



Relatório de Estágio

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica

Projeto de Linhas de Média Tensão

Desenvolvimento de Modelos de Cálculo com a Instalação de Órgãos em
Linhas Aéreas

Renato André da Conceição Camponês

Leiria, setembro de 2017



Relatório de Estágio

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica

Projeto de Linhas de Média Tensão

Desenvolvimento de Modelos de Cálculo com a Instalação de Órgãos em
Linhas Aéreas

Renato André da Conceição Camponês

Relatório de Estágio do Mestrado realizado sob orientação do Doutor Pedro José Franco Marques, Professor Adjunto da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, supervisão do Engenheiro Henrique Paulo Gueifão, Gestor de Área, e da Engenheira Maria João Rodrigues Botelho, ambos do departamento de Estudo de Redes de Leiria da EDP Distribuição – Energia S.A.

Leiria, setembro de 2017

AGRADECIMENTOS

- À **Eng^a Maria João Botelho**, pelo papel fundamental que desempenhou na orientação deste estágio, pela disponibilidade e partilha de conhecimentos, os quais sempre transmitidos de forma clara. De agradecer ainda a amizade e empenho pessoal, fatores que facilitaram a minha integração.
- Ao **Eng.º Henrique Paulo Gueifão**, chefe do departamento de Estudo de Redes BT/MT, por ter tornado possível o facto de o estágio se ter realizado nesta instituição e ainda pela amizade e disponibilidade constantemente demonstradas.
- Ao orientador da escola, **Doutor Pedro Marques**, pelo acompanhamento, disponibilidade e ajuda prestada ao longo do estágio, a qual se revelou muito importante. De agradecer ainda o interesse e constante amizade, não só no período de tempo em que ocorreu este estágio, mas também ao longo destes cinco anos de formação académica na ESTG.
- Ao **Sr. Eduardo Henriques**, pelos bons momentos passados na sua companhia, pelos conhecimentos transmitidos, não só no âmbito profissional como também a um nível mais pessoal, nomeadamente, “ensinamentos de vida”.
- Agradeço também a toda equipa do Estudo de Redes (**Eng.º Mário Ferreira, Manuel Gomes, Vítor Lopes, João Vindeirinho, Carlos Mendes, Eng^a Ana Rita Gonçalves, Eng.º João Pedro Faria, Paulo Fonseca, Rui Carolino e Pedro Bernardes**) que, direta ou indiretamente, contribuíram para o meu crescimento, colocando constantemente a sua disponibilidade ao meu dispor.

- Ao meu colega, **Rafael Damásio**, também ele a realizar estágio na mesma empresa, embora num departamento diferente, pelo companheirismo, amizade e partilha de experiências. De agradecer ainda o apoio e momentos partilhados ao longo destes cinco anos de percurso académico lado a lado.
- Por último, mas nunca menos importante, à minha **família** e em especial à minha **namorada**, suportes fundamentais no meu percurso, não só académico, mas também de vida. Sem dúvida que sem eles não poderia ter chegado até aqui nem teria alcançado aquilo que alcancei. Por isto e por muito mais, muito obrigado.

RESUMO

O presente relatório encontra o seu fundamento no estágio realizado na EDP Distribuição (polo de Leiria), no departamento de Estudo de Redes MT/BT da Direção de Redes e Clientes Tejo, durante um período de nove meses. Este estágio concretizou-se no âmbito do mestrado em Engenharia Eletrotécnica no Instituto Politécnico de Leiria.

Desta forma, este documento procura, em traços gerais, representar o trabalho desenvolvido bem como apresentar as principais matérias abordadas. Por este motivo, áreas como o estudo e conceção de projetos de Média Tensão (MT) terão natural destaque neste relatório. De reiterar ainda o desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo de equipamentos nas linhas aéreas MT.

Relativamente à repartição das matérias procurou-se a inclusão de todos os elementos considerados necessários para a compreensão de como elaborar um projeto.

Palavras-Chave: Média Tensão, Estudo de Redes MT/BT.

ABSTRACT

The following report is based of an internship conducted at EDP Distribuição (Leiria's branch), in the MT/BT Network Studies department of Direção de Redes e Clientes Tejo, throughout a nine month period. This internship was carried out within the Electrotechnic Engineering master's degree, at Instituto Politécnico de Leiria.

This document intends to present all the work developed as well as the approached key subjects. Based on this reason, this report will naturally focus the study, draft and design of Medium Tension (MT) projects, amongst other topics. It's also worth adding the development of an equipment calculation tool in the MT aerial lines.

Finally, regarding the subject's breakdown, all the elements worth noting, responsible for the understanding of the project drafting, were included.

Keywords: Medium Voltage, MT/BT Network Studies department.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	iii
Abstract	v
Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas.....	xiii
Siglas, Abreviaturas e Estrangeirismos	xv
Lista de Símbolos	xix
1. Introdução	1
2. Enquadramento.....	3
2.1. Grupo EDP	3
2.2. EDP Distribuição.....	3
2.2.1. Direção de Redes e Clientes Tejo	5
2.2.2. Departamento de Estudo de Redes	6
2.2.3. Área Operacional Caldas da Rainha	8
3. Objetivos e Plano do Estágio	9
3.1. Plano de Trabalho.....	9
3.2. Início do Estágio.....	10
3.3. Integração na Área de Projeto	10
3.4. Ferramentas de Apoio	12
3.4.1. SIT/DM.....	12
3.4.2. Distribution Planning.....	14
3.4.3. SAP.....	14

3.4.4.	Sistema de Gestão Documental	15
3.4.5.	Folhas de Cálculo.....	16
4.	Desenvolvimento de Competências	17
4.1.	Cálculo Mecânico de Linhas	17
4.2.	RSLEAT.....	18
4.3.	Estados Atmosféricos.....	18
4.4.	Forças que Atuam no Condutor	20
4.4.1.	Ação do Vento Sobre os Condutores	21
4.4.2.	Coeficientes de Sobrecarga.....	23
4.5.	Constituição das Linhas Aéreas – Materiais	24
4.5.1.	Condutores / Cabos de Guarda	24
4.5.1.1.	Regulação Mecânica.....	26
4.5.1.2.	Fenómenos Vibratórios	29
4.5.1.3.	Distâncias Regulamentares.....	32
4.5.2.	Isoladores	33
4.5.3.	Cálculo Mecânico dos Apoios.....	37
4.5.3.1.	Ações a considerar.....	38
4.5.3.2.	Hipóteses de Cálculo.....	40
4.5.3.3.	Equações de Cálculo	44
4.5.4.	Armações.....	50
4.5.4.1.	Tipos de Armações.....	50
4.5.4.2.	Verificação da Distância entre Condutores	55
4.5.5.	Fundações	59
4.6.	Coeficiente de Redução de Esforços.....	60
5.	Conceção do Projeto.....	63
5.1.	Peças a Integrar no Projeto.....	63
5.2.	Sequência de Trabalho	64
5.3.	Elaboração do Projeto em DM	66

5.4.	Plano de Obras (PO 2017).....	66
5.5.	Anti-Regulamentaridades.....	67
5.5.1.	Caso Real	70
6.	Desenvolvimento da Ferramenta.....	73
6.1.	Dispositivos Utilizados na Rede MT	73
6.2.	Ferramenta Desenvolvida.....	77
7.	Atividades Complementares	81
8.	Conclusões	85
	Referências	87
	Anexos.....	89
	Anexo A	91
	Anexo B	101
	Anexo C	113

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 - Estrutura da EDP Distribuição.	4
Figura 2-2 - Mapa Geográfico DRCT.	5
Figura 2-3 – Estrutura da DRCT.	6
Figura 2-4 - Mapa Geográfico da ACR.	8
Figura 3-1 - Desenvolvimento Manual de Projeto MT.	11
Figura 3-2 - Ambiente Gráfico SIT/DM.	12
Figura 3-3 - Perfil Longitudinal de uma Linha em DM.	13
Figura 3-4 - Ambiente Gráfico DPLAN.	14
Figura 3-5 - Ambiente Gráfico SAP.	15
Figura 3-6 - Ambiente Gráfico Lotus Notes.	15
Figura 3-7 - Folhas de Cálculo de Esforços nos Apoios.	16
Figura 4-1 - Forças Atuantes no Condutor.	20
Figura 4-2 - Vão em Patamar.	28
Figura 4-3 - Vão em Declive.	28
Figura 4-4 - Amortecedor de Stockbridge.	30
Figura 4-5 - Tipos de Isoladores.	34
Figura 4-6 - Cadeia de Suspensão [7].	35
Figura 4-7 - Cadeia de Amarração [7].	35
Figura 4-8 - Isolador Rígido [7].	35
Figura 4-9 - Suspensão Simples c/ Haste (Sh) [7].	36
Figura 4-10 - Amarração Simples c/ Haste (Ah) [7].	36
Figura 4-11 - Apoio de Betão.	37
Figura 4-12 - Apoio Metálico.	37
Figura 4-13 - Ação do Vento sobre os Apoios.	39
Figura 4-14 - Apoio de Alinhamento.	45
Figura 4-15 - Apoio de Ângulo.	45
Figura 4-16 - Apoio de Derivação.	47
Figura 4-17 - Apoio de Fim de Linha.	49

Figura 4-18 - Esquema GAN.	52
Figura 4-19 - Esquema HRF.	53
Figura 4-20 - Esquema TAN.....	54
Figura 4-21 - Esquema VAN.	55
Figura 4-22 - Distância entre Condutores GAN.....	56
Figura 4-23 - Distância entre Condutores HRF.....	57
Figura 4-24 - Distância entre Condutores TAN.	57
Figura 4-25 - Distância entre Condutores VAN.....	58
Figura 4-26 - Distância entre Condutores.	58
Figura 4-27 - Coeficiente de Redução de Esforços.....	60
Figura 5-1 - Fases de Elaboração do Projeto.....	65
Figura 5-2 - Limites Regulamentares segundo o RSLEAT.....	68
Figura 5-3 - Níveis de Criticidade.....	69
Figura 5-4 - Proximidade da Linha à Construção.	70
Figura 5-5 - Perfil Longitudinal.	71
Figura 5-6 - Pormenor da Planta de Localização.	72
Figura 6-1 – OCR 1.....	75
Figura 6-2 – OCR 3.....	76
Figura 6-3 - Folha Cálculo dos Esforços num Apoio.....	77
Figura 6-4 – Equipamentos.	78
Figura 6-5 - Modelo OCR Desenvolvido em AutoCad.....	79
Figura 7-1 - Equipa TET.	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 3-1 - Cronograma do Estágio.	10
Tabela 4-1 - Estados Atmosféricos [6].	19
Tabela 4-2 - Pressão Dinâmica do Vento.	21
Tabela 4-3 - Coeficiente de Redução.	22
Tabela 4-4 - Coeficiente de Forma.	22
Tabela 4-5 - Características Mecânicas dos Condutores.	25
Tabela 4-6 - Características Mecânicas Aster 55.	26
Tabela 4-7 - Valor Máximo de "EDS".	31
Tabela 4-8 - Distâncias Recomendadas a Obstáculos.	32
Tabela 4-9 - Armações Normalizadas para Postes de Betão de MT [8].	51
Tabela 4-10 - Distância Mínima Entre Condutores.	59
Tabela 4-11 - Coeficiente de Redução de Forças.	61
Tabela 5-1 - Entidades a Consultar na Elaboração de Projeto [8].	66

SIGLAS, ABREVIATURAS E ESTRANGEIRISMOS

A

ANA	ANA Aeroportos de Portugal
AO	Área Operacional
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AT	Alta Tensão

B

BT	Baixa Tensão
----	--------------

C

CCDR	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional
CEI	Comissão Eletrotécnica Internacional
CM	Câmara Municipal

D

DM	<i>Design Manager</i>
DMN	Direção de Manutenção
DPLAN	<i>Distribution Planning</i>
DRC	Direção de Redes e Clientes
DRCT	Direção de Redes e Clientes Tejo
DST	Descarregador de Sobretensão

E

EDP	Energias de Portugal
EDPD	Energias de Portugal - Distribuição
EDS	<i>Every Day Stress</i>
EE	Energia Elétrica
EP	Estradas de Portugal

F

FAP	Força Aérea Portuguesa
-----	------------------------

I

IC	Itinerário Complementar
InfP	Infraestruturas de Portugal
IP	Iluminação Pública
IPr	Itinerário Principal

L

LAMT	Linha Aérea de Média Tensão
LMT	Linha de Média Tensão
LSMT	Linha Subterrânea de Média Tensão

O

OCR	Órgão de Corte de Rede
-----	------------------------

M

MA	Ministério da Agricultura
MT	Média Tensão

P

PFE	Pedido de Fornecimento de Energia
-----	-----------------------------------

PPM	<i>Project Portfolio Management</i>
PSS	Planos de Saúde e Segurança
PT	Posto de Transformação
PTC	Posto de Transformação de Cliente
PTDEE	Produção Transporte e Distribuição de Energia Elétrica

R

RAN	Reserva Agrícola Nacional
RCTER	Rede e Clientes Tejo – Estudos de Rede
REN	Redes Energéticas Nacionais
RSLEAT	Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de Alta Tensão

S

SEE	Sistema de Energia Elétrica
SGD	Sistema de Gestão Documental
SIT	Sistema de Informação Técnica

T

TET	Trabalhos em Tensão
TT	Transformador de Tensão

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Designação	Unidade
a	Coefficiente de Redução	-
b	Braço da Armação	m
c	Coefficiente de Forma	-
d	Diâmetro	mm
E	Módulo de Elasticidade	kgf/mm ²
f_a	Força do Vento na Armação	daN
f_i	Força do Vento nos Isoladores	daN
F_R	Força Resultante	daN
f_v	Força do Vento	daN
F_{vj}	Força exercida pelo Vento no Vão j	daN
F_x	Esforços Totais no sentido da linha principal ou no sentido da bissetriz do ângulo da linha principal (eixo x)	daN
F_y	Esforços Totais no sentido normal à linha principal ou na bissetriz do ângulo da linha principal (eixo y)	daN
kr	Coefficiente de Redução de Forças	-
L	Comprimento de Vão	m
L_{cr}	Vão Crítico	m
L_{max}	Vão Máximo	m
m	Coefficiente de Sobrecarga	-

p	Catenária	-
p_c	Peso do Condutor	kgf/mm
p_g	Peso Manga de Gelo	kgf/mm
q	Pressão Dinâmica do Vento	Pa
$R_{1(x)}$	Força exercida pelo Vento em x	daN
$R_{1(y)}$	Força exercida pelo Vento em y	daN
$R_{2(x)}$	Força exercida pelos Condutores em x	daN
$R_{2(y)}$	Força exercida pelos Condutores em y	daN
s	Secção	mm ²
T	Força de Tração	daN
t_m	Tensão Mecânica	daN/mm ²
t_{max}	Tensão Máxima do Condutor	daN/mm ²
T_{max}	Momento de Torção	daN
T_r	Tensão de Rotura	daN/mm ²
T_x	Força de Tração em x nos Condutores	daN
T_y	Força de Tração em y nos Condutores	daN
$t_{(15)}$	Tração do Condutor à Temperatura de 15°C	daN
U	Tensão	kV
v	Velocidade do Vento	m/s
θ	Temperatura	°C
α	Coefficiente de Dilatação Linear Térmica	/ °C
β	Ângulo de Desvio	grd

1. INTRODUÇÃO

Em primeiro lugar, de modo a contextualizar o âmbito do presente relatório, reveste especial importância distinguir os diferentes elementos que compõem aquilo que se designa por Sistema de Energia Elétrica (SEE). Neste sentido, individualizam-se quatro etapas, nomeadamente, Produção, Transporte, Distribuição e, por último, pode ainda referir-se a etapa da entrega ao consumidor final.

