ATMEL, para futuras atualizações.

Nesse microcontrolador também estão conectados dois leds (TX, RX), controlados pelo *software* do microcontrolador, que indicam o envio e receção de dados da placa para o computador. Ele possui um cristal externo de 16 MHz. É interessante notar a conexão entre este microcontrolador com o ATMEL ATMEGA2560 onde é feita pelo canal serial desses microcontroladores. Outro ponto interessante que facilita o seu uso é a conexão do pino 13 do ATMEGA16U2 ao circuito de RESET do ATmega2560, possibilitando a entrada no modo *bootloader* automaticamente quando é pressionado o botão *Upload* na IDE. Estas características não aconteciam nas primeiras placas Arduino, onde era necessário pressionar o botão de RESET antes de fazer o Upload na IDE.

4.1.1.3 Microcontrolador da placa Arduino Mega 2560

O microcontrolador utilizado no Arduino MEGA 2560 é o ATMEL ATmega2560, um microcontrolador de 8 bits. Esse microcontrolador possui mais recursos comparado ao ATmega328 da Arduino UNO. Ele conta com 256 KB de Flash (mais 8 KB são utilizados para o *bootloader*), 8 KB de RAM e 4 KB de EEPROM. Chega 16 MIPS, operando em 16 MHz. Possui multiplicador por Hardware e diversos periféricos que aumentam as possibilidades da plataforma Arduino baseada em Atmel ATMEGA 2560, dentre as quais pode-se destacar 4

canais de comunicação serial, 16 entradas analógicas e 15 saídas PWM. Possui ainda comunicação SPI, I2C e 6 pinos de interrupções externas.

Segue abaixo uma imagem deste microcontrolador com encapsulamento TQFP, o mesmo utilizado na placa Arduino Mega 2560 (Figura 4.5):



Figura 4.5 – Microcontrolador da placa arduino Mega.

4.1.1.4 Pinos de Entrada e Saída

A placa Arduino MEGA 2560 possui 54 pinos de entradas e saídas digitais que podem ser utilizadas como entrada ou saída conforme a necessidade do projeto. Os pinos operam com uma tensão de 5V e podem fornecer ou debitar até 40mA. Cada pino possui resistência de pull-up interna que pode ser habilitada por software. Alguns desses pinos possuem funções especiais como exibido a seguir:

- Comunicação Serial - Serial 0: 0 (RX) e 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) e 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) e 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) e 14 (TX). Os pinos 0 e 1 estão conectados aos pinos do ATmega16U2 responsável pela comunicação USB;
- Interrupções externas – pinos 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), e 21 (interrupt 2). Estes pinos podem ser configurados para disparo da interrupção tanto na borda de subida ou descida, ou em níveis lógicos alto ou baixo, conforme a necessidade do projeto.
- PWM: os pinos 2 a 13 e 44 a 46 podem ser utilizados como saídas PWM. O sinal PWM possui 8 bits de resolução.
- Comunicação SPI: Pinos: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Estes pinos estão ligados ao conector ICSP.
- Comunicação I2C: (TWI): pinos 20 (SDA) e 21 (SCL).

O Arduino Mega2560 possui 16 entradas analógicas (pinos A0 a A15), onde pode ser feita a conversão com uma resolução de 10 bits, ou seja, o valor será convertido entre 0 e 1023. Por padrão a tensão de referência é conectada a 5V. Porém é possível mudar o valor de referência através do pino AREF.

4.1.2. Arduino GSM Shield

O Arduino GSM *shield* (Figura 4.6) tem a capacidade de comunicar com a placa Arduino com a rede de comunicações GSM/GPRS. É necessário conectar o módulo ao Arduino, colocar um cartão SIM com uma cobertura GPRS da operadora de rede, e seguir algumas instruções simples para controlar o sistema pretendido. Também se podem fazer/receber chamadas de voz (conectando um circuito de alto-falante e microfone externo) e enviar/receber mensagens SMS.

No sistema são utilizados dois módulos, de modo a executar a medição da qualidade de sinal das operadoras *MEO* e *NOS*, de modo a verificar a viabilidade da instalação de um OCR.



Figura 4.6 – Arduino GSM *Shield*.

4.1.2.1. Alimentação do Shield GSM

Recomenda-se que a placa ser alimentado com uma fonte de alimentação externa que pode fornecer entre 0,7A e 1A. Ligando um Arduino ao Shield GSM a partir de uma conexão USB não é recomendado, como USB não pode fornecer a corrente necessária para quando o shield está em uso de conectar à rede.

O arduino GSM shield pode necessitar de picos de corrente até 2A, o que pode ocorrer durante a transmissão de dados. Esta corrente é fornecida através de um condensador grande laranja na superfície da placa.

O *shield* contém uma série de estado LED's:

- On: mostra o shield a receber energia elétrica;
- Status: acende quando o shield está ligado e os dados estão sendo transferidos para a rede GSM/GPRS;
- Net: pisca quando o shield está a comunicar com a rede.

4.1.3. Sensor de Temperatura e Humidade (DHT11)

O DHT11 é um sensor de humidade relativa e temperatura, com saída digital calibrada. Possui uma exclusiva tecnologia para medir a humidade relativa, garantindo a confiabilidade e estabilidade. Possui internamente um microcontrolador de 8 bits para tratar o sinal.

Todos os sensores desse modelo são calibrados de fábrica, e os dados e coeficientes da calibração estão gravados na memória OTP do módulo.

Possui tamanho compacto, baixo consumo, encapsulamento simples com apenas quatro terminais, podendo transmitir o sinal por até 20 metros. Todas essas características permitem utilizar esse sensor nas mais diversas aplicações.

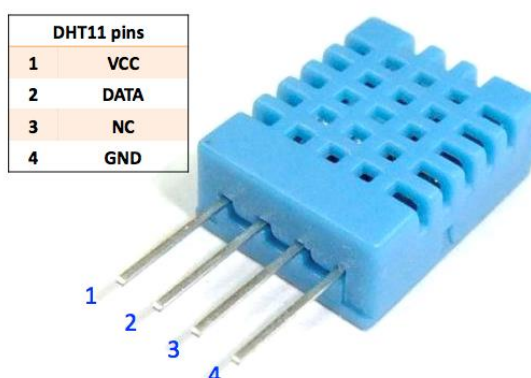


Figura 4.7 – Sensor de Temperatura e humidade relativa (DHT11).

4.1.3.1. Especificações

- Modelo: DHT11
- Tensão de alimentação: 3 a 5.5 V DC (5V DC recomendado)
- Saída do sinal: digital de 1 fio
- Tipo do sensor: Resistor polimérico
- Faixa de medição: 20-90% RH; 0-50°C
- Precisão: Humidade $\pm 4\%$ RH (Max $\pm 5\%$ RH); Temperatura: $\pm 2^\circ\text{C}$
- Resolução: Humidade 1%; Temperatura: 0.1°C
- Estabilidade a longo prazo: $\pm 0.5\%$ RH/ano
- Tempo de medição: 2s
- Dimensões: 12x15.5x5.5mm

4.1.4. Real Time Clock (RTC DS1307)

O módulo RTC DS1307 (Figura 4.8) tem uma componente muito útil para montar um relógio com o Arduino, registar alarmes e eventos, executando ações em horários pré-definidos.

A sigla RTC significa *Real Time Clock*, ou seja, um Relógio de Tempo Real (RTC). Esse módulo tem 56 bytes de memória não-volátil disponível, é capaz de armazenar e fornecer informações completas de data como dia da semana, dia do mês, ano e além é claro, das funções de horas, minutos e segundos, nos formatos de 12 ou 24 horas. Meses com menos de 31 dias e anos bissextos são ajustados automaticamente.

Uma bateria de lítio garante que os dados sejam preservados mesmo sem alimentação externa, acionado automaticamente em caso de falta de energia elétrica no módulo.

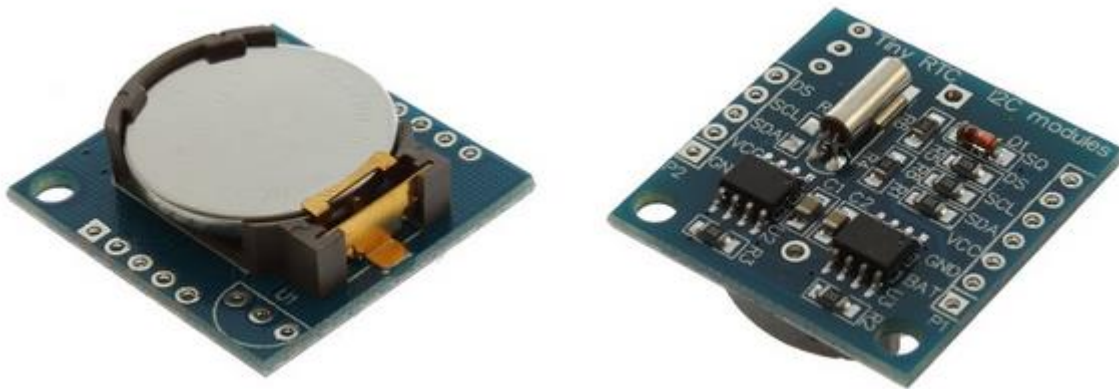


Figura 4.8 - RTC DS1307.

Olhando o módulo pela parte inferior, podemos ver na parte esquerda do módulo os pinos **GND**, **Vcc**, **SDA** e **SCL**, utilizados para colocar dispositivos I2C em cascata. No lado direito, vamos utilizar apenas os pinos para ligação ao Arduino.

4.1.5. *Shield SD card*

O *shield SD card* é uma solução simples para a transferência de dados para um cartão SD. Os pinos são diretamente compatíveis com o Arduino, mas também podem ser usados com outros microcontroladores. Este permite que se possa registar dados para o projeto. Liga-se diretamente no Arduino e contém um interruptor para seleccionar o *slot* para cartão de memória.



Figura 4.9 – *Shield SD card*.

Entre o arduino e o cartão SD usa-se a comunicação SPI, que acontece nos pinos digitais 11, 12 e 13 (na maioria das placas Arduino) ou 50, 51 e 52 (Arduino Mega). Além disso, outro pino deve ser utilizado para seleccionar o cartão SD. Este pode ser o pino SS hardware - pino 10 (na maioria das placas Arduino) ou pino 53 (no Mega).

4.1.6. Acumulador de energia do sistema

Neste sistema é utilizada uma bateria de 12V a alimentar o sistema com a autonomia de 24Ah, de modo a que este tenha duração de se manter no terreno durante uma semana, a efetuar a análise de qualidade de sinal nesse período.