No seguimento do que foi acima indicado, há que realçar a etapa da distribuição de Energia Elétrica (EE) uma vez que foi nesse âmbito que se desenvolveu este estágio. Assim, neste contexto, cabe proceder às seguintes considerações – a rede de distribuição pode subdividir-se em Média Tensão (MT) e Baixa Tensão (BT), sendo que o estágio incidiu maioritariamente sobre a MT. Neste nível de tensão, no território nacional, coexistem várias tensões de serviço, 10, 15 e 30 kV, com alguns casos pontuais de 6 kV, mas que tendem a desaparecer.

Relativamente aos motivos que contribuíram para que surgisse interesse nesta área e empresa, podem apontar-se dois fatores determinantes - possibilidade de integração numa empresa de renome e contacto com a realidade prática na área de distribuição de energia elétrica, designadamente, o projeto de linhas MT.

Assim, os objetivos do estágio propriamente dito foram a aquisição de competências e conhecimentos aprofundados ao nível do projeto de linhas aéreas MT, valências que, numa fase posterior, pudessem vir a ser aplicadas na concretização de projetos. Outro objetivo foi o desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo de um conjunto de equipamentos e acessórios instalados nas Linhas Aéreas de Média Tensão (LAMT). De modo a tornar fácil o entendimento e leitura deste documento, procedeu-se a uma organização estrutural do relatório, repartindo o mesmo em vários capítulos principais, dos quais se distinguem os seguintes – Enquadramento, Objetivos e Plano do Estágio, Desenvolvimento de Competências, Conceção do Projeto, Desenvolvimento da Ferramenta e Atividades Complementares. Esta estrutura repartida foi pensada para que, em primeira instância, fossem apresentados os elementos teóricos essenciais de modo a que, numa fase posterior, conhecidos esses elementos, se prosseguisse para a aplicação prática dos mesmos no âmbito do projeto.

2. ENQUADRAMENTO

Este capítulo procura enquadrar o âmbito do estágio. Para isso, proceder-se-á inicialmente a uma análise da estrutura da empresa.

2.1. GRUPO EDP

O grupo Energias de Portugal (EDP) é um dos maiores operadores europeus do setor da energia, constituindo-se, por esse motivo, como um dos maiores operadores energéticos da Península Ibérica e o maior grupo industrial português.

Neste momento, trata-se de uma empresa que opera na produção, distribuição e comercialização de energia elétrica tanto em Portugal como em Espanha. Para além do setor elétrico, a EDP atua igualmente no setor do gás.

2.2. EDP DISTRIBUIÇÃO

A EDP Distribuição (EDPD), local onde foi desenvolvido este estágio, é a empresa do grupo EDP que opera em Portugal na atividade de distribuição de eletricidade, no território de Portugal Continental, sendo titular da concessão para a exploração da Rede Nacional de Distribuição de energia elétrica em MT e Alta Tensão (AT) e ainda das concessões municipais de distribuição de energia elétrica em BT.

As principais atividades da empresa são: ligações à rede elétrica, assistência técnica à rede e a clientes, apoio na escolha de soluções energéticas eficientes e leitura de contadores [1].

Segundo o modelo organizativo de 2017 [2], a estrutura da EDP Distribuição é representada pela Figura 2-1. Através da observação da figura, pode apurar-se que o modelo da empresa se resume a quatro áreas: Áreas de Apoio à Gestão, Áreas Comerciais, Áreas Técnicas de Suporte e Áreas Operacionais (AO's).

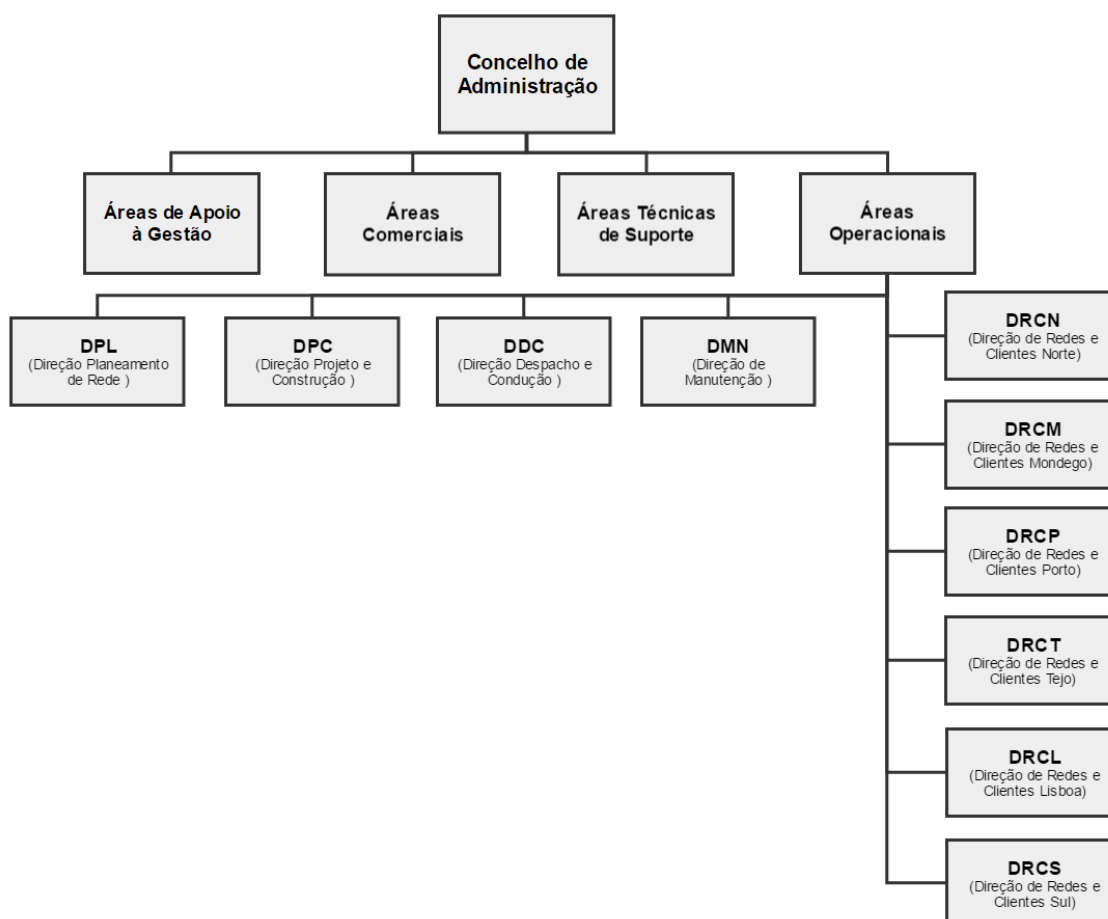


Figura 2-1 - Estrutura da EDP Distribuição.

Atendendo ao modelo estrutural acima representado, as Áreas Operacionais dividem-se em quatro subestruturas e seis Direções de Redes e Clientes (DRC) na qual se inclui a Direção de Redes e Clientes Tejo (DRCT), local onde foi realizado este estágio.

2.2.1. DIREÇÃO DE REDES E CLIENTES TEJO

A Direção de Redes e Clientes Tejo é uma das seis direções de rede e clientes da EDP Distribuição, que garantem a cobertura de todo o país (Portugal Continental). Quanto à sua área de atuação, ilustrada na figura que se segue (Figura 2-2), a mesma cobre os distritos de Leiria, Portalegre, Santarém e parte do de Lisboa (57 concelhos).

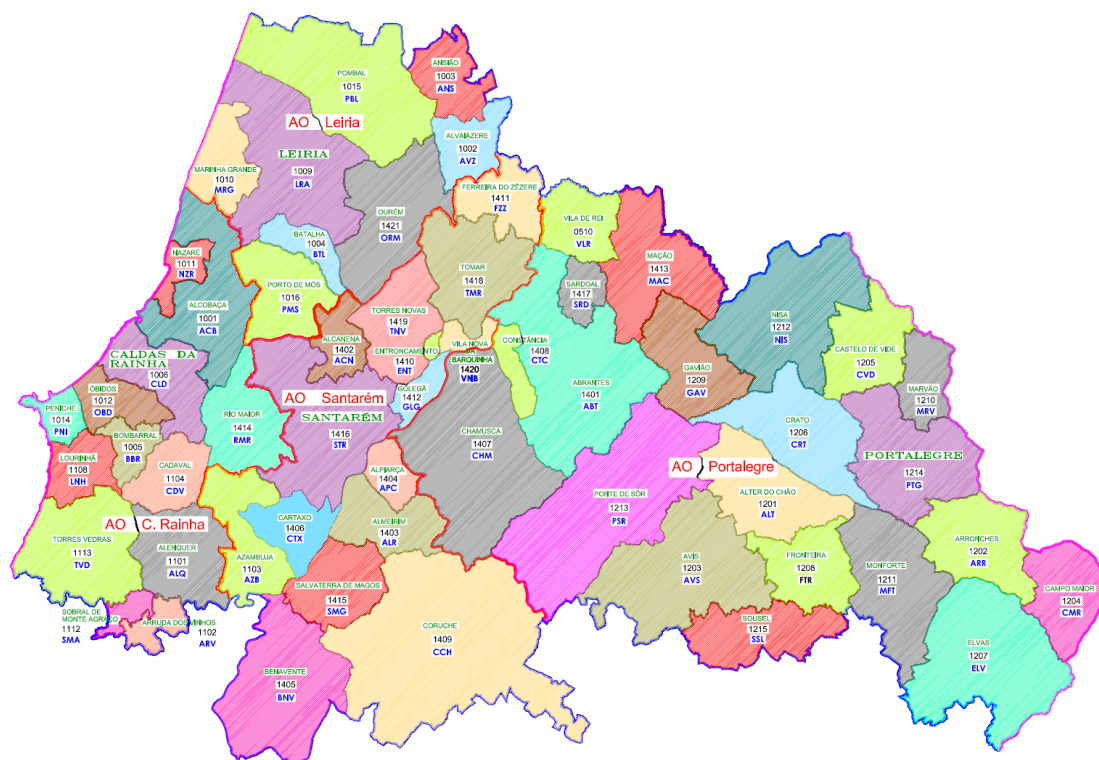


Figura 2-2 - Mapa Geográfico DRCT.

Entre as principais atividades da DRCT podem apontar-se as seguintes: concretização de obras para municípios no âmbito de contrato de concessão; manutenção de IP (Iluminação Pública); ligação de clientes de MT e BT; ligação de microprodutores e produtores em regime especial; assistência às redes de baixa, média e alta tensão, bem como a clientes; manutenção das redes de BT e Postos de Transformação (PT); projetos e obras de construção, de remodelação e de ampliação de redes de MT, BT, IP e PT's.

Esta direção pode ainda ser subdividida em quatro áreas operacionais, nomeadamente, as AO de Leiria, Caldas da Rainha, Portalegre e Santarém.

Deste modo, a estrutura departamental da DRCT é composta pelos departamentos de Assistência comercial, Estudo de Redes MT/BT, Áreas Operacionais e os grupos de atividades (Gabinetes de Relações com o Exterior, Apoio à Gestão e Prevenção e Segurança), conforme se pode observar pela figura que se segue (Figura 2-3).

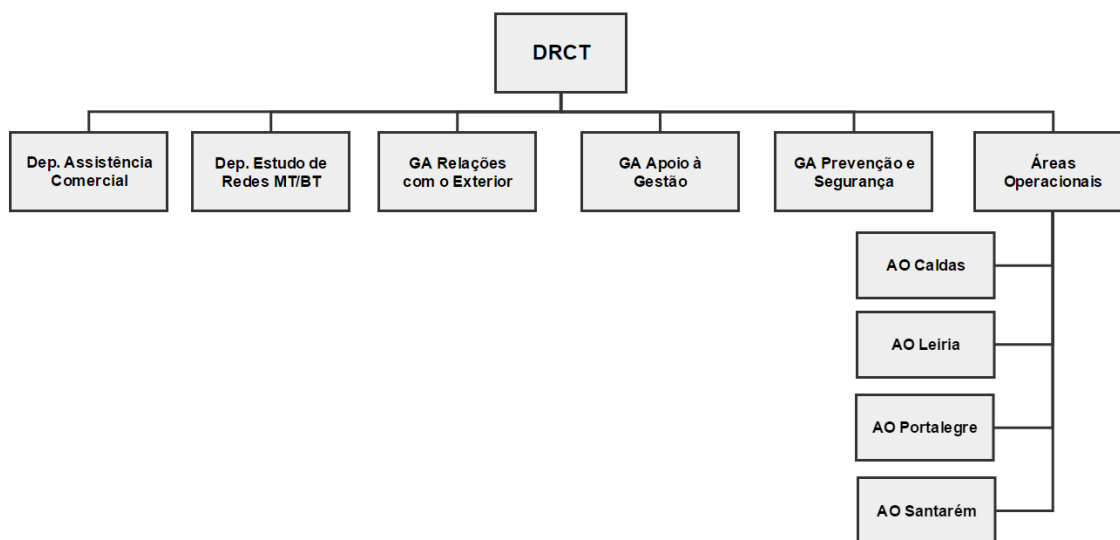


Figura 2-3 – Estrutura da DRCT.

2.2.2. DEPARTAMENTO DE ESTUDO DE REDES

O departamento de Estudo de Redes BT/MT (RCTER) é um dos departamentos da DRCT, e tem sob sua responsabilidade a concretização de um conjunto de tarefas. Entre as competências que lhe cabem, destacam-se duas grandes áreas: o planeamento e o projeto.

Relativamente à área do estudo (planeamento) podem enumerar-se as seguintes tarefas [3]:

- Estudos e emissão de pareceres de viabilidades de fornecimento de energia elétrica (loteamentos/urbanizações e Pedidos de Fornecimento de Energia (PFE)), com informações para as AOs;
- Estudo e emissão de pareceres de viabilidades de fornecimento de energia elétrica em MT e emissão de parecer e apreciações de projetos;
- Apresentação de estudos técnico-económicos MT/BT, com propostas para o plano de obras;
- Estudo de reclamações e apresentação de propostas de intervenções MT/BT;

- Definição das condições de alimentação a pedidos MT e valorização de orçamentos de ramais MT em SAP;
- Preparação do Plano de Obras (análise e apresentação de propostas com estudos técnico-económicos; elaboração da carteira de obras: trabalho de cronograma; atualização de informação em SAP e *Project Portfolio Management* (PPM));
- Definição das condições de alimentação a pedidos de loteamentos e empreendimentos.

Por outro lado, na vertente de projeto, de salientar as seguintes tarefas [3]:

- Gestão de projetos, orçamento de novas linhas e remodelações de rede;
- Estudo, análise no terreno, projeto e orçamento de ramais;
- Análise de projetos de infraestruturas de loteamentos/urbanizações;
- Estudos e orçamentação prévia das obras de infraestruturas de modificações de MT, para informação a solicitações dos requerentes ou internas;
- Entrega e controlo de trabalhos de topografia a prestadores de serviços;
- Verificação das condições legais aplicáveis incluindo regulamentação dos Planos de Saúde e Segurança (PSS);
- Preparação dos licenciamentos de instalações elétricas de serviço público;
- Resolução das reclamações do âmbito do departamento e recolha das informações necessárias para comunicação ao gestor de contactos;
- Levantamento de prejuízos causados a terceiros, aquando da construção de infraestruturas elétricas;
- Contactos com proprietários ou entidades oficiais para cedência de terrenos, espaços para a construção de PTs;
- Identificação dos proprietários, cujos terrenos serão atravessados por linhas de MT, pedidos de autorização e recolha de eventuais condicionamentos.
- Atualização da base de dados SIT/DM;
- Atribuição e numeração do cadastro dos PTs.

Todo este estágio foi desenvolvido neste departamento, com principal incidência nas atividades de projeto.