Figura 4.10 – Bateria YUASA NP 24-12I (12V,24Ah).

O dimensionamento desta bateria efetuou-se através da verificação de consumo de sistema no laboratório, em que este apresentava consumos de 0,12 Ah. Como o sistema foi dimensionado para efetuar medições durante o período de uma semana (7 dias), verificou-se que esta consumia diariamente 2,88 Amperes, pelo que se prevê no período estipulados de funcionamento do sistema, esta faça um consumo de 20,16 Ah. Com isto, optou-se por escolher uma bateria de 12V,24Ah. Pode-se aumentar a autonomia do sistema associando baterias em paralelo, pelo que armário de sistema contém espaço disponível para se efetuar o aumento de autonomia.

4.1.7. Características

Tipo:	Chumbo
Tensão:	12V
Capacidade:	24Ah
Medidas:	166x175x125 mm
Peso:	9.000 Kg

4.1.8. Painel Solar fotovoltaico

A instalação de um painel solar fotovoltaico (Figura 4.11) visa a manter a carga da bateria, de modo a que esta esteja a obter carga durante o período de insolação. A opção de colocação do painel solar neste projeto visa apenas manter o máximo possível de carga da bateria durante o período de medições estabelecido.



Figura 4.11 – Painel Solar Fotovoltaico.

4.1.9. Controlador de carga

Este controlador de carga (Figura 4.12) informa o utilizador do sistema o estado de carga da bateria, bem como se a mesma esta a carregar pelo painel solar fotovoltaico. Este também possui uma proteção em que se a bateria estiver com carga máxima, o controlador não deixa passar intensidade de corrente para as células fotovoltaicas, de modo a protegê-las de ficarem danificadas.

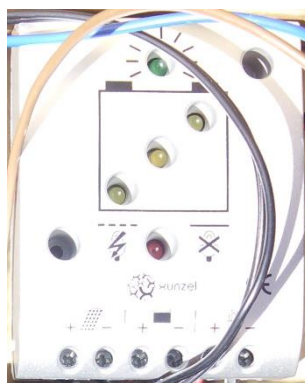


Figura 4.12 – Controlador de carga do sistema.

4.2. Fluxograma do Sistema

De seguida é apresentado o fluxograma geral do sistema, o qual indica os processos executados, bem como as tarefas que são executadas. Como se pode visualizar, este sistema faz medições de qualidade de sinal das operadoras de comunicação de 5 em 5 minutos.

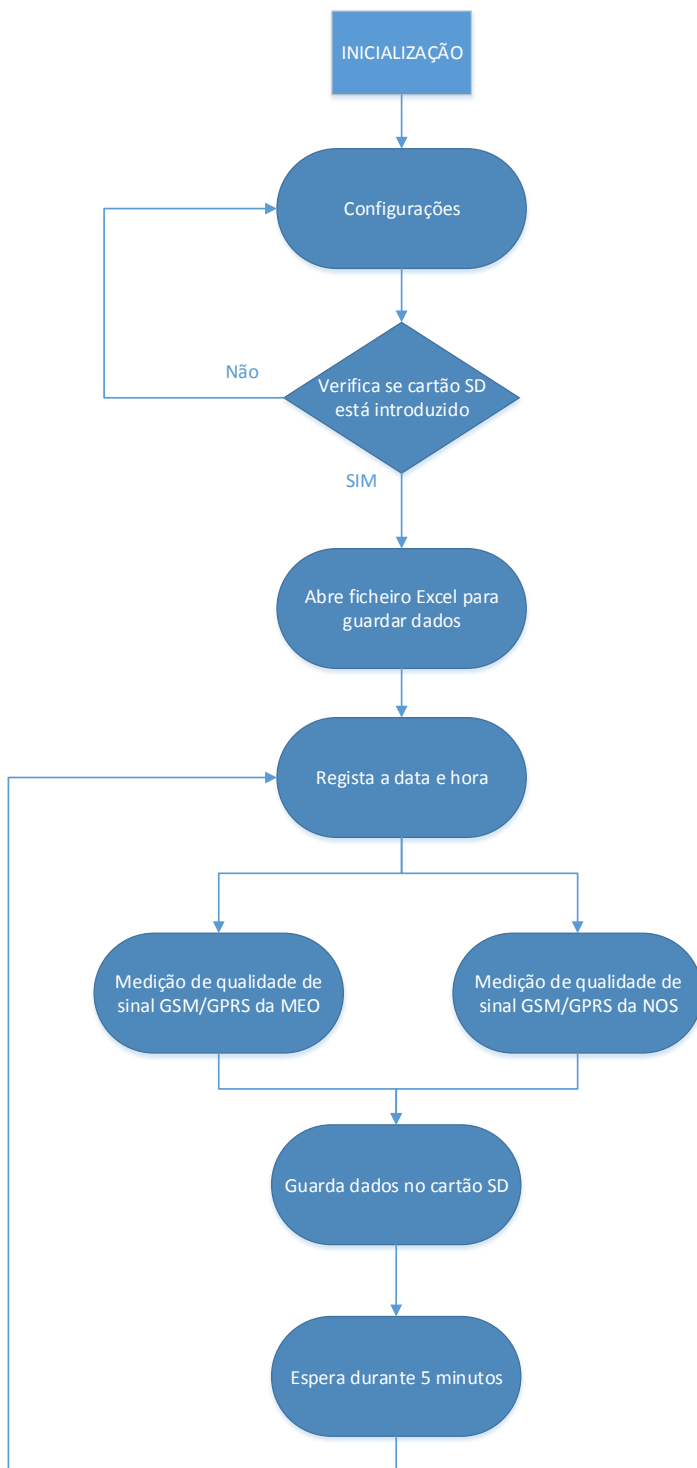


Figura 4.13 – Fluxograma Geral.

4.3. Esquema multifilar e pinos utilizados no sistema

De seguida é apresentado o esquema multifilar do sistema de monitorização de qualidade de sinal GSM/GPRS, bem como todos os seus constituintes e respetivas ligações. Também se apresenta os pinos utilizados no arduino mega de interligação com os diversos constituintes do sistema projetado.

4.3.1. Pinos utilizados no Arduino Mega 2560

De modo a interligar-se os constituintes do sistema, utilizaram-se os pinos no arduino de acordo com a função a executar (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Pinos utilizados no Arduino Mega.

Pino utilizado	Função
3	TX – Comunicação Serial GSM <i>Shield 1</i>
5	TX – Comunicação Serial GSM <i>Shield 2</i>
8	Pino entrada sensor DHT11
10	RX – Comunicação Serial GSM <i>Shield 1</i>
11	RX – Comunicação Serial GSM <i>Shield 2</i>
20	SDA RTC DS1307
21	SCL RTC DS1307
50	MISO SD <i>Card</i>
51	MOSI SD <i>Card</i>
52	CLK SD <i>Card</i>
53	CS SD <i>Card</i>

4.3.2. Esquema multifilar

Numa fase inicial executou-se a montagem numa *breadboard*, que facilita a montagem do protótipo e onde se podem realizar testes aos diversos constituintes. Apresenta-se abaixo o esquema multifilar do sistema projetado (Figura 4.14).

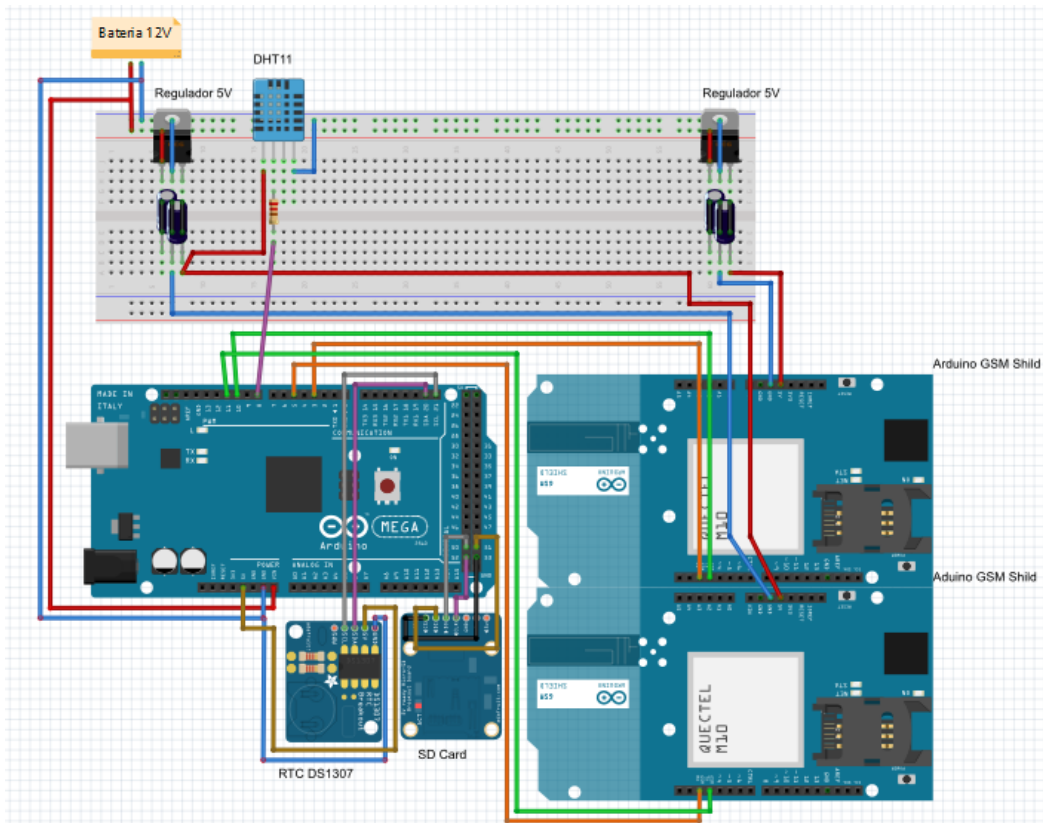


Figura 4.14 – Esquema multifilar.

4.4. Implementação do Sistema

De seguida é apresentado a implementação do Sistema de Qualidade de Sinal GSM/GPRS, bem como o mesmo em fase de testes. Nas várias fases de testes foram efetuados vários melhoramentos ao longo do tempo, bem com a nível de *hardware*, mas também de *software*.