2.2.3. ÁREA OPERACIONAL CALDAS DA RAINHA

O departamento de estudo de redes tem sob sua responsabilidade a área de estudos e a área de projeto. Para além disso, encontra-se dividido em dois polos: Leiria e Santarém. O polo de Leiria abrange a área geográfica das AO's de Leiria e Caldas da Rainha (ACR) e o polo de Santarém abrange as AO's de Santarém e Portalegre.

Sendo assim, apesar de este estágio ter sido realizado nas instalações de Leiria, todas as obras que foram acompanhadas decorreram em áreas abrangidas pela AO de Caldas da Rainha (Figura 2-4), essencialmente nos concelhos mais a Sul da mesma, os quais sob responsabilidade da Eng^a Maria João Botelho.

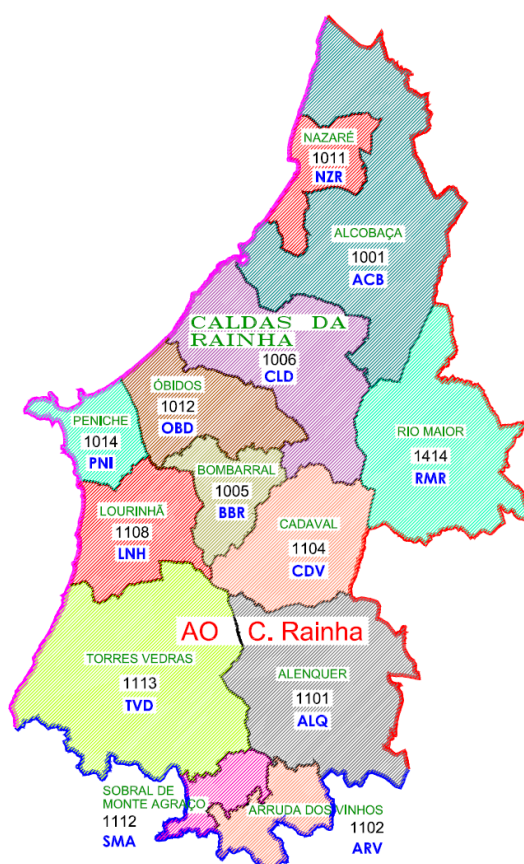


Figura 2-4 - Mapa Geográfico da ACR.

3. OBJETIVOS E PLANO DO ESTÁGIO

O presente estágio teve como principais objetivos a aquisição e consolidação de conhecimentos na área do planeamento e projeto de redes de distribuição em MT. Para além disso, procurou-se um aprofundamento de conhecimentos relativos à legislação e regulamentação de redes elétricas e o domínio de ferramentas essenciais usadas nas diferentes atividades do departamento de estudo de redes, nomeadamente SIT/DM. Consequentemente, reunidas as valências apreendidas, o objetivo passou pela concretização das mesmas no âmbito do projeto de linhas MT.

Por fim, foi desenvolvido um modelo de cálculo mecânico de equipamentos nas LAMT de modo a tornar o cálculo de esforços nos apoios mais fidedigno.

3.1. PLANO DE TRABALHO

Para a realização do mesmo, foi inicialmente elaborado o cronograma que se segue (Tabela 3-1), o qual procurou delimitar cronologicamente as tarefas que se pretendiam concretizar. Assim, as mesmas foram:

1. Estado da Arte do Projeto de Linhas MT;
2. Cálculo Mecânico das Linhas Aéreas de MT;
3. Condicionantes das Várias Fases do Projeto;
4. Conceção do Projeto;
5. Desenvolvimento do Modelo de Cálculo de Equipamentos nas LAMT;
6. Escrever o Relatório.

Tabela 3-1 - Cronograma do Estágio.

ATIVIDADES	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior
1. Estado da Arte do Projeto de Linhas De MT	X	X						
2. Cálculo Mecânico das Linhas Aéreas de Média Tensão (LAMT)		X	X	X				
3. Condicionantes das Várias Fases do Projeto			X	X				
4. Conceção do Projeto				X	X	X		
5. Desenvolvimento do Modelo de Cálculo de Equipamento nas LAMT					X	X	X	
6. Escrever o Relatório							X	X

3.2. INÍCIO DO ESTÁGIO

O estágio teve início a 3 de outubro de 2016 e o ponto de partida foi a apresentação a todos os colaboradores do departamento e restantes colegas do polo de Leiria. Seguiu-se a atribuição de um posto de trabalho e apresentação do plano de integração, delineando o plano do estágio.

Já sob orientação da Eng^a Maria João Botelho, iniciou-se o estudo da legislação e cálculo manual de várias componentes necessárias para o projeto de MT.

3.3. INTEGRAÇÃO NA ÁREA DE PROJETO

Uma vez definido o plano de trabalho a desenvolver ao longo do estágio, prosseguiu-se com o enquadramento das atividades a realizar que consistiram na partilha / auxílio do volume de trabalho nos concelhos sob responsabilidade da Eng^a Maria João Botelho, nomeadamente, Alenquer, Arruda dos Vinhos, Cadaval, Lourinhã, Sobral de Monte Agraço, Torres Vedras, assim como realização de obras noutros concelhos da mesma AO, mais concretamente, Alcobaça, Caldas da Rainha, Peniche e Rio Maior.

Após o estudo e análise dos regulamentos a ter em conta, foi também necessário relembrar e assimilar determinados conceitos relacionados com o cálculo mecânico de linhas, sem os quais não seria possível avançar para o projeto de LAMT.

Deste modo, a primeira fase de estágio foi destinada ao estudo e análise do Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de Alta Tensão (RSLEAT) e ainda aos seguintes cálculos manuais:

- Apoios de MT (Alinhamento, Ângulo, Fim-de Linha, Derivação, Reforço, etc);
- Coeficientes (Redução de Forças, de Forma, etc);

- Equação de mudança de estados, aproximação parabólica da catenária;
- Flechas, parâmetro da catenária (p), Vão Crítico (L_{cr}), Vão Máximo ($L_{máx}$);
- Tensões mecânicas máximas admissíveis, tensões de EDS;
- Distâncias de garantia entre condutores;
- Verificação de estabilidade das armações;
- Dimensionamento das fundações, para vários tipos de terreno.

Para além do cálculo mecânico manual, seguiu-se a conceção em “estirador” dos vários projetos, desde o dimensionamento dos apoios, à distribuição dos mesmos e representação das catenárias, através do uso das cérceas por tipo de condutor e tração, tal como se poderá observar pela figura que se segue (Figura 3-1).

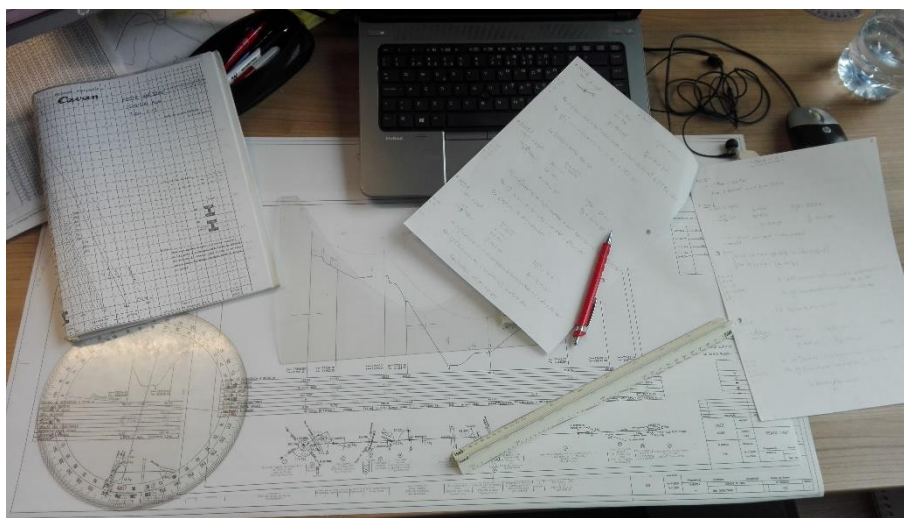


Figura 3-1 - Desenvolvimento Manual de Projeto MT.

Adquiridos os conhecimentos essenciais, iniciou-se a elaboração e análise de pequenos projetos, sempre com o acompanhamento e supervisão da orientadora na área de projeto e, progressivamente, foram-se resolvendo questões de maior complexidade, as quais contribuíram para um crescente grau de autonomia.

3.4. FERRAMENTAS DE APOIO

Associadas às diferentes competências do departamento existem várias ferramentas e *softwares*, cujas funções passam por facilitar a execução, controlo e registo de atividades da empresa.

Assim, durante o estágio, foi necessária a aprendizagem e utilização de diferentes sistemas. De seguida, procura-se explorar sucintamente cada um desses programas.

3.4.1. SIT/DM

Este *software* trata-se de um sistema de informação geográfico aplicado à área operacional da eletricidade e cujo ambiente gráfico é ilustrado na figura que se segue (Figura 3-2).

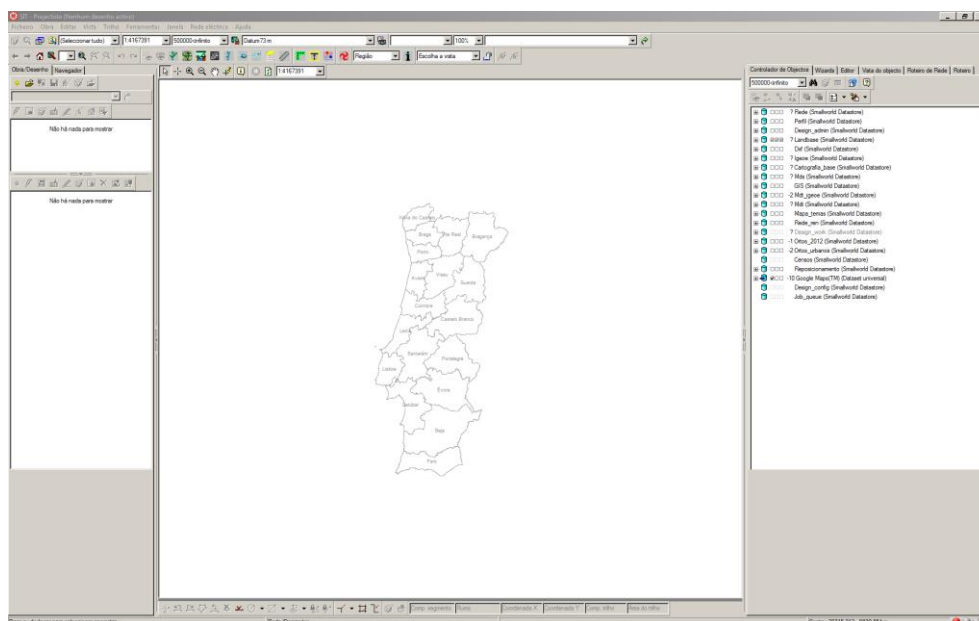


Figura 3-2 - Ambiente Gráfico SIT/DM.

Em relação ao Design Manager (DM), esta é uma ferramenta para gestão e coordenação de projetos na esfera da rede elétrica de distribuição. Este permite a partilha de informação entre diferentes áreas e departamentos e a coordenação de diferentes intervenções através da sua capacidade de caracterização e localização espacial sobre base cartográfica.

Nesta ferramenta, estão concentradas as várias etapas para o desenvolvimento de um projeto: conceção, projeto, execução e atualização da base de dados de cadastro. Para além disso, a mesma permite uma atualização constante das obras planeadas, as que se estão a executar, a ligar e aquelas que interferem umas com as outras.

Assim que uma alteração à rede existente entre em exploração, é atualizado o cadastro na base de dados do Sistema de Informação Técnica (SIT) e essa mesma atualização passa a estar disponível. Esta aplicação armazena uma grande quantidade de informação correspondente a todo o cadastro georreferenciado da rede de distribuição nacional, levantamento cartográfico e topográfico de Portugal Continental, cartas militares e ortofotos [4].

Importa ainda referir que esta ferramenta permite a criação/caracterização de *layout's* indispensáveis à impressão das peças desenhadas de suporte à conceção e constituição do projeto, nomeadamente, o perfil de uma linha (Figura 3-3), plantas parcelares e a determinação das flechas de montagem.

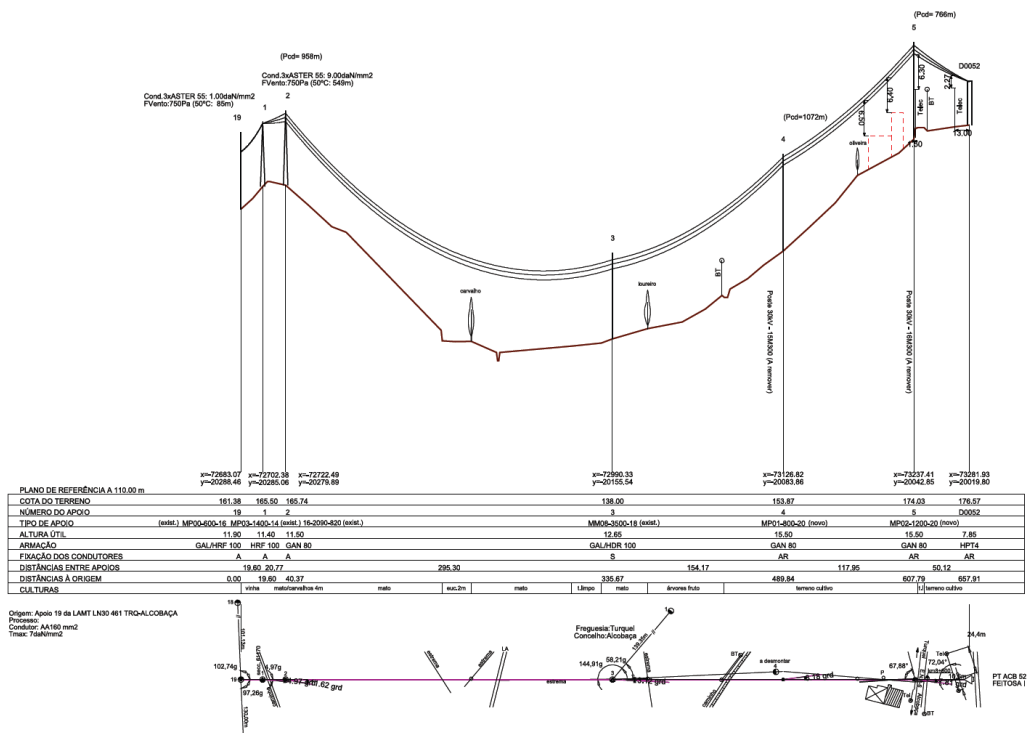


Figura 3-3 - Perfil Longitudinal de uma Linha em DM.

Deste modo, tendo em vista o projeto de Linhas de Média Tensão (LMT), tornou-se obrigatório o uso deste *software*. Ao longo deste estágio foram desenvolvidos vários projetos, em diferentes âmbitos, que serão abordados no capítulo “5 Conceção do Projeto”.

3.4.2. DISTRIBUTION PLANNING

Outra aplicação muitíssimo importante no departamento, mais concretamente, na área de planeamento, é o *Distribution Planning (DPLAN)*. Tal como o DM, este *software* (Figura 3-4) também possui cadastro da rede de distribuição, tendo, no entanto, as suas valências mais orientadas para a operacionalidade das mesmas e para a avaliação das suas condições de exploração, como quedas de tensão, intensidades de corrente, pontas máximas, entre outras. Ou seja, permite encontrar soluções ótimas para problemas de planeamento da rede.

É através desta ferramenta que, após a rede ser carregada, são elaborados os estudos.

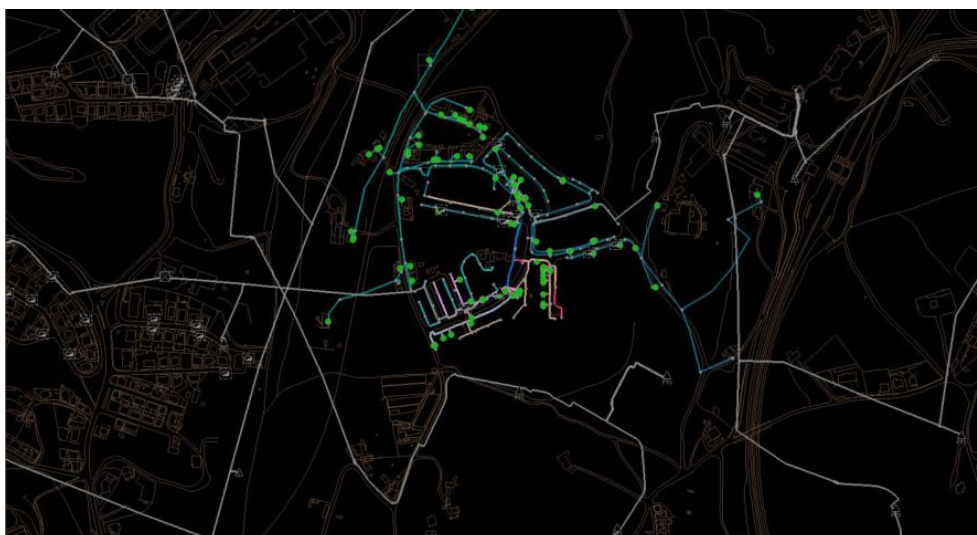


Figura 3-4 - Ambiente Gráfico *DPLAN*.

3.4.3. SAP

Outro sistema muito utilizado, este em todo o grupo EDP Distribuição, é o SAP (Figura 3-5). O mesmo permite a gestão de obras, de *stocks*, de frota, de recursos humanos, etc.

Na esfera do departamento do estudo de redes, a grande utilidade desta ferramenta prende-se com a criação de orçamentos para as obras projetadas.

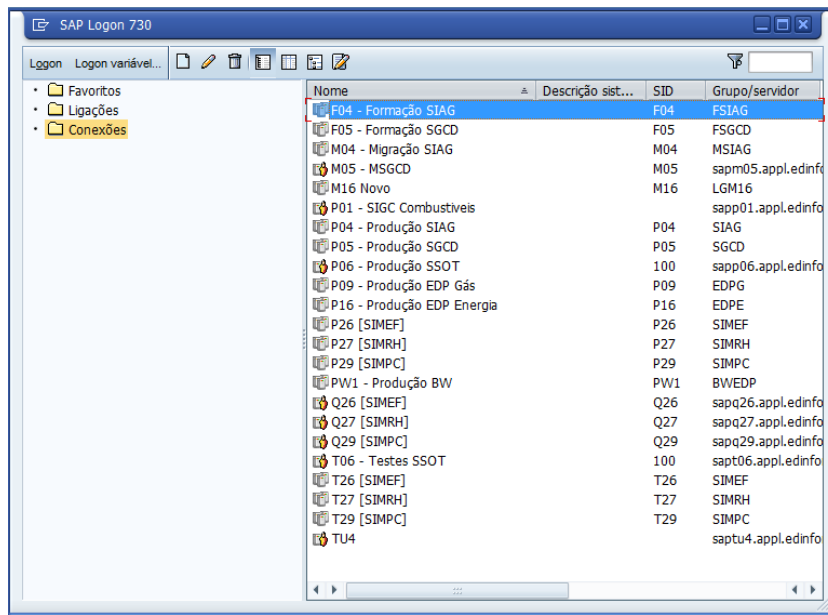


Figura 3-5 - Ambiente Gráfico SAP.

3.4.4. SISTEMA DE GESTÃO DOCUMENTAL

O Sistema de Gestão Documental (SGD) é uma aplicação desenvolvida pela IT-LOG, em ambiente *Lotus Notes* (Figura 3-6), a qual permite a criação, o registo e o acompanhamento de toda a correspondência tratada na empresa, possibilitando, deste modo, uma consulta facilitada aos documentos e o controlo do acesso aos mesmos.

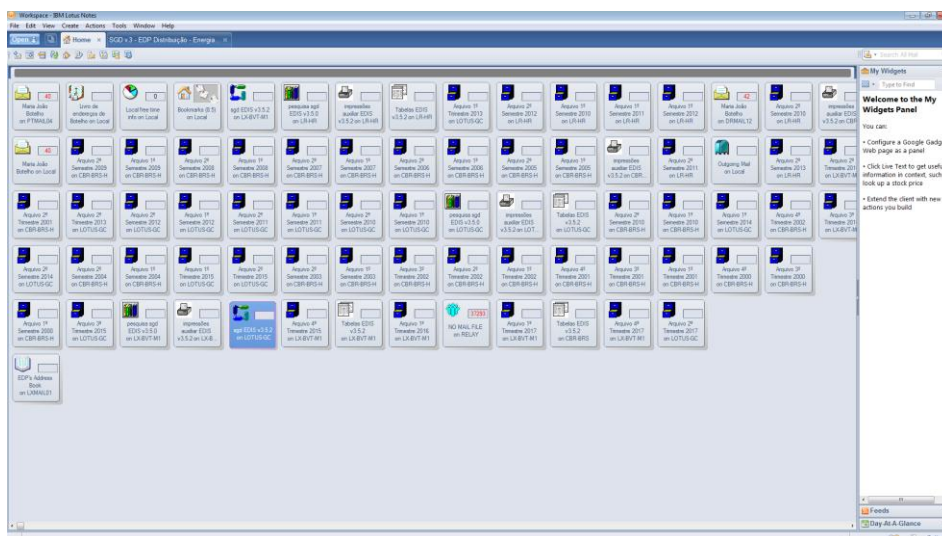


Figura 3-6 - Ambiente Gráfico Lotus Notes.

3.4.5. FOLHAS DE CÁLCULO

Para além das ferramentas referidas anteriormente, existem ainda no departamento folhas de cálculo que substituem na maioria das situações o cálculo manual, mecanizando-o, o que o torna apenas necessário em casos excepcionais. Entre as folhas de cálculo existentes no departamento, podem-se destacar as de cálculo de esforços nos apoios (Figura 3-7), vãos equivalentes, distâncias de garantia, coeficiente de redução de esforços, etc.

Estas folhas aumentam em muito a produtividade, uma vez que o cálculo manual é, na maioria das situações, muito moroso.

CÁLCULO DOS ESFORÇOS NO APOIO DE DERIVAÇÃO

Linhas

Vão 1: Tipo: AA50 Comprimento(m): 56 Vão equival. (m): 56 T. Máx. (daN/mm²): 8 Beta 1 (gd): 204,6

Vão 2: Tipo: AA50 Comprimento(m): 83 Vão equival. (m): 83 T. Máx. (daN/mm²): 8 Beta 2 (gd): -4,5

Vão 3: Tipo: S5-AL4 Comprimento(m): 74 Vão equival. (m): 74 T. Máx. (daN/mm²): 8 Beta 3 (gd): 51,5

Vão 4: Tipo: S5-AL4 Comprimento(m): 89,0 Vão equival. (m): 89 T. Máx. (daN/mm²): 8 Beta 4 (gd): -116

Coefficiente dos esforços resultante do ponto de aplicação:

Vão1: Armação: TAN Deslocamento: 0 Coef. redução Ki: 2,87 Altura do apoio: 15 m

Vão2: TAN Deslocamento: 0 Coef. redução Ki: 2,87

Vão3: HRF Deslocamento: 2,875 Coef. redução Ki: 2,32 Profundidade: 2 m

Vão4: HRF Deslocamento: 4,375 Coef. redução Ki: 1,97

Acção do vento sobre os isoladores e armações:

Hipot. 1: Isoladores: 5,00 Armações: 0,00 Hipot. 2: Isoladores: 5,00 Armações: 33,00 daN

Vão1: 5,00 0,00 5,00 33,00 daN

Vão2: 5,00 0,00 5,00 0,00 daN

Vão3: 5,00 33,00 5,00 0,00 daN

Vão4: 5,00 0,00 5,00 0,00 daN

Posição: A B 1

POSTE ESCOLHIDO: 18M2250 20M7300

46 88

Grava cópia

CÁLCULOS DOS ESFORÇOS NO APOIO DE ÂNGULO

Apoio nº na linha para o PT CCC mm - LLL

Vento - hipot. 1:

CONDUTOR	Vão1	Vão2
Tipo de condutor	Al-Apo	Al-Apo
Secção real - S	49,48	49,48
Diâmetro - d	9	9
Comprimento do vão - e	70,00	126,00
Vão equivalente	70,00	126,00
Coefficientes de forma - c	1,20	1,20
Coefficientes dos esforços - k	2,83	2,83
Tensão máxima - Imax	8,00	8,00
Ângulo - beta	185,00	15,00
Tensão a 15°C	7,30	7,76
Vento a isoladores	5,00	5,00
Vento a armação		
Pressão din. do vento		750

HIPÓTESE 1:

Acção do vento: $F_v = (0,8 \cdot c \cdot q \cdot d \cdot a / 2 \cdot \cos^2 \beta + V_0) \cdot k \cdot V_a$

$V_1 = 50,8$ daN
 $V_2 = 95,9$ daN

Tensão dos condutores: $T_x = 1 \cdot S \cdot \cos^2 \beta \cdot k$ $T_y = 1 \cdot S \cdot \sin^2 \beta \cdot k$

$T_{1x} = -1005,5$ daN $T_{1y} = 241,4$ daN
 $T_{2x} = 1094,5$ daN $T_{2y} = 253,2$ daN

Esforços totais: $F_x = |E \cdot T_x|$ $F_y = \sum V + |E \cdot T_y|$

$F_x = 40,0$ daN $F_y = 650,1$ daN

HIPÓTESE 2:

Acção do vento: $F_v = (0,8 \cdot c \cdot q \cdot d \cdot a / 2 \cdot \cos^2 \beta + V_0) \cdot k / 5$

$V_1 = 11,9$ daN
 $V_2 = 19,2$ daN

Esforços totais: $F_x = V_1 + V_2$

$F_x = 31,1$ daN

POSTE ESCOLHIDO: 20M1000 Colocado na posição indicada no diagrama

O Projectista _____ O Técnico Responsável _____

Figura 3-7 - Folhas de Cálculo de Esforços nos Apoios.

4. DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS

Como referido anteriormente, antes de se prosseguir para o projeto propriamente dito, foi necessária a aquisição de várias competências essenciais para a realização do projeto de LMT.

Parte destes conhecimentos foram lecionados na cadeira de Produção, Transporte e Distribuição de Energia Elétrica (PTDEE), no 3º ano de licenciatura de Engenharia Eletrotécnica no Instituto Politécnico de Leiria. Porém, uma vez que esta cadeira incluiu todo o processo, desde a produção até à distribuição de EE, num único semestre, grande parte dos conhecimentos aí adquiridos foram relativamente superficiais, sendo que o plano teórico do projeto de linhas MT não foi totalmente abrangido pelos mesmos.

Desse modo, através da leitura/estudo do manual que é absolutamente fundamental para qualquer projetista -o Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de Alta Tensão - e dos ensinamentos da Eng.^a Maria João Botelho e do Eng.º Mário Ferreira, de diferentes componentes necessárias, desde plano teórico a demonstração de fórmulas, foi possível, de um modo progressivo, ir adquirindo os conhecimentos fundamentais para poder elaborar projetos.

Por este motivo, procuram-se, neste capítulo, abordar os principais conceitos relacionados com o projeto de linhas MT, os quais assimilados nos primeiros meses de estágio.

4.1. CÁLCULO MECÂNICO DE LINHAS

Relativamente ao cálculo mecânico das linhas, o mesmo corresponde a um cálculo próprio das linhas aéreas e que deve ser realizado após a concretização do respetivo cálculo elétrico.

Ainda sobre o cálculo mecânico, este baseia-se na determinação das condições de montagem dos condutores, para que, nas condições mais desfavoráveis, os esforços mecânicos sobre condutores, apoios, isoladores ou travessas não superem os máximos pré-estabelecidos nos regulamentos.

Para além disso, tem como objetivo a determinação da altura dos apoios de modo a que a distância dos condutores ao solo ou a qualquer obstáculo (Habitações, Linhas BT, Linhas de telecomunicações, etc.) não seja inferior às distâncias regulamentadas.

Neste contexto, o RSLEAT torna-se um documento indispensável em todo o processo do cálculo mecânico de uma linha aérea.

4.2. RSLEAT

O RSLEAT (Decreto Regulamentar n.º 1/92 de 18 de fevereiro) estipula as condições técnicas a que devem obedecer o estabelecimento e a exploração das instalações elétricas, aéreas ou subterrâneas, com vista à proteção de pessoas, coisas e também à salvaguarda dos interesses coletivos [5].

Por isto, é um documento orientador do projeto de linhas aéreas e subterrâneas cujo conhecimento do seu conteúdo se revela imperativo para todos os projetistas.

4.3. ESTADOS ATMOSFÉRICOS

A determinação dos estados atmosféricos é parte integrante do cálculo mecânico de uma linha aérea, sendo necessário ter em conta determinados agentes atmosféricos, nomeadamente, temperatura, velocidade do vento e, dependendo da região do país, manga de gelo.

A variação dos agentes atmosféricos é um fenómeno que vai implicar uma alteração significativa nas condições de funcionamento da linha. Assim, segundo o artigo 21º do RSLEAT, a construção de linhas aéreas tem em conta três estados atmosféricos no seu cálculo mecânico. Estes estados podem caracterizar-se pela tabela que se segue (Tabela 4-1):

Tabela 4-1 - Estados Atmosféricos [6].

Estado	Temperatura	Velocidade Vento	Manga Gelo	Coef. de Sobrecarga	Tração
1 Vento Reduzido (Inverno)	Θ_{min}	Média	Só p/ Altitudes > 700m	m1	t _{máx}
2 Vento Máximo (Primavera)	$\Theta_{média}$	Rajada	-	m2	t _{méd}
3 Flecha Máxima (Verão)	$\Theta_{máx}$ (ambiente e condutor)	Nulo	-	1	t _{min}

Através da análise de tabela anterior pode apurar-se o seguinte [6]:

- Estado de vento reduzido:** conhecido por estado de inverno, é caracterizado pela temperatura mínima das regiões atravessadas pela linha, por vento de velocidade média e, eventualmente, pela formação de manga de gelo;
- Estado de vento máximo:** conhecido por estado de primavera, é caracterizado pela temperatura média das regiões atravessada pela linha e por vento de rajada, isto é, de intensidade máxima;
- Estado de flecha máxima:** conhecido por estado de verão, é caracterizado pela temperatura máxima do condutor e ausência de vento, sendo neste estado que se observam as maiores flechas dos condutores.

Conforme se pode constatar, o efeito da variação dos fatores atmosféricos implica alterações, por exemplo, no comprimento dos condutores (flecha).

De modo a determinar o resultado de variações atmosféricas, nomeadamente a variação da temperatura, existe a equação de mudança de estado. Esta equação procura estabelecer uma relação entre a tensão mecânica nos condutores da linha aérea num determinado estado atmosférico (θ_k), a partir da tensão existente nos condutores num estado atmosférico conhecido. Neste caso, os dados conhecidos são o comprimento de vão e as características mecânicas dos condutores. Após várias deduções e simplificações, esta equação pode representar-se do seguinte modo:

$$\theta + \frac{t_m}{\alpha \times E} - \frac{m^2 \times p_c^2 \times L^2}{24 \times \alpha \times s^2 \times t_m^2} = \theta_k + \frac{t_{mk}}{\alpha \times E} - \frac{m_k^2 \times p_c^2 \times L^2}{24 \times \alpha \times s^2 \times t_{mk}^2}$$

Onde:

- E – Módulo de Elasticidade – kgf/m;
- L – Comprimento de Vão – m;
- m – Coeficiente de Sobrecarga no Estado Conhecido;
- m_k – Coeficiente de Sobrecarga no Estado k;
- p_c – Peso do Condutor – kgf/m;
- s – Secção do Condutor – mm²;
- t_m – Tensão Mecânica no Estado Conhecido – daN/mm²;
- t_{mk} – Tensão Mecânica no Estado k – daN/mm²;
- α – Coeficiente de Dilatação Linear Térmica - /°C;
- θ – Temperatura no Estado Conhecido - °C;
- θ_k – Temperatura Estado Estado k - °C.