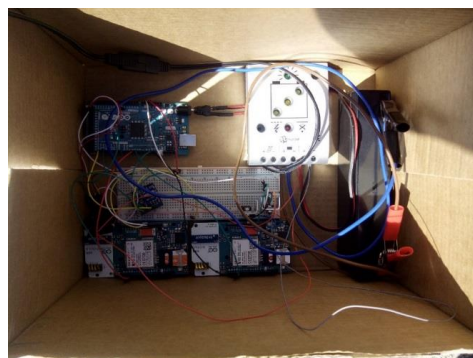


Figura 4.15 – Sistema de qualidade de sinal GSM/GPRS em fase de testes.

Na figura 4.15 é apresentado o sistema em fase de testes com o painel solar fotovoltaico, e a verificação posterior da carga existente na bateria durante o período de medições.



Figura 4.16 – Sistema de monitorização de qualidade de sinal com painel solar fotovoltaico.

Quando foi disponibilizado um armário para o projeto, o sistema foi colocado dentro do mesmo, o qual podemos ver a disposição dos diversos constituintes dentro do armário, em que este possui espaço para colocação de mais componentes futuramente, bem como aumentar a autonomia colocando mais baterias dentro do mesmo (Figura 4.16).

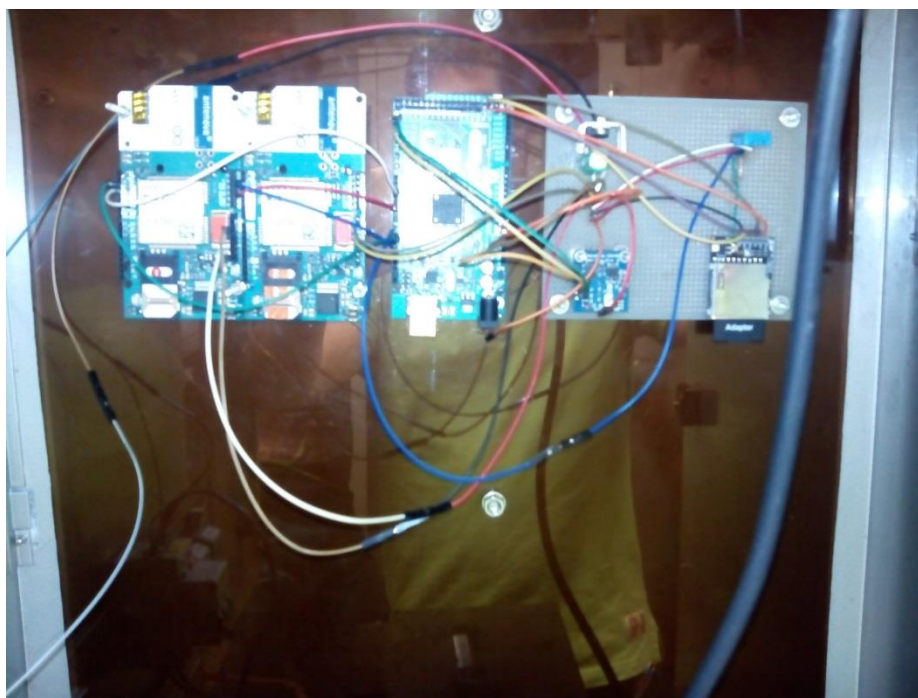


Figura 4.17 – Sistema de qualidade de sinal instalado no armário.

4.5. Tabela de qualidade de sinal e comandos utilizados

4.5.1. Comandos utilizados

De forma a saber a existência de qualidade de sinal GSM/GPRS no local onde se coloca o sistema, é utilizado o comando **AT+CSQ** (Tabela 4.2) de modo a retornar o valor medido de qualidade de sinal. Com isto, é possível saber se num determinado local existem condições necessárias para a instalação de dispositivos telecomandados, de forma a garantir o seu bom funcionamento.

Tabela 4.2 – Comando AT+CSQ

Test Command AT+CSQ=?	Response +CSQ: (list of supported <rssi>s),(list of supported <ber>s) OK
Execution Command	Response +CSQ: <rssi>,<ber>

Com a execução deste comando, este depois vai retornar o valor medido, neste caso para o *serial monitor*, como é demonstrado na figura 4.18.

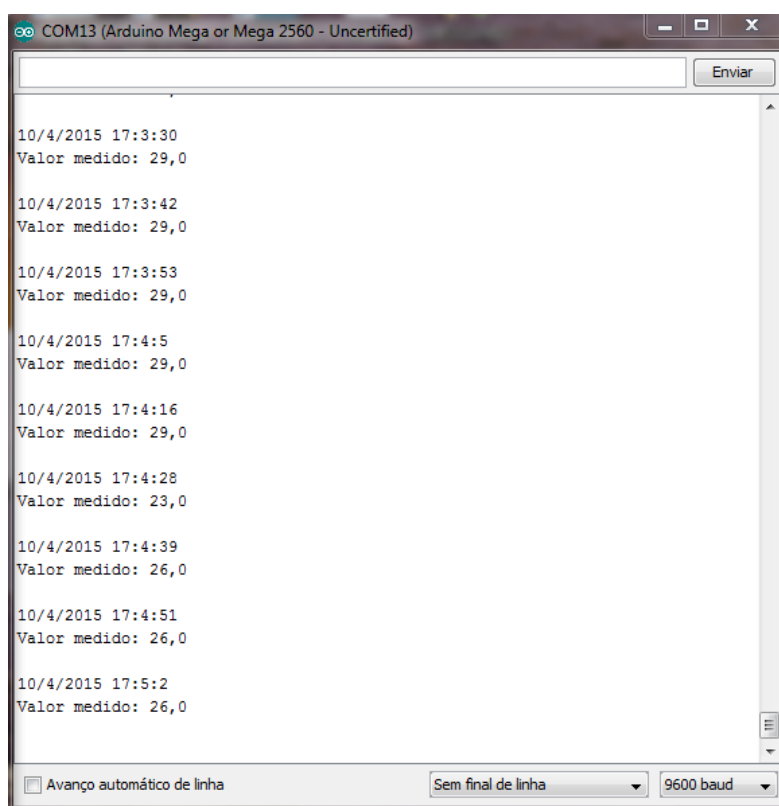


Figura 4.18 – Valor retornado pelo comando AT+CSQ no *serial monitor*.

4.5.2. Tabela de Qualidade de sinal GSM/GPRS

De seguida são apresentados os valores relativos à qualidade de sinal (Tabela 4.3), os quais são apresentados nas unidades de RSSI, dBm e a respetiva condição. Através desta tabela conseguimos verificar a qualidade de sinal consoante os valores que se obtém num determinado local com o sistema.

Tabela 4.3 – Valores de Qualidade de Sinal e respetiva condição.

Valores Qualidade de Sinal		Condição
RSSI	dBm	Estado
0	-113	Instável
1	-111	Instável
2	-109	Instável
3	-107	Instável
4	-105	Instável
5	-103	Instável
6	-101	Instável
7	-99	Instável
8	-97	Instável
9	-95	Instável
10	-93	Instável
11	-91	Instável
12	-89	Instável
13	-87	Instável
14	-85	Instável
15	-83	Instável
16	-81	Ok
17	-79	Ok
18	-77	Ok
19	-75	Ok
20	-73	Bom
21	-71	Bom
22	-69	Bom
23	-67	Bom
24	-65	Bom
25	-63	Excelente
26	-61	Excelente
27	-59	Excelente
28	-57	Excelente
29	-55	Excelente
30	-53	Excelente
31	-51	Excelente
32	-49	Excelente
33	-47	Excelente
34	-45	Excelente
35	-43	Excelente

4.6. Vantagens da Implementação do Sistema Qualidade de Sinal GSM/GPRS

Com a implementação deste sistema, este apresenta inúmeras vantagens, não só em termos de eficiência do telecomando da rede MT, bem como a nível económico que nos permite ganhos significativos na instalação de novos OCR, e substituição de OCR com comunicação por rádio VHF por GSM/GPRS.

4.6.1. Orçamento do Sistema

De seguida é apresentado um orçamento do sistema (Tabela 4.4.), com os seus constituintes, e respetivas quantidades e preços.

Tabela 4.4 – Orçamento do sistema

Orçamento do Sistema de Qualidade de Sinal GSM/GPRS		
Quantidade	Componente	Preço
1	Arduino Mega 2560 R3	41,57 €
2	Arduino GSM Shield 2 - Integrated antenna	159,90 €
1	Sensor DHT 11	6,46 €
1	RTC DS1307	5,17 €
20	Condutores de ligação	3,32 €
1	Mini painel solar XUNZEL 2.5W	19,99 €
1	Controlador de carga XUNZEL XCML 5A 12/24V	34,99 €
1	Bateria 12V/24Ah	94,40 €
Total:		365,80 €

4.6.2. Custos associados a mudança de OCR

Como podemos observar este contém custos significativos (Tabela 4.5), os quais poderão obter custos adicionais. Estes custos englobam a desmontagem do OCR do local com sinal GSM/GPRS fraco e instalação em outro local com sinal bom, bem como a mudança de local do OCR com comunicação rádio VHF.

Tabela 4.5 – Custo de desmontagem de OCR em local com sinal fraco, e instalação do mesmo em outro local.

	Descrição	Custo
1	Desmontar o novo OCR com comunicação GSM/GPRS do local devido a sinal fraco.	441,73 €
2	Instalar o OCR desmontado em 1 num local com sinal bom GSM/GPRS.	1.537,73 €
3	Desmontar o OCR de comunicação rádio VHF, de um local onde existe sinal GSM/GPRS.	441,73 €
4	Instalar o novo OCR no local com sinal bom GSM/GPRS.	1.537,73 €
Total:		3.958,92 €

Contudo, é nos possível fazer uma verificação prévia da cobertura de rede da operadora de comunicação antes de se efetuar a instalação do OCR, bem como escolher a operadora com melhor cobertura (NOS ou MEO).

Com a utilização deste sistema, podemos obter reduções significativas de custos acrescidos devido à instalação de dispositivos em locais com cobertura de rede fraca, em que com um sistema de 365,80 € (ver secção 4.6.1), este permite obter uma poupança significativa no caso de uma instalação indevida no qual se teria de efetuar uma mudança de OCR com um custo de 3.958,92 €.

CAPÍTULO V - ANÁLISE DE RESULTADOS

5. ANÁLISE DA QUALIDADE DE SINAL

A análise de resultados é a forma como interpretamos os valores obtidos da qualidade de sinal, em que estes são guardados no cartão SD em ficheiro Excel, e através dos valores obtidos pelos módulos e pelos sensores do sistema, são criados gráficos ao longo do tempo que irão posteriormente ser analisados, de modo a verificar-se se existem condições ou não de se fazer a instalação de um órgão de corte de rede telecomandado na rede de média tensão.