4.4. FORÇAS QUE ATUAM NO CONDUTOR

Numa linha aérea os condutores estão sujeitos a um determinado esforço, esforço esse contínuo e resultante do seu peso próprio (p_c), da ação do vento (f_v) e, caso exista, do peso da manga de gelo (p_g). Todas as grandezas são dadas por unidade de comprimento do condutor. Na figura que se segue são ilustradas essas mesmas forças bem como a força daí resultante (F_R), a pressão dinâmica do vento (q) e ainda o diâmetro do condutor (d).

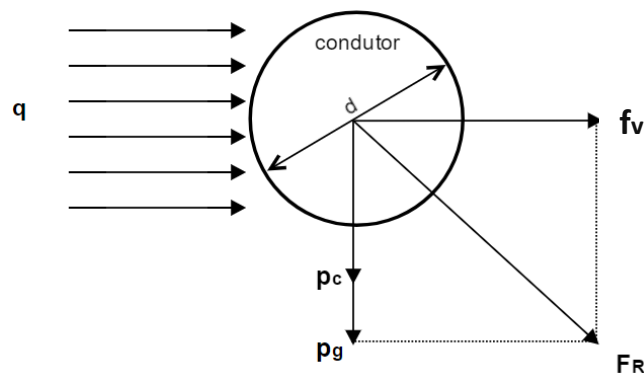


Figura 4-1 - Forças Atuantes no Condutor.

4.4.1. AÇÃO DO VENTO SOBRE OS CONDUTORES

Uma vez soprando sobre o cabo condutor, o vento encontra uma resistência, exercendo, desse modo, uma força (pressão) sobre o mesmo. Relativamente à intensidade desta força, esta é proporcional à velocidade do vento e, para efeitos de cálculo, considera-se normal ao condutor.

Assim, a relação estabelecida entre a velocidade do vento e a pressão dinâmica do vento é dada por:

$$q = 0,6131 \times v^2$$

Onde:

- q – Pressão Dinâmica do Vento – Pa;
- v – Velocidade do Vento – m/s.

Em relação à pressão dinâmica do vento, são estabelecidos dois estados distintos -vento máximo habitual (estado de primavera) e vento reduzido (estado de inverno).

Desta forma, tendo em conta o disposto no artigo 13º do RSLEAT, a pressão dinâmica do vento pode definir-se consoante a altura acima do solo a que o elemento da linha que se pretende calcular se encontra.

No quadro abaixo (Tabela 4-2) indicam-se os valores regulamentares da pressão dinâmica do vento a considerar em Portugal.

Tabela 4-2 - Pressão Dinâmica do Vento.

Altura acima do solo (m)	Pressão Dinâmica do Vento - q (Pa)	
	Vento Máximo Habitual	Vento Reduzido
Até 30	750	300
De 30 a 50	900	360
Acima de 50	1050	420

Pelo facto de a velocidade do vento ao longo de uma linha não ser constante, considera-se um coeficiente de redução (a), cujos valores a considerar são apresentados na Tabela 4-3, de acordo com os termos do artigo 14º do RSLEAT:

Tabela 4-3 - Coeficiente de Redução.

Elemento	Coeficiente de Redução - a
Cabos Condutores e cabos de guarda	0,6
Apoios, travessas e isoladores	1

Por sua vez, o coeficiente de forma dos condutores (c) traduz o facto de a superfície sobre a qual incide o vento não ser plana. Este valor é definido no artigo 15º do RSLEAT e está diretamente relacionado com o diâmetro do condutor. Assim, apresenta os seguintes valores (Tabela 4-4):

Tabela 4-4 - Coeficiente de Forma.

Elemento	Diâmetro - d (mm)	Coeficiente de Forma - c
Condutores nus e cabos de guarda	Até 12,5	1,2
	De 12,5 até 15,8	1,1
	Acima de 15,8	1

Desta forma, para determinar o esforço unitário exercido em cada apoio devido à ação do vento sobre os cabos, tem de se ter em conta o valor da pressão dinâmica do vento, afetada pelos coeficientes de redução, de forma e do diâmetro do cabo.

Por fim, segundo o artigo 10º do mesmo regulamento, no cálculo das linhas aéreas, o vento deve admitir-se numa direção horizontal. Em relação à força proveniente da sua ação, deve considerar-se paralela àquela direção. Assim, essa força é determinada considerando-se inexistente a manga de gelo, pela seguinte equação:

$$f_v = a \times c \times q \times d$$

Onde:

- a – Coeficiente de Redução;

- c – Coeficiente de Forma;
- q – Pressão Dinâmica do Vento - Pa;
- d – Diâmetro do condutor - mm;
- f_v – Força do Vento - daN.

4.4.2. COEFICIENTES DE SOBRECARGA

O coeficiente de sobrecarga (m) é um parâmetro que relaciona a intensidade da solicitação resultante (f_R) com o peso próprio linear do condutor (p_c), designando-se por m . Traduz, por isso, a ação do vento e do gelo pelo agravamento do peso próprio dos condutores.

Ainda pela análise da Figura 4-1, verifica-se que a força resultante pode ser dada por:

$$f_R = \sqrt{(p_c + p_g)^2 + f_v^2}$$

Atendendo ao anteriormente observado, o coeficiente de sobrecarga pode definir-se como a relação entre a intensidade da solicitação f_R e o peso próprio linear do condutor p_c . Se se considerar inexistência de manga de gelo bem como a força do vento, conforme já referido, este parâmetro pode reduzir-se a:

- Para os estados de primavera e inverno:

$$m = \frac{\sqrt{p_c^2 + (a \times c \times q \times d)^2}}{p_c}$$

- Para o estado de verão, em que não se considera vento:

$$m = \frac{\sqrt{p_c^2}}{p_c} = 1$$

Onde:

- a – Coeficiente de Redução;
- c – Coeficiente de Forma;

- d – Diâmetro do Condutor – mm;
- m – Coeficiente de Sobrecarga;
- p_c – Peso do Condutor - kgf/m;
- q – Pressão Dinâmica do Vento – Pa.

Tendo em conta a área onde este estágio foi realizado, fundamentalmente, zona do Litoral Oeste, não se consideram fatores como a **ação do gelo** ou a **sua ação combinada com o vento**. Pelo contrário, em zonas onde tal se verifique, é fundamental que se admita a existência de forças adicionais as quais podem ser provenientes desses mesmos fatores.

4.5. CONSTITUIÇÃO DAS LINHAS AÉREAS – MATERIAIS

Relativamente às linhas aéreas, estas são constituídas na sua globalidade por condutores, cabos de guarda, apoios, isoladores, armações, e outros dispositivos como PT's, seccionadores, órgãos de corte e manobra, etc.

As LAMT correspondem a um circuito de corrente alternada polifásico, cujas linhas/ condutores são suportados por postes ao longo do seu traçado.

De seguida, serão enumerados e descritos os principais constituintes de uma linha aérea.

4.5.1. CONDUTORES / CABOS DE GUARDA

Em primeiro lugar, o condutor constitui-se como o elemento destinado à condução elétrica, sendo que os que se aplicam nas linhas aéreas MT são, na grande maioria das situações, constituídos por condutores nus multifilares. Alternativamente, em casos muito excecionais, poderão ser utilizados cabos isolados.

Atualmente, os condutores nus são constituídos por alumínio e suas ligas. Os mesmos são selecionados em detrimento dos condutores em cobre, os quais vão caindo em desuso. A utilização dos primeiros, como é o caso do ASTER 55mm², justifica-se dadas as vantagens que os mesmos oferecem, quer do ponto de vista técnico quer económico.

Relativamente aos cabos de guarda, apesar da sua utilização não ser muito recorrente para estes níveis de tensão, também se podem instalar nas linhas MT. O seu emprego tem como objetivos:

- Proteger os condutores contra as descargas atmosféricas diretas;
- Reduzir a indução em circuitos de telecomunicações estabelecidos nas vizinhanças da linha;
- Interligar os circuitos de ligação à terra dos apoios;
- Incluir circuitos de comunicação (voz + dados) com fibras óticas.

No momento em que se pretende efetuar qualquer cálculo é necessário ter em conta as características inerentes a cada condutor. Para o cálculo mecânico, as principais características que se devem conhecer relativamente a cada um são as apresentadas na tabela que se segue (Tabela 4-5).

Tabela 4-5 - Características Mecânicas dos Condutores.

Característica	Nomenclatura	Unidade
Secção	s	mm ²
Diâmetro	d	mm
Peso Linear	p _c	kgf/mm
Módulo de Elasticidade	E	kgf/mm ²
Coefficiente de Dilatação Linear Térmica	α	°C ⁻¹ m ⁻¹
Carga de Ruptura	-	kgf

O conhecimento das mesmas permite o cálculo das forças resultantes devido à ação do vento, da equação de mudanças de estado, etc, e diferem para cada tipo de condutor.

De modo a esclarecer as ordens de grandeza dos parâmetros indicados, especificam-se, de seguida (Tabela 4-6), as características de um dos cabos condutores mais implementados na atualidade- Aster 55 mm².

Tabela 4-6 - Características Mecânicas Aster 55.

Característica					
s (mm ²)	d (mm)	p _c (kgf/mm)	E (kgf/mm ²)	α (°C-1m-1)	Carga Rotura (kgf)
55	54,55	0,149	6200	0,000023	1755

4.5.1.1. Regulação Mecânica

A regulação mecânica dos condutores tem em conta variáveis como as catenárias, a tensão mecânica, o parâmetro da catenária e ainda o vão crítico e a escolha da tensão mecânica de montagem para que, no estado mais desfavorável, esta não ultrapasse a máxima admissível.

Esta regulação deverá ser feita na ausência de vento ou vento reduzido, uma vez que se trata de uma operação delicada. Assim, o estado atmosférico considerado para a regulação mecânica dos condutores deve conduzir a um coeficiente de sobrecarga unitário ($q \sim 0$ e $m \sim 1$).

Apesar disso, aquando da elaboração de projeto, não é possível determinar qual a temperatura que se fará sentir no momento da montagem e regulação dos condutores. Dessa forma, considera-se uma gama de temperaturas possíveis e, através da equação de mudança de estados, compara-se o estado que se verifica na montagem com o estado mais desfavorável. Assim, garante-se que a t_{max} não é excedida nas condições mais desfavoráveis.

- **Vão Crítico**

Considera-se Vão Crítico (L_{cr}) o vão para o qual os condutores ficam sujeitos à tração máxima tanto no estado de inverno como no de primavera. Assim, na equação de mudança de estados, considera-se $t_m = t_{mk} = t_{max}$. Desenvolvendo a equação de mudança de estados, obtém-se:

$$L_{cr} = \frac{s \times t_{max}}{p_c} \sqrt{\frac{24 \times \alpha(\theta_2 - \theta_1)}{m_2^2 - m_1^2}}$$

Onde:

- L_{cr} – Vão Crítico -m;
- m_1 – Coeficiente de Sobrecarga no Estado de Inverno;
- m_2 – Coeficiente de Sobrecarga no Estado de Primavera;
- p_c – Peso do Condutor - kgf/m;

- s – Secção do Condutor – mm^2 ;
- t_{max} – Tração Máxima do Condutor – daN;
- θ_1 – Temperatura no Estado de Inverno - $^{\circ}\text{C}$;
- θ_2 - Temperatura no Estado de Primavera - $^{\circ}\text{C}$;
- α – Coeficiente de Dilatação Linear Térmica - $/^{\circ}\text{C}$.

- **Catenárias**

Falando agora da geometria das linhas, define-se por catenária (p) a forma de curva tomada por um condutor, comparável a uma corda infinitamente flexível e inextensível, suspensa entre dois apoios, definida por:

$$p = \frac{s \times t}{m \times p_c} = \frac{T}{m \times p_c}$$

Onde:

- m – Coeficiente de Sobrecarga;
- p – Catenária;
- p_c – Peso do Condutor – kgf/mm ;
- s – Secção do Condutor – mm^2 ;
- t – Tensão Mecânica – daN/mm^2 ;
- T – Força de Tração – daN.

Esta é apenas uma aproximação das circunstâncias ideais, uma vez que fatores como a ação do vento e o facto de os condutores não serem perfeitamente flexíveis têm de ser considerados, acabando por conferir, na realidade, uma dupla curvatura e movimento ao condutor.

De acordo com a topologia do terreno, os vãos podem ser classificados como vãos em patamar ou vãos em declive.

Entende-se por vão em patamar (Figura 4-2) o caso em que os pontos de fixação dos condutores se encontram ao mesmo nível.

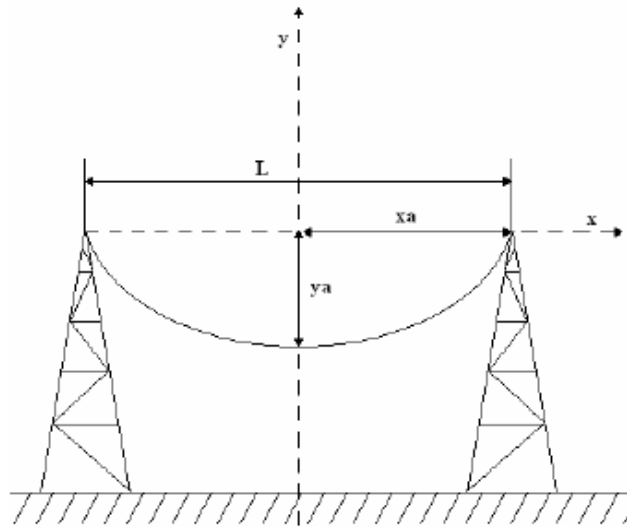


Figura 4-2 - Vão em Patamar.

Por sua vez, o vão em declive (Figura 4-3), verifica-se no caso em que os pontos de fixação dos condutores se encontram a níveis diferentes.

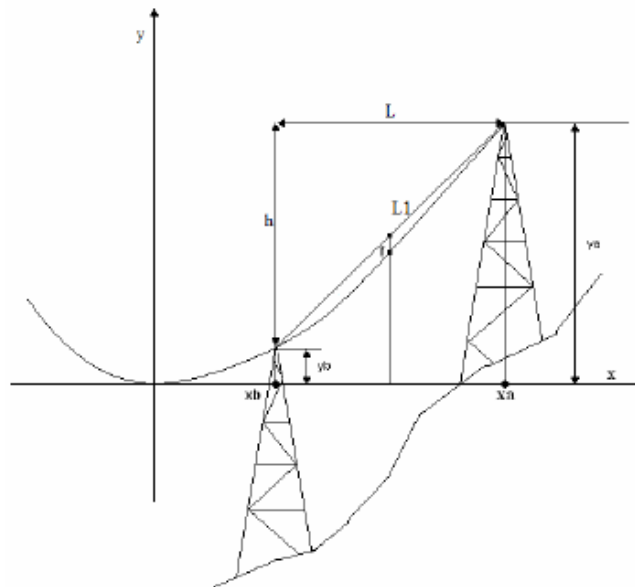


Figura 4-3 - Vão em Declive.

Quanto à determinação das flechas dos condutores (que se define como sendo a distância entre o ponto do condutor onde a tangente é paralela à reta que passa pelos pontos de fixação e a interseção da vertical que passa por esse ponto com esta reta), o mesmo parâmetro é calculado considerando uma temperatura ambiente de 50°C. A expressão que determina a flecha dos condutores é dada por:

$$f = \frac{L^2 \times p_c}{8 \times s \times t}$$

Onde:

- f – Flecha do Condutor – m;
- L – Comprimento de Vão – m;
- p_c – Peso do Condutor – kgf/mm;
- s – Secção do Condutor – mm²;
- t – Tensão Mecânica – daN/mm².

Após a regulação dos cabos condutores devem efetuar-se as medições necessárias para determinar a flecha de montagem. Tipicamente, esta medição é efetuada a partir do solo e com recurso a equipamentos de topografia.

4.5.1.2. Fenómenos Vibratórios

Apesar de não existirem razões aparentes que o justifiquem, desde sempre se verifica a rotura dos fios e cabos após algum tempo de serviço. Tal deve-se às vibrações que ocorrem junto das suas fixações e que acabam por sujeitar os vários elementos de uma linha, especialmente os condutores, a constantes oscilações.

Mais concretamente, as oscilações de alta frequência e de pequenas amplitudes denominam-se por vibrações e manifestam-se sob a forma de ondas verticais. Quanto aos seus tipos, os mesmos são três:

- Oscilações Eólicas;
- Oscilações Longitudinais;
- Oscilações de Rotações.

De modo a proteger os cabos condutores contra os efeitos das vibrações, devem aplicar-se pinças anti-vibratórias junto dos pontos de suspensão. Para além destas, existem outros dispositivos capazes de atenuar os efeitos vibratórios, por exemplo, dispositivos designados por amortecedores ou anti-vibradores, entre os quais se destacam os amortecedores *Stockbridge* (Figura 4-4).

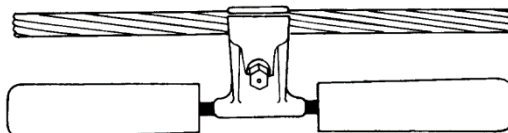


Figura 4-4 - Amortecedor de *Stockbridge*.

A escolha da tensão mecânica dos condutores, grandeza dada pela expressão que se segue, reveste especial importância para evitar este problema. Naturalmente, quanto maior for a tensão mecânica, maior será a probabilidade de ocorrência de fenómenos vibratórios.

$$t = \frac{T}{s}$$

Onde:

- s – Secção do Condutor – mm²;
- t – Tensão Mecânica – daN/mm²;
- T – Força de Tração – daN.

Para além disso, o valor da tensão mecânica máxima de tração nunca deverá ultrapassar 40% da tensão de rotura dos materiais. Ou seja:

$$t_{\text{máx}} \leq 0,4 t_{\text{rotura}}$$

Onde:

- $t_{\text{máx}}$ – Tensão Máxima – daN;
- t_{rotura} – Tensão de Rotura – daN.

Estabelecem-se ainda valores máximos da “tensão de cada dia” (derivado do termo em inglês - “*Every Day Stress*”), que correspondem a uma dada percentagem da tensão de rotura. Conforme a composição do condutor, este parâmetro assume os seguintes valores (Figura 4-7):

Tabela 4-7 - Valor Máximo de "EDS".

Material do Condutor	Valor Máximo de "EDS"
Cobre	26%
Alumínio-Aço	18%
Liga de Alumínio	18%
Aço	11%

De modo a determinar a tensão de EDS, deve recorrer-se à equação de mudança de estado, considerando os parâmetros do mesmo modo que se considerariam para o cálculo das flechas.

Exemplificando com o caso concreto da aplicação do condutor Aster 55mm², cujos valores de tração de rotura e secção são 1755 daN e 49,48 mm², respetivamente, tem-se:

$$t_{rotura} = \frac{T}{s} = \frac{1755}{49,48} = 32,5 \text{ daN/mm}^2$$

Conforme verificado acima, devem respeitar-se, simultaneamente, as seguintes condições:

$$\begin{cases} t_{m\acute{a}x} \leq 0,4 t_{rotura} \\ t_{EDS} \leq 0,18 t_{rotura} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} t_{m\acute{a}x} \leq 13 \text{ daN/mm}^2 \\ t_{EDS} \leq 5,85 \text{ daN/mm}^2 \end{cases}$$

Desta forma, o valor calculado na equação de mudança de estado tem de ser obrigatoriamente menor que t_{EDS} , caso contrário, tem de se baixar $t_{m\acute{a}x}$ e averiguar as condições de novo até que as mesmas se verifiquem.

4.5.1.3. Distâncias Regulamentares

Na implementação e exploração de uma linha aérea MT há que respeitar determinadas distâncias das linhas a diversos obstáculos. Deste modo, segundo o RSLEAT, são delimitadas distâncias mínimas a verificar, conforme a Tabela 4-8.

Importa ainda referir que nesta tabela as distâncias são apresentadas em metros e referentes a condutores nus, nas condições de flecha máxima.

Tabela 4-8 - Distâncias Recomendadas a Obstáculos.

Obstáculo	Art. Nº	Expressão da Distância Mínima - D (m)	Mínimo Recomendado (m)	Distância Horizontal dos apoios ao obstáculo (m)
Ao solo	27	$D = 6,0 + 0,0005.U$	7	
Às árvores	28	$D = 2,0 + 0,0075.U$	2,5	
Aos edifícios	29	$D = 3,0 + 0,0075.U$	4; 4 + desnível	
A obstáculos diversos	30	$D = 2,0 + 0,0075.U$	3	
Entre condutores MT	31	$D = 0,75 \times k(f+d)^{1/2} + U/200$	0,54	
Entre condutores MT e cabos de guarda	32	$D = 0,75 \times k(f+d)^{1/2} + U/200$	0,48	
Aos apoios (em repouso)	33	$D = 0,1 + 0,0065.U$	0,48	
Aos apoios (desviados pelo vento)	33	$D = 0,0065.U$	0,48	
Às estradas (AE, IPr, IC)	91 + 92	$D = 6,3 + 0,01.U$	7,0	5,0
Outras vias de comunicação	91 + 92	$D = 6,3 + 0,005.U$	7,0	3,0
Aos cursos de água não navegáveis	93	$D = 6,0 + 0,0005.U$	7,0	
Aos cursos de água navegáveis	94	$D = 1,5 + 0,005.U + h$	2,0 + h	
Aos teleféricos	95	$D = 3,3 + 0,01.U$	4,0	
Aos caminhos de ferro não eletrificados	100 + 103	$D = 6,3 + 0,01.U$	7,0	5,0
Aos caminhos de ferro c/ eletrificação prevista	101 + 103	$D = 11,0 + 0,01.U + 0,005.L$	13,5	5,0
Às linhas AT/MT/BT	109	$D = 1,5 + 0,01.U + 0,005.L$	2,0	
Às linhas de telecomunicações (cruzamento superior)	113 + 114	$D = 1,5 + 0,01.U + 0,005.L$	2,0	2,0

Notas:

- U, é tensão nominal da linha, em kV;
- h, é maior altura de mastreação dos barcos que passam no local medida acima do nível das águas;
- L, é a menor das distâncias dos apoios da linha de tensão ao eixo da via (Art. 101.º);

- L , é distância do ponto de cruzamento ao apoio mais próximo da linha superior (Art. 109.º);
- f , é a flecha máxima dos condutores;
- k , é um coeficiente dependente da natureza dos condutores e cujo valor é:
 - 0,6 para condutores de cobre, bronze, aço e alumínio-aço;
 - 0,7 para condutores de alumínio e de ligas de alumínio.
- d , é o comprimento das cadeias dos isoladores suscetíveis de oscilarem transversalmente à linha;

Para além destas distâncias, é necessário ainda garantir, ao longo das linhas, uma faixa de proteção com uma largura de 15 metros dividida ao meio pelo eixo da linha. Nesta faixa é efetuado o corte e decote das árvores de modo a garantir as condições necessárias de montagem e conservação.

Importa ainda indicar que, com vista à segurança de exploração das linhas, a zona de proteção, embora atualmente com uma largura de 15 metros para linhas MT, tem sido alvo de estudo com vista a um alargamento tendo em conta a gestão da faixa de combustão. Para além do abate das árvores nesta zona de proteção, deve garantir-se que não existam árvores que, em caso de queda, não assegurem uma distância mínima às linhas de 1,5 metros.

Há ainda a sublinhar que, em zonas de Autoestradas, a base dos apoios deve situar-se a uma distância mínima horizontal superior a 5 metros do limite da zona de Autoestrada (zona delimitada com a rede). Para outras estradas, esta distância não deve ser inferior a 3 metros. Em situações em que possa ocorrer a queda do apoio e o mesmo se verifique sobre uma estrada, as suas fundações devem ser dimensionadas 1,5 vezes os valores normalizados.

Ainda relativamente a travessias de Autoestradas, há que respeitar determinadas regras, nomeadamente, a aplicação de apoios, armações e condutores de reforço e ainda a sinalização diurna e noturna dessas mesmas travessias. Não obstante, esta questão será abordada mais detalhadamente no Anexo C, relativo ao acompanhamento de uma obra de remodelação de um vão de travessia de Autoestrada.

4.5.2. ISOLADORES

Um isolador é uma peça de material isolante que se coloca entre o condutor e a massa. As suas funções são essencialmente evitar a passagem de corrente do condutor ao apoio ou suporte e sustentar mecanicamente os cabos.

A Comissão Eletrotécnica Internacional (CEI) especifica os isoladores de acordo com o material que o corpo isolante é fabricado (Figura 4-5).

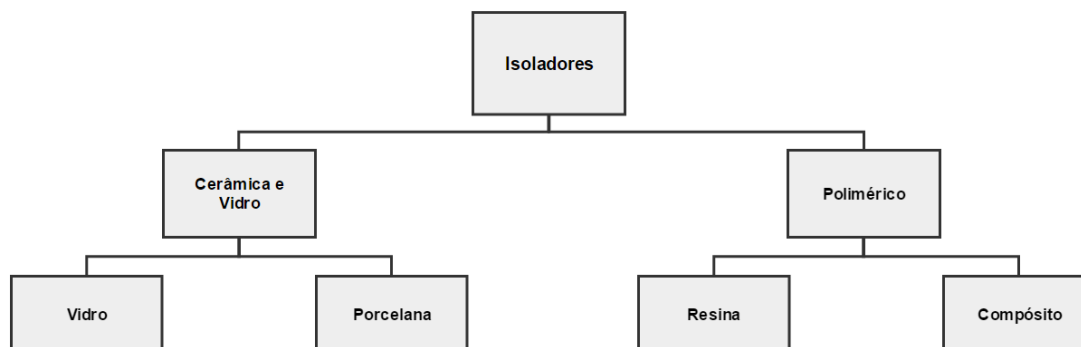


Figura 4-5 - Tipos de Isoladores.

Atualmente, em linhas de MT são usados, quase exclusivamente, isoladores de vidro, uma vez que este material apresenta várias vantagens face aos demais, nomeadamente:

- Fiabilidade a longo prazo;
- Indicação visual dos defeitos internos;
- Boa resistência à perfuração.

Apesar disso, nas linhas MT, ainda é muito usual a presença de isoladores de porcelana. Contudo, sempre que se procede a uma remodelação da linha ou substituição de isoladores, instalam-se isoladores de vidro.

Os principais tipos de isoladores usados são os de cadeia e os rígidos. Os primeiros podem ser em suspensão (Figura 4-6) ou amarração (Figura 4-7) e a sua fixação é articulada à armação do apoio, garantindo, dessa forma, o isolamento do condutor. Quanto à sua constituição, contam com vários isoladores de campânula (tipicamente de vidro), por componentes metálicos e pelo material ligante que as justapõe.

Quanto à configuração das cadeias, importa referir que as de suspensão mantêm os condutores suspensos e as de amarração correspondem às que estão dispostas na horizontal, ou próximo disso, podendo ser ascendentes ou descendentes, situação dependente da posição do apoio e da linha. A orientação da cadeia deve garantir a não acumulação de água da chuva na campânula.

Ou seja, deve assegurar-se que as campânulas fiquem orientadas de forma a não existir possibilidade de retenção de água.

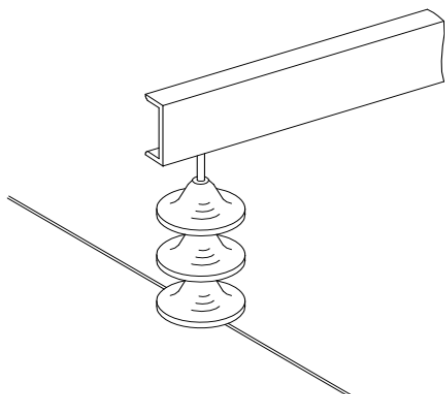


Figura 4-6 - Cadeia de Suspensão [7].

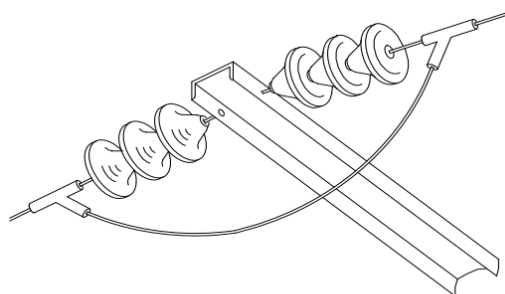


Figura 4-7 - Cadeia de Amarração [7].

Relativamente aos isoladores rígidos (Figura 4-8), tal como os isoladores em cadeia, os mesmos são constituídos por vários isoladores de campânula de porcelana ou vidro, por componentes metálicos e pelo material ligante que as justapõe. Fixam-se na armação do apoio e tipicamente estão implementados em apoios de alinhamento em que as diferenças de vãos não são muito significativas.

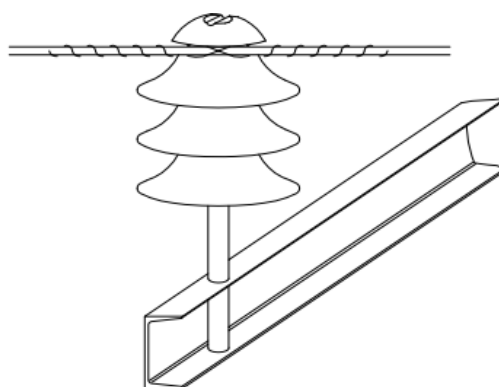


Figura 4-8 - Isolador Rígido [7].

Hoje em dia, em linhas de MT, restringe-se a possibilidade de isolamento a cadeias de suspensão ou de amarração. As primeiras podem ser utilizadas em apoios de alinhamento, com armação em galhardete ou triângulo. Já as segundas, em qualquer situação.

Em linhas MT, as cadeias de suspensão e de amarração são constituídas atualmente por três isoladores e podem ser simples ou reforçadas. É imperativo que em determinadas situações se implemente isolamento reforçado, nomeadamente:

- Proximidade e travessia de estradas alcatroadas;
- Por cima/ junto a habitações;
- Sobre linhas de telecomunicações, BT ou MT.

Poder-se-á ainda recorrer a hastes de descarga (Figura 4-9 e Figura 4-10) cuja aplicação é restringida às cadeias, de acordo com as seguintes condições:

- Para qualquer nível de tensão, segundo o regulamento, apenas se podem colocar quatro apoios consecutivos com isolamento reforçado. Para contornar esta situação, poderão ser colocadas hastes de descarga no 5º apoio (Ah ou ARh / Sh ou SRh);
- Em 30 kV, em zonas de poluição muito forte.