Com este sistema também se pode realizar um *survey*, em que este verifica a qualidade de sinal de uma da operadora de comunicações num órgão telecomandado já instalado e que tenha apresentado falhas de comunicação. Através desta verificação no local do mesmo, poderá efetuar-se a troca de operadora com melhor sinal (NOS ou MEO), de modo a que seja eficiente nas suas ordens de comando do centro de condução.

5.1. Medição de qualidade de sinal GSM/GPRS

Esta medição foi efetuada no Alto São João, em Coimbra no exterior da sede da EDP Distribuição onde decorreu o estágio, de modo a executar testes ao funcionamento do sistema, bem como saber a qualidade de sinal das operadoras de comunicações NOS e MEO.

Com este estudo é possível uma verificação prévia da qualidade de sinal, de modo ao telecomando de média tensão ser eficiente quando no CC são executadas ordens para os OCR que serão posteriormente instalados.

Estes testes e resultados obtidos foram importantes no desenvolvimento do sistema, de modo a verificar os resultados obtidos, bem como a execução de melhorias no projeto no decorrer dessas experiências.

5.1.1. Rosto do Relatório de Qualidade de Sinal

Todos os ensaios realizados para medição de qualidade de sinal são registados num relatório, bem como posteriormente será efetuada uma análise gráfica para verificar a viabilidade de instalação do OCR nesse local. Neste relatório é colocado qual o apoio de MT em que irá ser instalado o sistema, o local de instalação, objetivos, operadoras de rede em análise e os períodos solicitados.


 distribuição	RELATÓRIO QUALIDADE SINAL GSM/GPRS Departamento: MNSE - CENTRO	Ensaio: <u>001 / 2015</u> Data: <u>31 - 07 - 2015</u>
	<i>A preencher pelo Departamento</i>	
1 - APOIO A INSTALAR O SISTEMA: Apoio xxxx		
2 - LOCAL DO OCR A INSTALAR / COORDENADAS GPS: Coimbra - Alto São João		
3 - OBJETIVOS:		
Ensaio <input checked="" type="checkbox"/> Survey <input type="checkbox"/> Registo N.º: 0001 / 2015 Realiza-se o ensaio nesse local, de modo a verificar a viável aplicação de um OCR para ser telecomandado. Acompanhante do ensaio Diogo Costa		
4 - Operadoras de Rede em análise: NOS MEO		
5 - PERÍODOS(S) SOLICITADO(S): Data <u>31 - 07 - 2015</u> Dia semana <u>Segunda</u> Início <u>17</u> h <u>00</u> m Data <u>07 - 08 - 2015</u> Dia semana <u>Sexta</u> Fim <u>20</u> h <u>35</u> m Entidade Executora (EDP/PSE): <u>EDP Distribuição, S.A.</u> () Responsável do Departamento: <u>Eng.º Rui Lourenço</u> () Endereço Electrónico <u>Colocar endereço eletrónico</u>		

Figura 5.1 – Folha de rosto do relatório de Qualidade de Sinal.

5.1.2. Folha de dados obtidos pelo sistema

Os dados obtidos pelo sistema são guardados num cartão sD, num formato que possibilita a exportação para excel, em que depois é criada uma esta folha excel, através dos dados obtidos irá efetuar os respetivos gráficos. Esta folha de dados (Figura 5.2) contém a coluna de data e hora, as operadoras móveis, as medidas de qualidade de sinal obtidas, a condição da medida efetuada, os valores de humidade relativa (em percentagem) e a temperatura (em graus). Todas estas medidas contém as suas respetivas unidades.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
#	Data/Hora	Operadora NOS	Medida	Unidade	Condição	Operadora MEO	Medida	Unidade	Condição	Humidade	Medida	Porcentagem	Temperatura	Medida	Graus
2	31.07.15 17:07:15	NOS	-75	dBm	OK	MEO	-81	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
3	31.07.15 17:12:15	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	33	%	Temperatura	29	°C
4	31.07.15 17:17:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	33	%	Temperatura	29	°C
5	31.07.15 17:22:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	33	%	Temperatura	29	°C
6	31.07.15 17:27:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	33	%	Temperatura	29	°C
7	31.07.15 17:32:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-83	dBm	INSTAVEL	Humidade	33	%	Temperatura	29	°C
8	31.07.15 17:37:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-81	dBm	OK	Humidade	33	%	Temperatura	29	°C
9	31.07.15 17:42:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-81	dBm	OK	Humidade	33	%	Temperatura	29	°C
10	31.07.15 17:47:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	33	%	Temperatura	29	°C
11	31.07.15 17:52:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-83	dBm	INSTAVEL	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
12	31.07.15 17:57:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
13	31.07.15 18:02:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
14	31.07.15 18:07:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
15	31.07.15 18:12:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
16	31.07.15 18:17:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
17	31.07.15 18:22:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
18	31.07.15 18:27:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
19	31.07.15 18:32:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
20	31.07.15 18:37:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
21	31.07.15 18:42:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
22	31.07.15 18:47:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
23	31.07.15 18:52:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
24	31.07.15 18:57:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
25	31.07.15 19:02:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
26	31.07.15 19:07:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
27	31.07.15 19:12:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
28	31.07.15 19:17:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
29	31.07.15 19:22:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
30	31.07.15 19:27:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C
31	31.07.15 19:32:14	NOS	-73	dBm	BOM	MEO	-79	dBm	OK	Humidade	34	%	Temperatura	28	°C

Figura 5.2 – Folha de dados do sistema de qualidade de sinal.

5.1.3. Folha de Gráficos

Nesta folha são visualizados os gráficos do sistema, em que estes são criados através dos dados contidos na folha de dados do respetivo relatório de qualidade de sinal. Os gráficos obtidos são o de qualidade de sinal GSM/GPRS que apresenta a qualidade do sinal das operadoras móveis NOS e MEO, o gráfico de humidade relativa no armário do sistema e o gráfico de temperatura. Estes informam os valores que foram obtidos no local, em que são efetuadas medidas de cinco em cinco minutos, para analisar se existe viabilidade de instalação do OCR, bem como qual a operadora de comunicações a utilizar no telecomando do respetivo dispositivo.

5.1.3.1. Gráfico de Qualidade de Sinal

Este gráfico apresenta a qualidade de sinal, em dBm, das operadoras de comunicações móveis NOS e MEO (Figura 5.3). Este permite, após análise gráfica decidir qual a operadora que de comunicações a utilizar no dispositivo telecomandado, bem como a sua viabilidade de instalação nesse local.

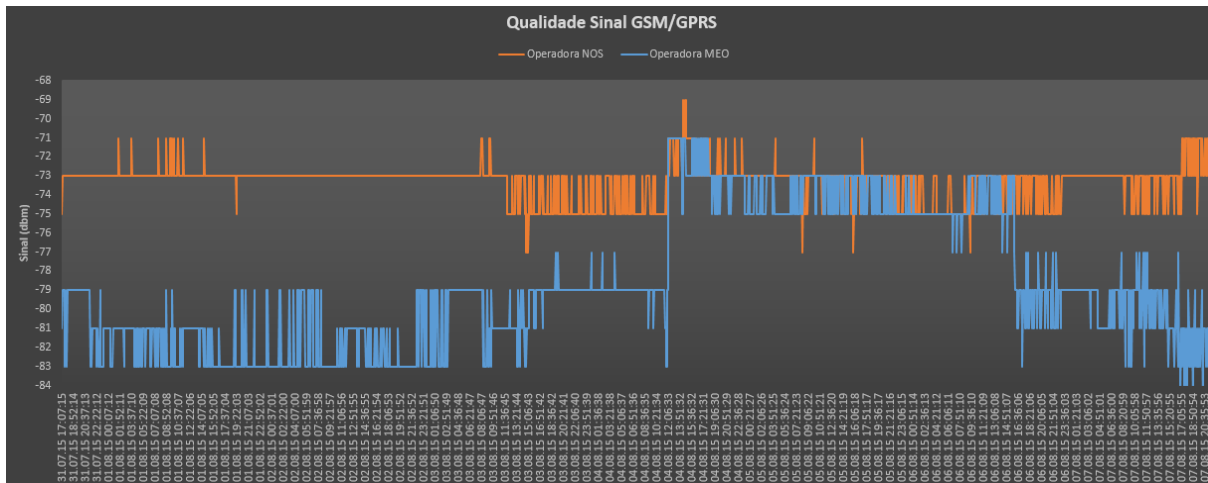


Figura 5.3 – Gráfico de Qualidade de Sinal GSM/GPRS.

Através da análise deste gráfico podemos observar que a operadora NOS apresenta melhor qualidade de sinal, entre os -69 e -77 dBm o que se pode viabilizar a instalação de um dispositivo de corte de rede com a comunicação do telecomando com a NOS, enquanto que o sinal da MEO apresenta oscilações grandes e períodos com o sinal com condição instável, o que não é fiável a utilização desta operadora neste local.

5.1.3.2. Gráfico de Humidade Relativa

Com este gráfico é apresentada a humidade relativa existente no armário do sistema, quando este está a efetuar medições de qualidade de sinal (Figura 5.4).

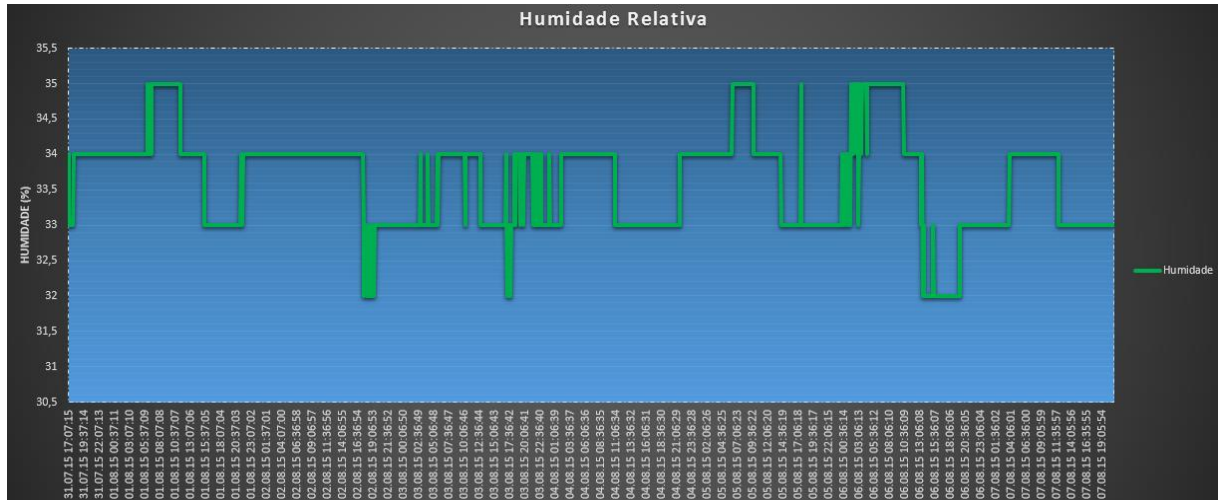


Figura 5.4 – Gráfico de Humidade Relativa.