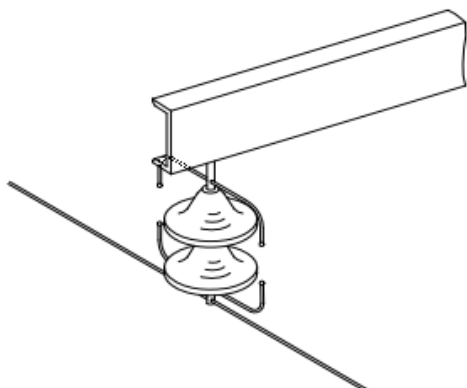


Figura 4-9 - Suspensão Simples c/ Haste (Sh) [7].

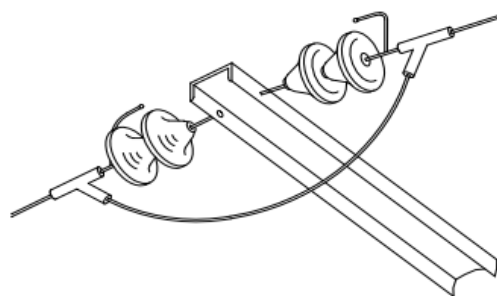


Figura 4-10 - Amarração Simples c/ Haste (Ah) [7].

Uma última consideração a ter em conta relativamente aos isoladores é o facto de os mesmos terem de apresentar forças de rotura eletromecânicas mínimas não inferiores a 2,5 vezes a máxima sollicitação mecânica a que estão sujeitos pelos condutores.

4.5.3. CÁLCULO MECÂNICO DOS APOIOS

Numa primeira fase, em matéria de cálculo mecânico dos apoios, revela-se importante indicar que os apoios das linhas aéreas apresentam como principal função a garantia do devido distanciamento dos condutores e cabos de guarda, tanto ao solo como a outros obstáculos ao longo do traçado. Estas distâncias entre apoios devem garantir que os condutores são estabelecidos de forma a não ficarem alcançáveis, sem meios especiais, em qualquer lugar acessível a pessoas.

Os apoios são constituídos pelo próprio poste, pela respetiva fundação e ainda pelos elementos que suportam os condutores (armações e isoladores).

Apesar de preferencialmente serem escolhidos apoios de betão (Figura 4-11), poderão ser utilizados também apoios metálicos (Figura 4-12) em casos excecionais e cujas representações se apresentam de seguida.

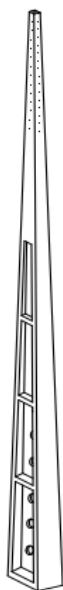


Figura 4-11 - Apoio de Betão.

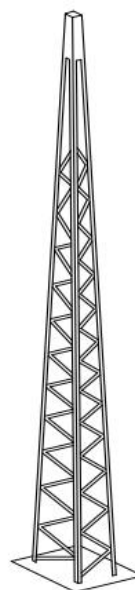


Figura 4-12 - Apoio Metálico.

Os apoios de betão apresentam um custo muito inferior face aos metálicos e requerem menores áreas para os maciços de fundação, o que implica uma menor expropriação de terreno.

Porém, os mesmos também apresentam alguns inconvenientes. Em primeiro lugar, podem apontar-se situações em que o local em que se quer arvorar o apoio é de difícil acesso. Neste caso, os apoios metálicos, uma vez que podem ser arvorados por tramos no local, são mais simples de instalar.

Para além disso, um apoio de betão superior a 22 metros necessita de transporte especial com escolta policial, encarecendo, em muito, o custo de obra.

Pelas razões acima explanadas, na fase de projeto devem ponderar-se vários fatores, tais como:

- Local de implantação do apoio;
- Esforços a que o apoio estará sujeito;
- Altura do apoio;
- Custo económico.

Idealmente, as únicas condições que se teriam de verificar seriam os fatores indicados acima. Porém, outros fatores entram em consideração quando se tem uma situação real, por exemplo, o local onde se podem/ devem arvorar os apoios, tipicamente junto a extremas, a uma distância mínima às linhas de água, etc. Contudo, verifica-se que muitos proprietários se mostram intransigentes à implantação de um apoio nos seus terrenos, mesmo sob compensação monetária.

4.5.3.1. Ações a considerar

Quanto às ações exercidas sobre os apoios, as mesmas podem dividir-se em dois tipos: as ações normais e ações excecionais.

As solicitações normais dizem respeito aos esforços que têm de ser absorvidos pelos apoios, sem colocar em causa a sua integridade e considerando as situações mais desfavoráveis que se possam verificar, isto sem que seja interrompido o regime normal de exploração das linhas. Assim, podem considerar-se ações normais:

a) Ação do Vento:

Como se sabe, o vento exerce uma ação sobre todos os elementos expostos da linha (Figura 4-13), nomeadamente, condutores e cabos de guarda, isoladores, apoios, travessas ou armações.

A situação mais desfavorável é aquela em que o vento incide perpendicularmente aos elementos da linha, se o apoio for de alinhamento, ou na bissetriz do ângulo, se o apoio for de ângulo, e ainda em direção horizontal (hipótese 1).

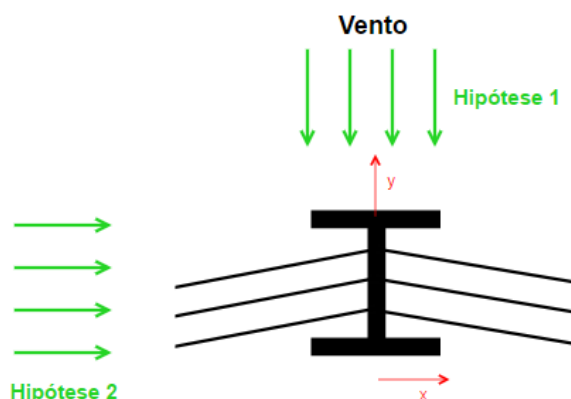


Figura 4-13 - Ação do Vento sobre os Apoios.

b) Ação das componentes horizontais das trações exercidas pelos condutores e cabos de guarda:

Todas as componentes horizontais exercidas por condutores e cabos de guarda têm de ser absorvidas pelos apoios.

Basicamente, esta ação corresponde às forças exercidas pelos cabos, sendo a situação mais desfavorável tanto maior quanto maior a diferença de trações nos vãos de um apoio. Pelo contrário, a resultante destas forças será nula, por exemplo, num apoio de alinhamento em suspensão, uma vez que estas componentes são iguais em cada vão.

c) Ações Verticais:

As ações verticais sobre os apoios dizem respeito ao peso próprio dos elementos constituintes das linhas, isto é, do próprio peso do apoio, das armações, dos isoladores e dos próprios cabos da linha.

O conhecimento da resultante destas forças tem interesse para o cálculo dos maciços de fundação.

Por sua vez, as solicitações excepcionais referem-se às sobrecargas excepcionais ou acidentais resultantes da rotura de um cabo e às desigualdades de tração, submetendo os apoios a esforços de tração unilaterais de grande intensidade podendo inclusive originar momentos de torção ou de flexão.

Abordadas as ações que determinam os esforços a que cada apoio será submetido, importa agora verificar as condições (hipóteses de cálculo) a considerar no cálculo dos esforços dos vários tipos de apoios existentes.

4.5.3.2. Hipóteses de Cálculo

Através do RSLEAT, nomeadamente, artigos 56º a 62º, são apresentadas metodologias de cálculo baseadas em várias hipóteses simultâneas e não simultâneas, as quais permitem a obtenção de resultados estruturados e adequados às necessidades do projetista.

Ainda no âmbito destes artigos, pode ficar a conhecer-se a classificação dos apoios. Assim, de acordo com a sua função, um apoio poderá assumir as seguintes configurações [5]:

- **Alinhamento** – apoio situado em troços retilíneos da linha, onde não se verifiquem ângulos ou derivações;
- **Ângulo** – apoio situado num ângulo da linha;
- **Fim de Linha** – apoio capaz de suportar a totalidade dos esforços que os condutores e os cabos de guarda lhe transmitem de um só lado da linha;
- **Derivação** – apoio onde se estabelecem uma ou mais derivações;
- **Reforço** – apoio destinado a suportar esforços longitudinais para reduzir as consequências resultantes da rotura de condutores ou de cabos de guarda.

As seguintes considerações baseiam-se nas hipóteses de cálculo regulamentares definidas no artigo 56º do RSLEAT, segundo o qual, conforme cada tipo de apoio, deverão ser consideradas as hipóteses que se seguem.¹

¹ As considerações que se seguem, incluindo as hipóteses de cálculo, encontram correspondência no Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de Alta Tensão.

Hipótese 1:

Segundo o RSLEAT, na hipótese 1, devem considerar-se a sobrecarga do vento, a resultante das componentes horizontais das trações e o peso próprio dos equipamentos, sendo que este último fator é nulo nos apoios de alinhamento e de ângulo.

- **Apoios de alinhamento, de ângulo, de reforço em alinhamento e de reforço em ângulo:**

A sobrecarga de vento atuando, segundo a direção da bissetriz do ângulo, sobre o apoio, travessas e isoladores e sobre os condutores e cabos de guarda, nos dois meios vãos adjacentes ao apoio.

Simultaneamente, a resultante das componentes horizontais das trações dos condutores e dos cabos de guarda à temperatura de +15°C, com vento atuando segundo a direção da bissetriz do ângulo.

Simultaneamente, o peso próprio do apoio, das travessas, dos isoladores, dos condutores e dos cabos de guarda.

- **Apoios de derivação e apoios de reforço em derivação:**

A sobrecarga de vento atuando, normalmente à direção da linha principal se o apoio for de alinhamento ou segundo a direção da bissetriz do ângulo da linha principal se apoio for de ângulo, sobre o apoio, travessas e isoladores e sobre os condutores e cabos de guarda da linha principal, nos dois meios vãos adjacentes ao apoio.

Simultaneamente, a sobrecarga de vento atuando, com a direção anteriormente considerada, sobre os condutores e cabos de guarda, no meio vão adjacente das linhas derivadas.

Simultaneamente, a resultante das componentes horizontais das trações dos condutores e dos cabos de guarda da linha principal e das linhas derivadas à temperatura de +15°C, com vento atuando segundo a direção atrás considerada.

Simultaneamente, o peso próprio do apoio, das travessas, dos isoladores, dos condutores e dos cabos de guarda da linha principal e das linhas derivadas.

- **Apoios de fim de linha:**

A sobrecarga de vento atuando, normalmente à direção da linha, sobre o apoio, travessas e isoladores e sobre os condutores e cabos de guarda, no meio vão adjacente ao apoio.

Simultaneamente, a resultante das componentes horizontais das trações dos condutores e dos cabos de guarda à temperatura de $+15^{\circ}\text{C}$, com vento atuando normalmente à direção da linha.

Simultaneamente, o peso próprio do apoio, das travessas, dos isoladores, dos condutores e dos cabos de guarda.

Hipótese 2:

Nesta hipótese, as considerações são, mais uma vez, adaptadas a cada tipo de apoio. Como tal, de seguida, enumeram-se as condições para cada um.

- **Apoios de alinhamento e de ângulo:**

A força horizontal, de valor igual a um quinto do da resultante das forças provenientes da ação do vento segundo a direção da bissetriz do ângulo sobre os condutores e cabos de guarda, nos dois meios vãos adjacentes ao apoio, atuando no eixo do apoio, na direção normal à bissetriz do ângulo, à altura daquela resultante.

Simultaneamente, o peso próprio do apoio, das travessas, dos isoladores, dos condutores e dos cabos de guarda.

- **Apoios de derivação:**

A sobrecarga de vento atuando, na direção da linha principal se o apoio for de alinhamento ou segundo a normal à bissetriz da linha principal se o apoio for de ângulo, sobre o apoio, travessas e isoladores e sobre os condutores e cabos de guarda da linha principal, nos dois meios vãos adjacentes ao apoio.

Simultaneamente, a sobrecarga de vento atuando, com a direção anteriormente considerada, sobre os condutores e cabos de guarda no meio vão adjacente das linhas derivadas.

Simultaneamente, a resultante das componentes horizontais das trações dos condutores e cabos de guarda da linha principal e das linhas derivadas à temperatura de $+15^{\circ}\text{C}$, com vento atuando segundo a direção atrás considerada.

Simultaneamente o peso próprio do apoio, das travessas, dos isoladores, dos condutores e dos cabos de guarda da linha principal e das linhas derivadas.

- **Apoios de reforço em alinhamento e em ângulo**

A força horizontal, de valor igual a dois terços da soma das componentes horizontais das trações máximas unilaterais exercidas por todos os cabos condutores e de guarda da linha principal, atuando no eixo do apoio e à altura da resultante dessas trações.

Simultaneamente o peso próprio do apoio, das travessas, dos isoladores, dos condutores e dos cabos de guarda.

- **Apoios de reforço em derivação:**

A força horizontal, de valor igual a dois terços da soma das componentes horizontais das trações máximas unilaterais exercidas por todos os cabos condutores e de guarda da linha principal, atuando no eixo do apoio e à altura da resultante dessas trações, na direção da linha principal se o apoio for de alinhamento ou na direção normal à bissetriz do ângulo da linha principal se o apoio for de ângulo.

Simultaneamente a resultante das componentes horizontais das trações máximas exercidas pelos condutores e cabos de guarda das linhas derivadas.

Simultaneamente o peso próprio do apoio, das travessas, dos isoladores, dos condutores e dos cabos de guarda da linha principal e das linhas derivadas.

Ações Excepcionais:

Para além das hipóteses 1 e 2 vistas anteriormente, em determinados tipos de apoios é necessário considerar também ações excepcionais.

- **Apoios de alinhamento, de ângulo e de derivação:**

Não são de considerar neste tipo de apoio.

- **Apoios de reforço em alinhamento, em ângulo e em derivação:**

Hipótese 3:

As componentes horizontais das trações máximas exercidas pelos cabos condutores e de guarda, considerando a rotura de um qualquer dos cabos.

Simultaneamente o peso próprio do apoio, das travessas, dos isoladores, dos condutores e dos cabos de guarda da linha principal e das linhas derivadas se o apoio for de reforço em derivação.

- **Apoios de fim de linha:**

Hipótese 2:

As componentes horizontais das trações máximas exercidas pelos cabos condutores e de guarda, considerando a rotura de um qualquer dos cabos.

Simultaneamente o peso próprio do apoio, das travessas, dos isoladores, dos condutores e dos cabos de guarda.

4.5.3.3. Equações de Cálculo

Os esforços mecânicos a que os apoios estão sujeitos devem ser calculados tendo por base as hipóteses de cálculo vistas anteriormente.

Os valores resultantes desses cálculos têm de obedecer aos limites dos ábacos fornecidos pelos fabricantes dos apoios. Neste sentido, apresentam-se as equações de cálculo dos apoios de alinhamento, de ângulo, de derivação e de fim de linha.

Nas equações de cálculo que se seguem, deve atender-se à legenda abaixo indicada em que:

- a – Coeficiente de Redução;
- b – Braço da Armação – m;
- c – Coeficiente de Forma;
- d – Diâmetro do Conductor – mm;
- f_a – Força do Vento na Armação – daN;
- f_i – Força do Vento nos Isoladores – daN;
- F_x – Esforços Totais no sentido da linha principal ou no sentido da bissetriz do ângulo da linha principal (eixo x) – daN;
- F_y – Esforços Totais no sentido normal à linha principal ou na bissetriz do ângulo da linha principal (eixo y) – daN;
- F_{vj} – Força do Vento no Vão j – daN;
- L_j – Comprimento do Vão j – m;
- k_r – Coeficiente de Redução de Forças;

- q – Pressão Dinâmica do Vento – Pa;
- $R_{1(x)}$ - Força exercida pelo Vento em x – daN;
- $R_{1(y)}$ - Força exercida pelo Vento em y – daN;
- $R_{2(x)}$ – Força exercida pelos Condutores em x – daN;
- $R_{2(y)}$ – Força exercida pelos Condutores em y – daN;
- s – Secção do Condutor – mm²;
- $t_{(15)}$ – Tração do Condutor à Temperatura de 15°C - daN;
- T_{max} – Momento de Torção – daN;
- t_{max} – Tensão Máxima do Condutor – daN/mm²;
- T_r – Tensão de Ruptura – daN/mm²;
- T_{xj} – Força de Tração em x nos Condutores do Vão j – daN;
- T_{yj} – Força de Tração em y nos Condutores do Vão j – daN;
- β_j – Ângulo de desvio do vão j – grados.