5.1.3.3. Gráfico de Temperatura

Neste gráfico é apresentada a temperatura, em graus, do armário do sistema (Figura 5.5), em que este nos permite verificar a temperatura no local durante o período de medição de qualidade de sinal.

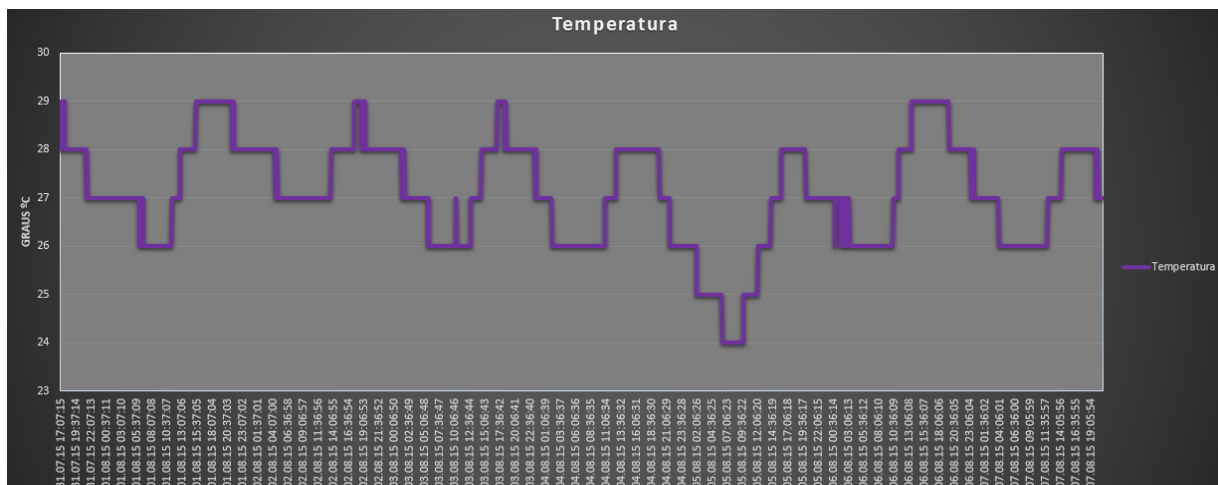


Figura 5.5 - Gráfico de temperatura.

Estes sensores foram instalados de modo a verificar-se uma correlação entre os valores de temperatura e humidade na atmosfera, em que estes poderiam ter influência na qualidade de sinal GSM/GPRS. Através dos resultados e ensaios executados, não se obteve nenhuma conclusão acerca da existência de uma relação entre as variáveis obtidas nos ensaios.

5.2. Realização de Survey para medição de qualidade de sinal

5.2.1. Rosto do Relatório de Qualidade de Sinal

A realização deste *survey* deve-se a se executar um novo ensaio no mesmo local, o que se pode verificar durante este período de teste, em que a qualidade de sinal das operadores se manteve, ou existiu alteração do mesmo, nos quais os resultados podem levar a uma mudança de operadora na operação de OCR. Apresenta-se a folha de rosto do *Survey* (Figura 5.6).


 edp distribuição	RELATÓRIO QUALIDADE SINAL GSM/GPRS Departamento: MNSE - CENTRO	Ensaio: <u>002</u> / <u>2015</u>
		Data: <u>18 - 08 - 2015</u>
<i>A preencher pelo Departamento</i>		
1 - APOIO A INSTALAR O SISTEMA: Apoio xxxx		
2 - LOCAL DO OCR / COORDENADAS GPS: Coimbra - Alto São João		
3 - OBJETIVOS:		
Ensaio <input type="checkbox"/> Survey <input checked="" type="checkbox"/> Registo N.º: <u>0002 / 2015</u> Realiza-se o survey nesse local, de modo a verificar a qualidade de sinal GSM/GPRS da operadora de comunicações, de modo a garantir a eficiência do telecomando da Rede de Média Tensão nesse local. Acompanhante do ensaio <u>Diogo Costa</u>		
4 - Operadoras de Rede em análise: NOS MEO		
5 - PERÍODOS(S) SOLICITADO(S)		
Data <u>18 - 08 - 2015</u> Dia semana <u>Terça</u> Início <u>15</u> h <u>14</u> m Data <u>24 - 08 - 2015</u> Dia semana <u>Segunda</u> Fim <u>16</u> h <u>45</u> m		
Entidade Executora (EDP/PSE): <u>EDP Distribuição, S.A.</u> ()		
Responsável do Departamento: <u>Eng.º Rui Lourenço</u> ()		
Endereço Electrónico <u>Colocar endereço eletrónico</u>		

Figura 5.6 – Folha de rosto do Survey.

5.2.2. Folha de dados obtidos pelo sistema

O processo de obter os dados no *survey* é igual ao do ensaio de medição de qualidade de sinal GSM/GPRS (ver secção 5.1.2).

5.2.3. Folha de Gráficos

Esta folha de gráficos apresentados na realização do *survey* é igual à da medição de qualidade de sinal (ver secção 5.1.3).

5.2.3.1. Gráfico de Qualidade de Sinal

Através da análise gráfica, esta permite decidir qual a operadora com melhor cobertura de comunicações a utilizar no dispositivo telecomandado, de modo a este ser eficiente nas operações de comando realizadas pelo CC.

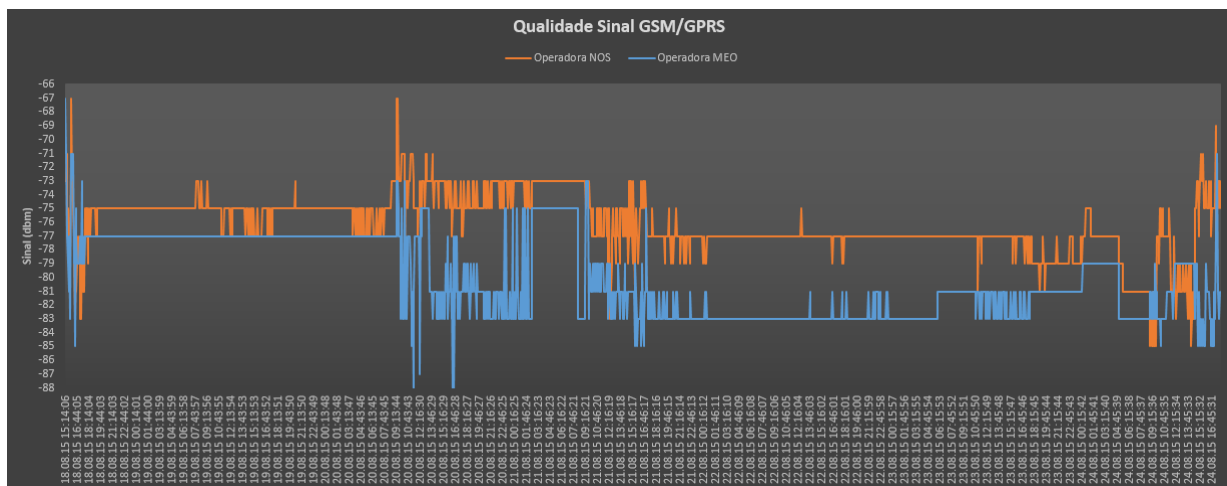


Figura 5.7 - Gráfico de Qualidade de Sinal GSM/GPRS.

Como podemos observar, a operadora NOS mantém melhor qualidade de sinal, embora neste período com mais oscilações. Também visualizamos claramente que a operadora da MEO tem períodos com sinal nitidamente com condição instável neste local. Com isto, a operadora de comunicações a utilizar seria a NOS, devido às conclusões obtidas pelos resultados do *survey*.

5.2.3.2. Gráfico de Humidade Relativa

Com este gráfico é apresentada a humidade relativa existente no armário do sistema, quando este está a efetuar medições de qualidade de sinal (Figura 5.8).

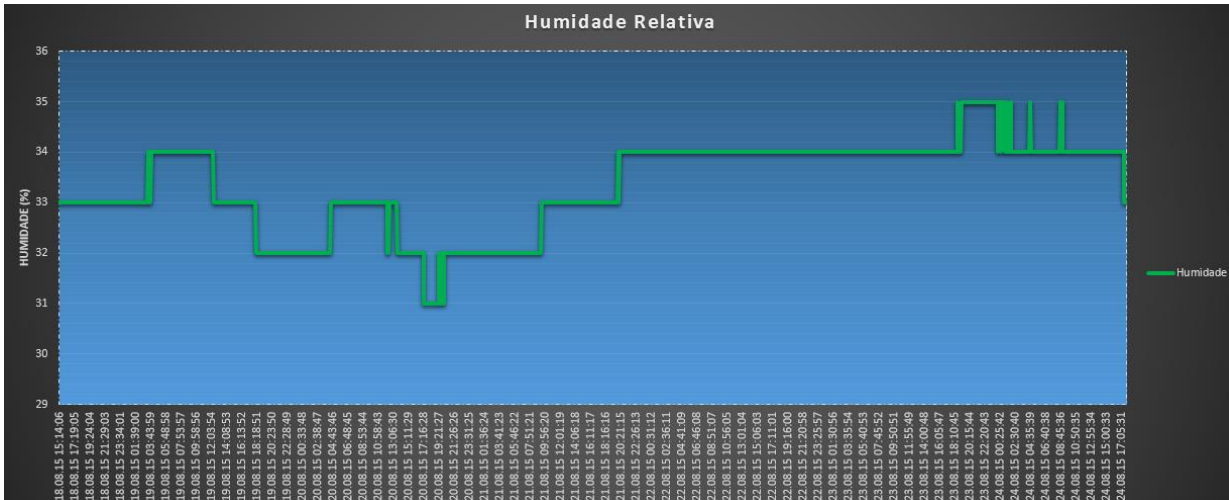


Figura 5.8 - Gráfico de Humidade Relativa

5.2.3.3. Gráfico de Temperatura

Neste gráfico é apresentada a temperatura, em graus, do armário do sistema (Figura 5.5), em que este nos permite verificar a temperatura no local durante o período de medição de qualidade de sinal.

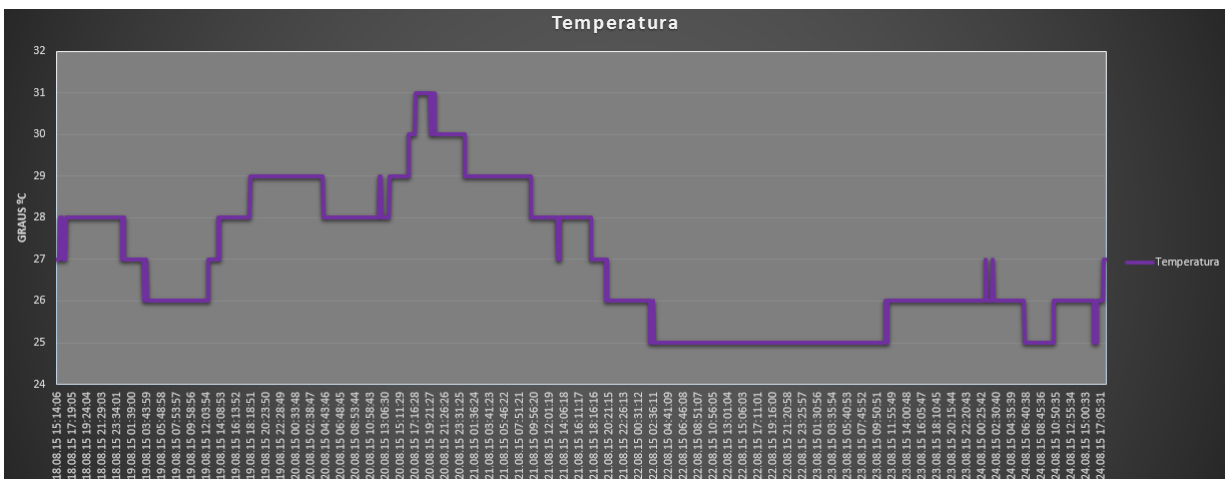


Figura 5.9 - Gráfico de temperatura

CAPÍTULO VI - ACOMPANHAMENTOS DE TRABALHOS NO TERRENO

6. Acompanhamento de trabalhos

Neste capítulo é descrito os trabalhos que o estagiário teve oportunidade de acompanhar durante a realização do estágio. As visitas realizadas nos trabalhos de campo foram:

1. Planeamento de alteração de posição de um TP 60/15 kV;
2. Comissionamento de painéis de linha MT da Subestação de Mangualde;
3. Comissionamento de um painel AT na Subestação do Alto São João;
4. Reparação de avaria de comunicação na SE de Seia;
5. Ação de Manutenção Preventiva e Sistemática.

Estes trabalhos foram importantes para consolidar conhecimentos, bem como práticas adquiridas de resolução de problemas durante as atividades desenvolvidas.

6.1. Planeamento de alteração de posição de um TP 60/15 kV

De modo a efetuar-se o planeamento de trabalhos para a alteração de posição de um TP's na subestação da Lousã, o qual a bacia de retenção de óleo do mesmo não estava bem localizada. Caso existisse um derrame, este iria sair da bacia de retenção de óleo, originando a contaminação do solo entre outros problemas ambientais (Figura 6.1).



Figura 6.1 – TP1 da Subestação da Lousã.

Como teve de se fazer a beneficiação o TP1 da subestação, a qual teve de ser realizada em fábrica, utilizou-se aquando a realização desses trabalhos um TP móvel (Figura 6.2), de modo a garantir a continuidade de serviço na rede elétrica.



Figura 6.2 - Transformador de Potência móvel da marca Siemens.

Para usufruir da presença do TP móvel, após a beneficiação, o TP1 foi colocado novamente em funcionamento na subestação e posteriormente, procedeu-se à alteração da posição do TP2. Aquando estavam a ser efetuados esses trabalhos o TP móvel estava a ser utilizado em substituição do TP2, garantindo a continuidade de serviço da linha, rentabilizando o seu funcionamento durante o período em que este na subestação.

Como ambos os TP tiveram de andar para trás, e de modo a manter a distância de segurança regulamentada para proteção de pessoas e bens, procedeu-se ao afastamento da rede limitadora do parque exterior da subestação, de forma a garantir as normas de segurança implementadas em subestações da EDP Distribuição.

6.2. Comissionamento de painéis de linha MT da Subestação de Mangualde

Neste trabalho o estagiário teve oportunidade de acompanhar a realização do comissionamento de dois painéis de linha MT na SE de Mangualde, que consistia no plano de MPS de modo a executar-se o ensaio e verificação se os parâmetros do IED correspondiam aos que estavam previamente definidos. Caso se verifique que existe uma anomalia no sistema, terá de se proceder à respetiva reparação.

Para executar o ensaio do IED, utilizou-se uma mala de ensaio OMICRON CMC 256-6 (Figura 6.3), a qual injeta valores secundários para testar o equipamento em caso de defeitos fase-fase e fase-terra.

As proteções de saída de uma linha MT têm a função de vigiar o funcionamento da linha correspondente, para a eventualidade de ocorrência de defeitos e, caso estes ocorram, eliminá-los de uma forma rápida e eficiente.



Figura 6.3 – Mala de ensaios OMICRON CMC 256-6.

Esta mala de ensaios contém relés de proteção avançada para verificar a condição de funcionamento dos sistemas de relé de proteção secundária. As aplicações incluem o desenvolvimento, tipo de teste, calibração do dispositivo.

As principais características de sistemas de teste de relé de proteção avançada Omicron CMC256-6 PE são:

- Conjunto de teste de 6 fases (precisão estendida)
- Resolução: 500 μ A
- Precisão de erro: <0,02%
- Alimentação DC auxiliar: 0-264V, 0,2A
- Max. 250VAC 10A ou 125VDC ou 1^a

A Unidade Terminal de Proteção e Controlo de Saídas testada foi a TPU S420 (Figura 6.4) que foi projetada como proteção e unidade terminal de supervisão e controlo em linhas MT, em redes elétricas em regime impedante e de neutro isolado.



Figura 6.4 – Painel Linha MT com Proteção EFACEC TPU S420.

A TPU S420 realiza um largo leque de funções de proteção e de automação. Com uma extensa gama de opções programáveis pelo utilizador, oferece grande precisão de regulação nas correntes, tensões, temporizações e nas características em opção. Todas as regulações das funções de proteção e de automação são independentes entre si, dispondo de quatro conjuntos de parametrizações para cada função.

A interface local da TPU S420 integra um visor gráfico onde é representado um sinóptico com o estado de todos os aparelhos assim como as medidas afetas ao painel. No painel frontal existem ainda diversas teclas funcionais que permitem uma mais fácil operação da proteção para as situações de exploração mais frequentes.

Como unidade terminal, a TPU S420 efetua medidas precisas de todas as grandezas de uma linha MT, e diversas funções de monitorização de defeitos, incluindo Oscilografia e Registo Cronológico de Eventos. Estas funções permitem-lhe integrar-se como Unidade Remota em Sistemas de Comando e Supervisão da EFACEC, oferecendo em simultâneo uma ligação a um PC.

De modo a fazer a verificação das sinalizações, medidas e comandos (enviados/recebidos) das cartas de sinalizações, através do *software Print RTU* (Figura 6.5), conecta-se o computador à carta da RTU através da comunicação serial, em que este vai permitir a visualização dos sinais enviados para o CC, de modo a verificar se estes correspondem aos que estão a ser ensaiados durante a realização da MPS.

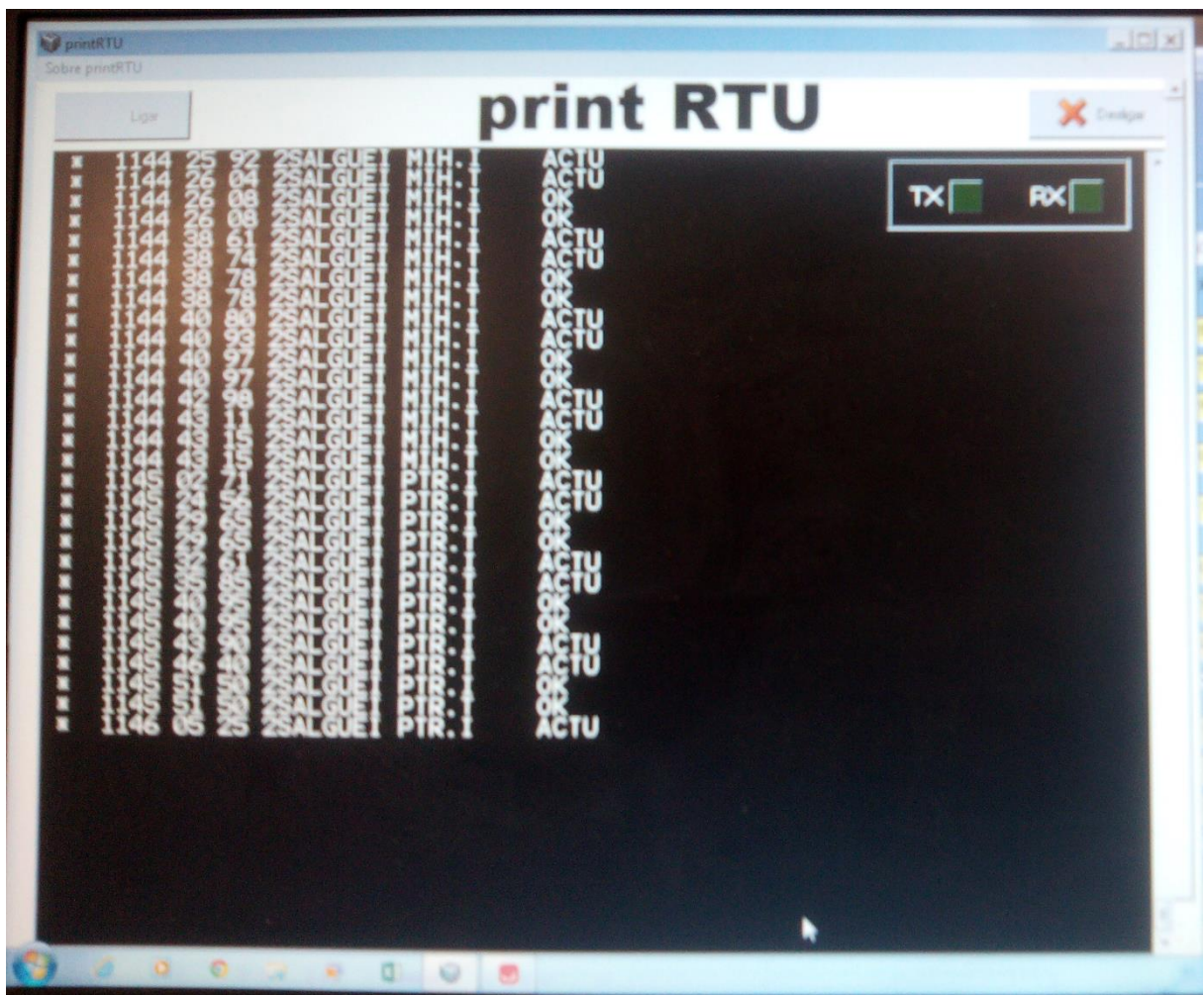


Figura 6.5 – Interface do Software *Print RTU*.

6.3. Comissionamento de um painel AT na Subestação do Alto São João

No dia 12 de julho do ano de 2015, foi efetuado um comissionamento no painel AT FRONHAS/TÁBUA na SE do Alto São João. Realizou-se o ensaio de modo a verificar o correto funcionamento da proteção Micom P545 da Alstom (Figura 6.6) uma vez que esta, enviava sinalizações de defeito na rede de comunicações que não correspondiam à realidade.

Deste modo, realizaram-se ensaios de sinalizações de modo a verificar se esta enviava as sinalizações corretas, nas quais teve-se de alterar a parametrização da respetiva proteção, assim como a sua lógica de funcionamento.



Figura 6.6 – Proteção Micom P545 da Alstom.

As sinalizações que estavam a ser enviadas para o despacho aquando da realização dos ensaios, visualizava-se através da plataforma SCADA da SE (Figura 6.7), de modo a verificar as respetivas instruções que estavam a ser ensaiadas.

Date	Time	Object Id	Object Test	Status	
15-06-12	10:26:55.456	ASJ CELA P505	DISJUNTOR	BLOQUEADO	
	10:26:55.456	ASJ CELA P505	DISJUNTOR	LIGADO	
	10:27:02.969	ASJ CELA P505	MODO FUNCION PAINEL	DISTANCIA	
	10:27:09.145	ASJ CELA P505	P545	FUNCAO RELIGACAO	EM SERVICO
	10:27:09.136	ASJ CELA P505	DISJUNTOR	SIGJ FEER LIGAR	NORMAL
	10:34:12.658	ASJ CELA P505		ESTADO PAINEL	ENSAIO
	10:37:34.251	ASJ CELA P505	DISJUNTOR	SIGJ FEER LIGAR	BLOQUEADO
	10:37:34.331	ASJ CELA P505	DISJUNTOR	SIGJ FEER LIGAR	NORMAL
	10:48:50.902	ASJ CELA P505		ESTADO PAINEL	NORMAL
	10:49:00.622	ASJ CELA P505		ESTADO PAINEL	ENSAIO
	10:55:33.054	ASJ SERV.AUX		SWITCH AT1	FALSA
	10:55:39.003	ASJ CELA P505	P545	COMUNICACAO SIGJ DIST	FALSA
	10:56:05.395	ASJ SERV.AUX		SWITCH AT1	NORMAL
	10:56:15.891	ASJ CELA P505	P545	COMUNICACAO SIGJ DIST	NORMAL
	10:56:16.512	ASJ CELA P505	P545	PROTECCAO DISTANCIA	NORMAL
	10:56:16.512	ASJ CELA P505	P545	PROT DISTANCIA ZONA 1	NORMAL

Figura 6.7 – Lista de Eventos da Subestação.

6.4. Reparação de avaria de comunicação na SE de Seia

No dia 22 de setembro de 2015 a equipa de manutenção das comunicações foi levada a intervir na subestação de Seia de modo a reparar uma avaria de comunicação da SE de Seia para a Central do Sabugal. Nesta reparação, o estagiário teve oportunidade de acompanhar a resolução de problemas de comunicação entre as subestações, bem como o aprofundar de conhecimentos nesta área.

Neste trabalho começamos por verificar se o modem estava a comunicar com a central do Sabugal (Figura 6.8), de modo a efetuar uma resolução deste problema.



Figura 6.8 – Modem de comunicação na SE de Seia.

Após se verificar que a avaria não estava no modem, em que este apresentava estar a comunicar, verificou-se o cabo de comunicação RS232. Com isto, colocou-se um adaptador (Figura 6.9) que contém uns LED's (TX e RX) de modo a visualizar se existe comunicação no canal.



Figura 6.9 – Adaptador para visualização de comunicação.

Após a verificação do canal, verificou-se que o modem estava a comunicar, mas não estava a receber informação, de modo a que a equipa que estava no Sabugal verificou que o modem de central estava danificado e procedeu à substituição do mesmo.

Perante esta situação, voltamos a ligar o canal de comunicação diretamente ao modem da SE de Seia (Figura 6.10), e aguardamos que a equipa que estava no Sabugal voltasse a restabelecer a comunicação com a resolução da avaria, de modo a podermos verificar a comunicação entre os mesmos.



Figura 6.10 – Ligação do canal de comunicação RS232.

6.5. Ação de Manutenção Preventiva e Sistemática

De modo a reduzir o número de avarias, bem como manter o bom funcionamento dos dispositivos na rede elétrica, no dia 17 de julho de 2015 o estagiário teve oportunidade de acompanhar a equipa de manutenção do TCMT, a efetuar uma ação de manutenção preventiva num posto de transformação em São Martinho do Bispo, que consistia em verificar o estado da URR do respetivo PT (Figura 6.11), de modo a esta continuar a ter um funcionamento correto.

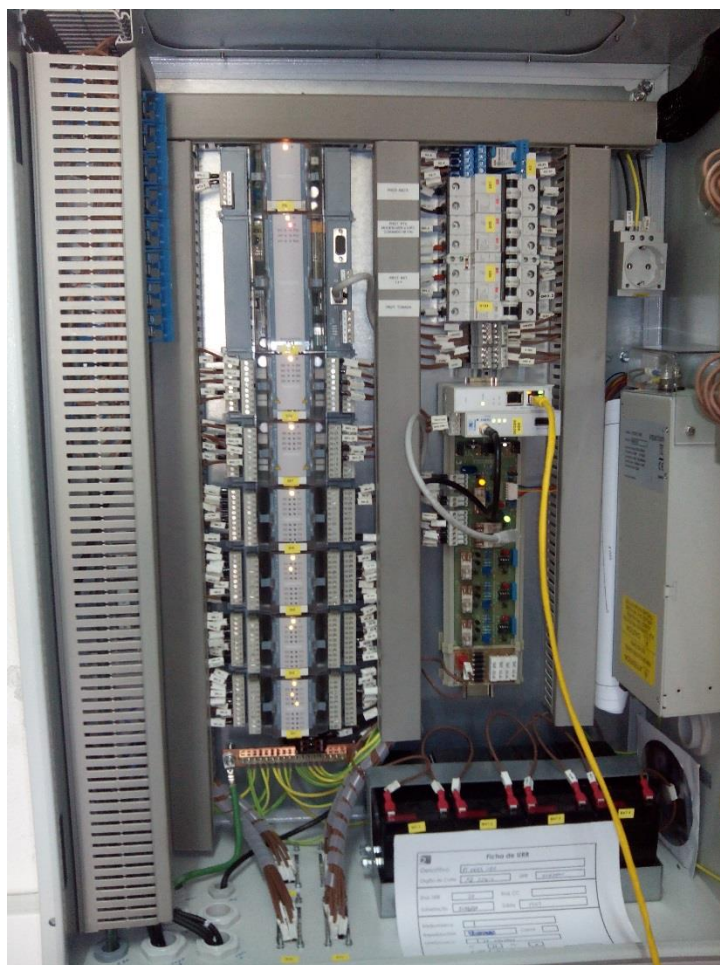


Figura 6.11 – URR do PT de São Martinho do Bispo.

Nesta ação efetuou-se a atualização do firmware do modem de comunicação com o centro de condução, pois já existia uma versão mais recente e alterou-se a posição da antena GPRS que se encontrava dentro do armário, e colocamos fora do mesmo de modo a não existir falhas de comunicação.

CAPÍTULO VII - CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

7. Conclusões

O desenvolvimento deste sistema de monitorização de qualidade de sinal GSM/GPRS veio ao encontro de uma necessidade existente na empresa, o que atualmente irá certamente ser uma mais valia para a instalação de dispositivos de corte de rede em pontos estratégicos da rede de média tensão.

Este vai antever condições para instalação de Órgãos de Corte de Rede (OCR) com tecnologia GSM/GPRS, pois têm um papel fundamental na operação da Rede Nacional de Distribuição (RND). Estes permitem que sejam realizadas manobras de reconfiguração de uma forma remota, o que se traduz numa grande vantagem, deixando de ser necessário a deslocação da equipa técnica ao local onde se encontra instalado o OCR.

Com a implementação deste sistema, os novos OCR a serem instalados irão ser mais fiáveis na comunicação, pois com este estudo prévio verifica-se condições da instalação dos OCR, de modo a obter uma eficiência alta no telecomando da rede de média tensão.

Também será essencial na substituição de OCR com comunicação rádio VHF para GSM/GPRS, em que no local onde se encontra o OCR, é essencial verificar a existência de bom sinal GSM/GPRS, para se efetuar a respetiva substituição do dispositivo.

Com estas medidas e estudos prévios com este sistema, o telecomando de rede de média tensão irá ser mais eficiente, o que provem que novos dispositivos irão ser instalados de forma consciente em diversos pontos do país, de modo a obter um melhor controlo do centro de condução, maior qualidade e continuidade de serviço em toda a rede de média tensão.

Com este sistema, também se podem efetuar estudos de qualidade de sinal em diversas zonas do país, de modo a efetuar-se a mudança de contadores convencionais para inteligentes (com tecnologia GSM/GPRS), na medida de efetuar uma monitorização dos consumos dos clientes, bem como uma melhoria tecnológicas na rede nacional de distribuição.

7.1. Trabalhos Futuros

Propõe-se como trabalhos futuros a instalação de mais um *shield* GSM/GPRS para a análise da operadora de rede *Vodafone*, de modo a verificar a qualidade de sinal dessa operadora nos locais de instalação ou substituição de dispositivos de corte de rede, em que se existisse melhor sinal optava-se por essa operadora.

Colocação de mais sensores no sistema, os quais fossem benéficos para a realização da respetiva análise de qualidade de sinal e a instalação de uma estação meteorológica de modo a observar a variação da qualidade de sinal de acordo com as condições atmosféricas durante o período de medição, pois quando é mais necessário a utilização dos órgãos de corte de rede é quando se têm condições atmosféricas instáveis.

A aquisição de dados em uma base de dados, de modo a que o sistema no local de medição enviava os valores para a base de dados, e a partir desta eram efetuados os gráficos e a respetiva análise do responsável para a viabilidade de instalação do órgão de corte, em que com este processo não era necessário ir ao local buscar o cartão SD, mas sim levar o sistema para outro local para efetuar outro estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Introdução ao Arduino MEGA 2560. Obtido em 13 de agosto de 2015, de <http://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>

Guia Técnico de Planeamento de Redes de Distribuição", ed: EDP Distribuição, Novembro 2010.

"Definição de critérios de instalação, Operação e Condução TCMT", vol. QST 2010 Sub-Projeto 7.2.1, ed: EDP Distribuição, Dezembro 2008.

"Instalações de Telecomunicações. Telecomando de rede MT. Armário de Comando de OCR" , vol: DMA-C98-420/N , ed: EDP Distribuição, Setembro 2009.

"Instalações de Telecomunicações. Telecomando da rede de MT. Armário de Comando de OCR Tipo 2 com protocolo de comunicações IEC 60870-5-104 (OCR2 - 104)", vol. DMAC98-421/N , ed: EDP Distribuição, Janeiro 2011.

Unidade remota de rede para telecomando de aparelhagem de média tensão de redes subterrânea e mistas, vol. DMA-C98-404/N, ed: EDP Distribuição, Janeiro 2007.

Plano de Desenvolvimento e Investimento da Rede de Distribuição. PDIRD 2015-2019", ed: EDP Distribuição, Junho 2014.

Relatório da Qualidade de Serviço 2013, ed: EDP Distribuição, Maio 2014.

Tecnologias 2G e 2,5G: TDMA, CDMA, GSM, GPRS e EDGE. Obtido em 29 de julho de 2015, de <http://www.infowester.com/2g.php>

Evolução QS da rede de distribuição MT em Portugal continental e próximos desafios. Obtido em 29 de agosto de 2015, de www.ordemengenheiros.pt/.../conferencia_ordemengenheiros_14maio2012_v3.pdf

Tecnologia GPRS. Obtido em 29 de julho de 2015, de http://www.gta.ufrrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/ricardo/3.html

GPRS, EDGE, HSDPA e HSUPA: Entendendo as tecnologias. Obtido em 29 de julho de 2015, de <http://www.hardware.com.br/dicas/gprs-edge.html>

História da EDP. Obtido em 11 de agosto de 2015, de <https://web.fe.up.pt/~ee00189/edp.html>

Órgão de corte do tipo 1 - OCR1, vol. DMA-C64-152/N, ed: EDP Distribuição, Maio 2007.

Órgão de corte do tipo 2 - OCR2, vol. DMA-C64-154/N, ed: EDP Distribuição, Maio 2007.

Órgão de corte de rede do tipo 3 - OCR3, VOL. DMA-C64-157/N, ed: EDP Distribuição, Setembro 2014.

Telecomando da rede de MT. Funções de automatismo. Especificação funcional, vol. DEF-C98-410/N, ed: EDP Distribuição, Setembro 2009.

Arduino. (2015). Obtido em 15 de setembro de 2015, de Arduino: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>

Arduino GSM Shield. Obtido em 17 de agosto de 2015, de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoGSMShield>

Sensor de Temperatura e Humidade (DHT11). Obtido em 17 de agosto de 2015, de <http://moodle.davptsoft.com/mod/forum/discuss.php?d=10>

Bateria Yuasa NP24-12. Obtido em 25 de agosto de 2015, de http://www.yuasabatteries.com/np_industrial.php

SD Módulo (SKU: DFR0071). Obtido em 2 de setembro de 2015, de [http://www.dfrobot.com/wiki/index.php?title=SD_Module_\(SKU:_DFR0071\)](http://www.dfrobot.com/wiki/index.php?title=SD_Module_(SKU:_DFR0071))

Rent the Omicron CMC256-6 EP Advanced Protection Relay Test Systems from TechRentals. Obtido em 2 de setembro de 2015, de <http://www.ferret.com.au/c/techrentals/rent-the-omicron-cmc256-6-ep-advanced-protection-relay-test-systems-from-techrentals-n909965>

EDP. (2013). Obtido em 12 de Setembro de 2015, de <http://www.edp.pt/pt/aedp/edpNoMundo/Pages/EDPMundo.aspx>

GSM modem Cinterion MC35i T. Obtido em 15 de setembro de 2015, de http://www.asutp-k.ru/bp_oborud/stranici_sprava/freim_verx_niz_GSM/typy_GSM/gsm_modemy/gsm_modemy.htm

Diagrama de pinos do arduino mega 2560. Obtido em 15 de setembro de 2015, de <https://arduino-info.wikispaces.com/MegaQuickRef>

ANEXOS

ANEXO A – Comandos utilizados (AT+CSQ)

Para se efetuarem medidas de qualidade de sinal GSM/GPRS, é necessário executar o comando AT+CSQ para se obter a resposta da parte do arduino GSM *Shield*. Estas medidas têm parâmetros, os quais são apresentados neste anexo (Figura A.0.1).

AT+CSQ Signal Quality Report															
Test Command AT+CSQ=?	Response +CSQ: (list of supported <rss>),(list of supported <ber>) OK														
Execution Command	Response +CSQ: <rss>,<ber>														
	<p>OK</p> <p>If error is related to ME functionality: +CME ERROR: <err></p> <p>Execution Command returns received signal strength indication <rss> and channel bit error rate <ber> from the ME. Test Command returns values supported by the TA.</p> <p>Parameters</p> <p><rss></p> <table> <tr> <td>0</td> <td>-115 dBm or less</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>-111 dBm</td> </tr> <tr> <td>2...30</td> <td>-110... -54 dBm</td> </tr> <tr> <td>31</td> <td>-52 dBm or greater</td> </tr> <tr> <td>99</td> <td>not known or not detectable</td> </tr> </table> <p><ber> (in percent):</p> <table> <tr> <td>0...7</td> <td>As RXQUAL values in the table in GSM 05.08 [20] subclause 7.2.4</td> </tr> <tr> <td>99</td> <td>Not known or not detectable</td> </tr> </table>	0	-115 dBm or less	1	-111 dBm	2...30	-110... -54 dBm	31	-52 dBm or greater	99	not known or not detectable	0...7	As RXQUAL values in the table in GSM 05.08 [20] subclause 7.2.4	99	Not known or not detectable
0	-115 dBm or less														
1	-111 dBm														
2...30	-110... -54 dBm														
31	-52 dBm or greater														
99	not known or not detectable														
0...7	As RXQUAL values in the table in GSM 05.08 [20] subclause 7.2.4														
99	Not known or not detectable														
Reference GSM 07.07 [13]	Note														

Figura A.0.1 – Comando AT+CSQ e respetivos parâmetros.

ANEXO B – Diagrama de Pinos do Arduino Mega 2560

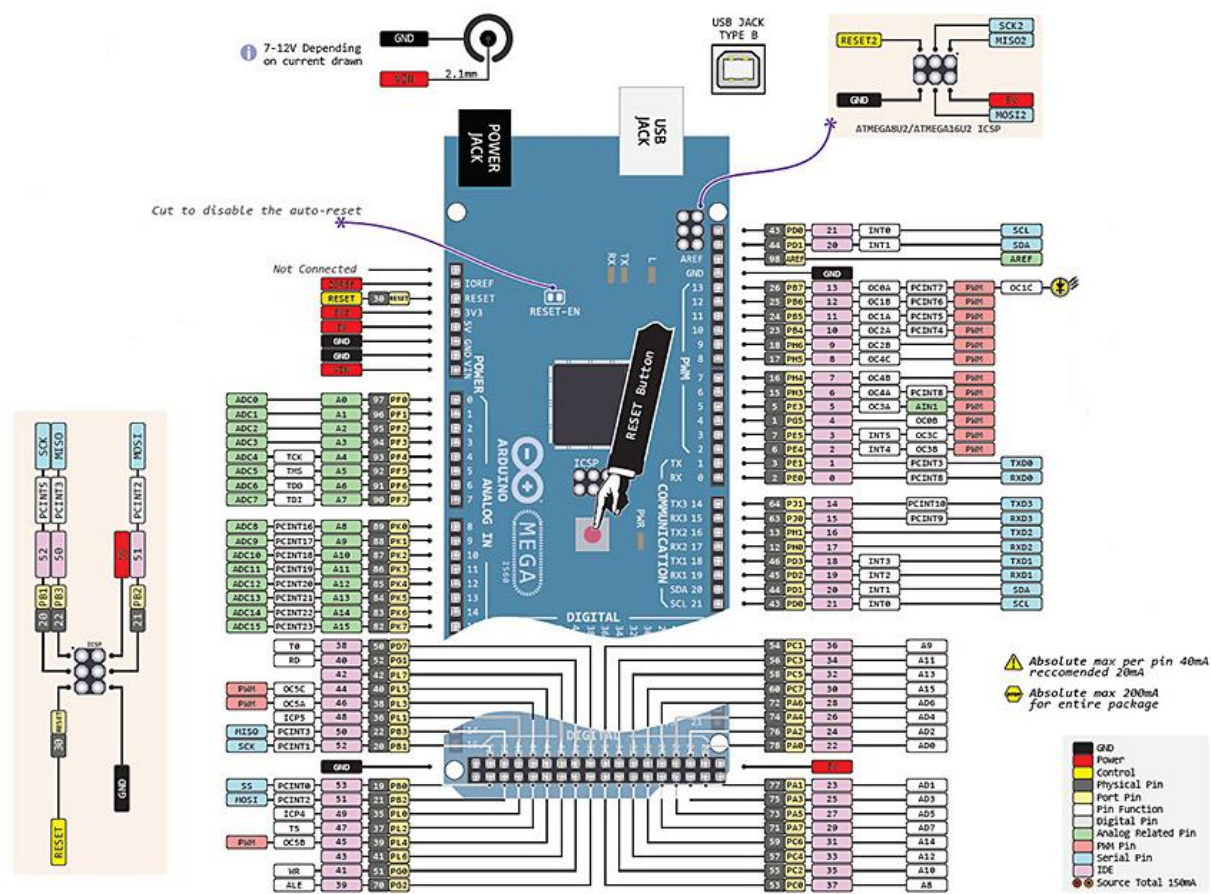


Figura B.0.2 – Diagrama de pinos do arduino mega 2560