- **Apoios de alinhamento / ângulo:**

Em relação aos apoios de alinhamento e de ângulo, estes encontram-se representados na Figura 4-14 e Figura 4-15, respetivamente.

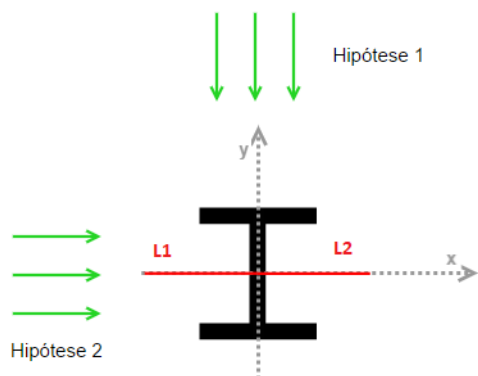


Figura 4-14 - Apoio de Alinhamento.

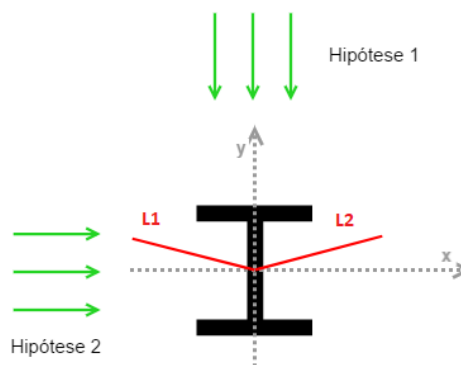


Figura 4-15 - Apoio de Ângulo.

Onde L1 e L2 correspondem ao comprimento dos vãos 1 e 2, respetivamente.

$$\text{Hipótese 1} \left\{ \begin{array}{l} R_{1(y)} \left\{ \begin{array}{l} F_{v1} = k_{r1} \left[a \times c \times q \times d \times \frac{L_1}{2} \times \cos^2 \beta_1 + f_i \right] \\ F_{v2} = k_{r2} \left[a \times c \times q \times d \times \frac{L_2}{2} \times \cos^2 \beta_2 + f_i \right] \end{array} \right. \\ \\ R_{2(x)} \left\{ \begin{array}{l} T_{x1} = k_r \times t_{(15)} \times s \times \cos \beta_1 \\ T_{x2} = k_r \times t_{(15)} \times s \times \cos \beta_2 \end{array} \right. \\ \\ R_{2(y)} \left\{ \begin{array}{l} T_{y1} = k_r \times t_{(15)} \times s \times \sin \beta_1 \\ T_{y2} = k_r \times t_{(15)} \times s \times \sin \beta_2 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Esforços totais:

$$F_x = |T_{x1} + T_{x2}|$$

$$F_y = |F_{v1} + F_{v2}| + |T_{y1} + T_{y2}|$$

$$\text{Hipótese 2} \left\{ R_{1(y)} \left\{ \begin{array}{l} F_{v1} = \frac{1}{5} k_r \left[a \times c \times q \times d \times \frac{L_1}{2} \times \cos^2 \beta_1 + f_i \right] \\ F_{v2} = \frac{1}{5} k_r \left[a \times c \times q \times d \times \frac{L_2}{2} \times \cos^2 \beta_2 + f_i \right] \end{array} \right. \right.$$

Uma vez que os resultados da hipótese 2, comparativamente aos da hipótese 1, se revelam relativamente baixos, os mesmos não influenciam o resultado dos esforços totais, sendo, desse modo, de desprezar.

- **Apoios de derivação**

Quanto aos apoios de derivação, os mesmos encontram-se ilustrados através da figura que se segue (Figura 4-16).

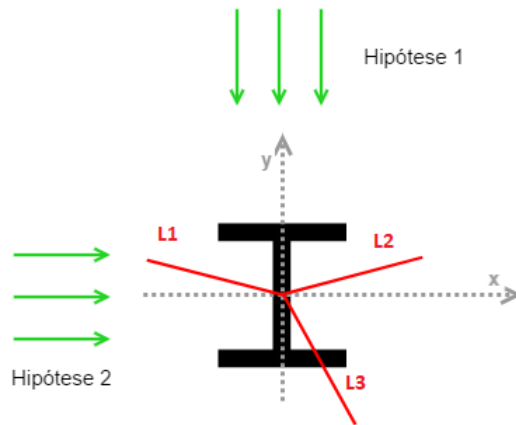


Figura 4-16 - Apoio de Derivação.

Onde L1 e L2 correspondem ao comprimento dos vãos 1 e 2, respetivamente, e L3 o comprimento do vão da linha derivada.

Por sua vez, o cálculo dos esforços aos quais estes apoios estão sujeitos, é dado pelas seguintes expressões:

$$\text{Hipótese 1} \left\{ \begin{array}{l} R_{1(y)} \left\{ \begin{array}{l} F_{v1} = k_{r1} \left[a \times c \times q \times d \times \frac{L_1}{2} \times \cos^2 \beta_1 + f_i \right] \\ F_{v2} = k_{r2} \left[a \times c \times q \times d \times \frac{L_2}{2} \times \cos^2 \beta_2 + f_i \right] \\ F_{v3} = k_{r3} \left[a \times c \times q \times d \times \frac{L_3}{2} \times \cos^2 \beta_3 + f_i \right] + f_a \end{array} \right. \\ \\ R_{2(x)} \left\{ \begin{array}{l} T_{x1} = k_r \times t_{(15)} \times s \times \cos \beta_1 \\ T_{x2} = k_r \times t_{(15)} \times s \times \cos \beta_2 \\ T_{x3} = k_r \times t_{(15)} \times s \times \cos \beta_3 \end{array} \right. \\ \\ R_{2(y)} \left\{ \begin{array}{l} T_{y1} = k_r \times t_{(15)} \times s \times \sin \beta_1 \\ T_{y2} = k_r \times t_{(15)} \times s \times \sin \beta_2 \\ T_{y3} = k_r \times t_{(15)} \times s \times \sin \beta_3 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Esforços totais hipótese 1:

$$F_x = |T_{x1} + T_{x2} + T_{x3}|$$

$$F_y = |F_{v1} + F_{v2} + F_{v3}| + |T_{y1} + T_{y2} + T_{y3}|$$

$$\text{Hipótese 2} \left\{ \begin{array}{l} R_{1(x)} \left\{ \begin{array}{l} F_{v1} = k_{r1} \left[a \times c \times q \times d \times \frac{L_1}{2} \times \sin^2 \beta_1 + f_i \right] + f_a \\ F_{v2} = k_{r2} \left[a \times c \times q \times d \times \frac{L_2}{2} \times \sin^2 \beta_2 + f_i \right] \\ F_{v3} = k_{r3} \left[a \times c \times q \times d \times \frac{L_3}{2} \times \sin^2 \beta_3 + f_i \right] \end{array} \right. \\ \\ R_{2(x)} \left\{ \begin{array}{l} T_{x1} = k_r \times t_{(15)} \times s \times \cos \beta_1 \\ T_{x2} = k_r \times t_{(15)} \times s \times \cos \beta_2 \\ T_{x3} = k_r \times t_{(15)} \times s \times \cos \beta_3 \end{array} \right. \\ \\ R_{2(y)} \left\{ \begin{array}{l} T_{y1} = k_r \times t_{(15)} \times s \times \sin \beta_1 \\ T_{y2} = k_r \times t_{(15)} \times s \times \sin \beta_2 \\ T_{y3} = k_r \times t_{(15)} \times s \times \sin \beta_3 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Esforços totais hipótese 2:

$$F_x = |T_{x1} + T_{x2} + T_{x3}| + |F_{v1} + F_{v2} + F_{v3}|$$

$$F_y = |T_{y1} + T_{y2} + T_{y3}|$$

Nota: se na linha derivada o primeiro apoio estiver nas imediações da derivação (até 20m) e se encontrar na posição de reforço (fim-de-linha), o cálculo da hipótese 2 pode ser dispensado.

- **Apoios Fim de Linha:**

Relativamente aos apoios fim de linha, tipicamente colocados na posição “B”, estes podem ser representados pela figura que se segue (Figura 4-17).

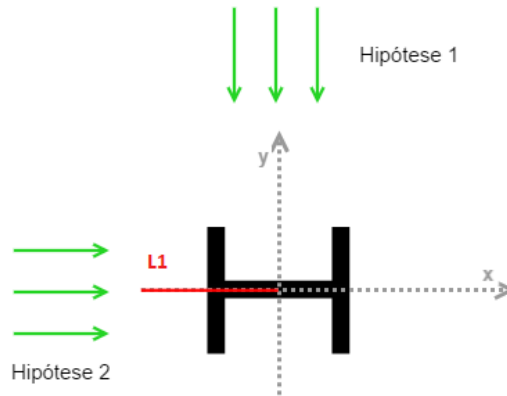


Figura 4-17 - Apoio de Fim de Linha.

Onde L1 corresponde ao comprimento do vão 1.

Condições Normais:

$$F_v = k_r \left[a \times c \times q \times d \times \frac{L_1}{2} \times \cos^2 \beta + f_i \right]$$

$$T_x = k_r \times t_{x(15)} \times s$$

Sendo os esforços totais dados por:

$$\text{Esforços Totais} = \begin{cases} F_x = T_x \\ F_y = F_v \end{cases}$$

Condições Excepcionais:

$$T_{max} = b \times F_{max} = \frac{l}{2} \times s \times t_{max} \leq T_r$$

4.5.4. ARMAÇÕES

Em relação a esta matéria, sabe-se que, nas linhas aéreas, os condutores são fixados a armações com recurso a isoladores rígidos ou cadeias de isoladores. Dependendo do tipo de armação que se utilize, esta escolha irá determinar a posição geométrica em que os condutores se irão dispor.

A função das armações é garantir a distância entre condutores, devendo apresentar resistência mecânica suficiente sob esforços atuantes. Por este motivo, a função do apoio ditará, em grande parte, a armação a utilizar.

4.5.4.1. Tipos de Armações

Relativamente aos tipos de armações que existem e circulam no mercado, podem distinguir-se dois grupos: armações para MT e armações para AT. Atendendo ao facto de o objeto deste estágio ter sido o projeto de linhas de MT, ir-se-ão abordar apenas as armações de MT.

Assim, de referir que as armações para MT estão normalizadas pela Direção Geral de Energia (DGE) nos termos da norma DMA-C67-620/N. Tendo em conta a sua aplicação e o tipo de isolamento utilizado, as armações normalizadas podem ser classificadas conforme a tabela que se segue (Tabela 4-9).

Tabela 4-9 - Armações Normalizadas para Postes de Betão de MT [8].

Tipo de Armação	Refª EDP da Armação	Aplicação da Armação	Tipo de Isolamento	Disposição
TAL	TAL	Alinhamento Ângulo (≤ 20 graus)	Isoladores Rígidos (eixo vertical)	Triângulo
TAN	TAN60 TAN120	Ângulo Reforço Fim de Linha	Cadeias de Amarração	
GAL	GAL	Alinhamento	Cadeias de Suspensão	Galhardete
GAN	GAN80 GAN120	Ângulo	Cadeias de Amarração	
http	HTP4	Posto de Transformação Aéreo TP4	Cadeias de Amarração	Esteira Horizontal
HRFSC/EDP	HRFSC/EDP 80 HRFSC/EDP 100 HRFSC/EDP 120	Alinhamento Ângulo (se ligeiro) Reforço Fim de Linha Derivação	Cadeias de Amarração	
VAL	VAL	Alinhamento	Isoladores Rígidos (eixo horizontal)	Esteira Vertical
VAN	VAN	Ângulo	Cadeias de Amarração	
VRF	VRF	Reforço Fim de Linha		
PAL	PAL	Alinhamento	Cadeias de Suspensão	Pórtico
PAN	PAN	Ângulo Reforço Fim de Linha	Cadeias de Amarração	

Como é possível observar, as armações podem assumir cinco disposições diferentes. No seguimento desta matéria, far-se-á uma breve abordagem às principais características desses tipos de armação.

- **Galhardete:**

Usada em praticamente todas as situações, à exceção de apoios fins de linha ou início de linhas derivadas, esta configuração (Figura 4-18) apresenta vantagens face às demais armações (TAN, HRF ou VAN), como o facto de utilizar menor número de cadeias de isoladores e permitir maior distância entre apoios (perto dos 300m).

Em relação às desvantagens que lhe estão associadas, esta armação não suporta os esforços de uma alteração de condutor nem tração. De igual modo, não pode ser utilizada em apoios de reforço (mesmo que o condutor seja o mesmo ou que a tração não mude) nem em apoios fins de linha.

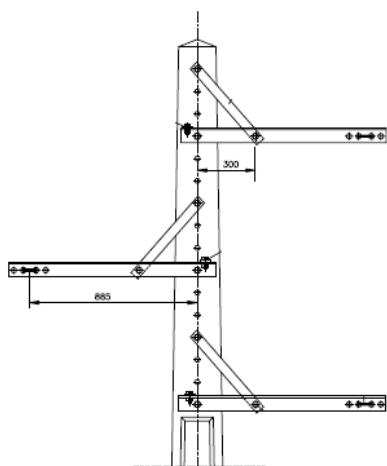


Figura 4-18 - Esquema GAN.

- **Esteira Horizontal:**

As esteiras horizontais (Figura 4-19) podem ser usadas na generalidade das funções, ou seja, podem ser aplicadas em inícios de linha, fim-de-linha, alinhamento, ângulo (até determinada amplitude) e ainda em apoios de reforço.

Esta armação permite ainda suportar os esforços de uma mudança de condutor / tração no apoio onde se encontra instalada. Além disso, é a armação mais utilizada em início de linhas derivadas ou fins de linha.

Como inconveniente, pode apontar-se a necessidade da instalação de uma cadeia de passagem. À desvantagem já referida acresce ainda a particularidade inerente a esta armação, mais concretamente o facto de esta não permitir vãos superiores a 120 m, a não ser que se coloque no apoio adjacente uma GAN ou TAN, podendo, nesses casos, atingir os 145 m de vão.

Um dos cuidados a ter em conta quando se utiliza esta armação (esteira horizontal) é na transição para a disposição em esteira vertical (transição HRF – VAN/VRF) pois dificilmente se assegura a distância de garantia entre condutores a meio vão. Caso se pretenda implantar esta situação, o vão em causa não poderá ultrapassar os 70 m.

Entre os diferentes tipos de armações que fazem parte da “família” das esteiras horizontais existe a HRF 100, utilizada por exemplo para Aster 55, Aster 117, AA 50 ou AA 90, a HRF 120, utilizada para condutores de maior secção e, por último, a armação HPT4, utilizada exclusivamente em PT’s aéreos.

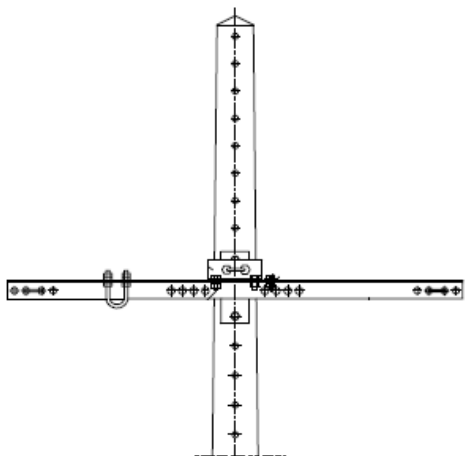


Figura 4-19 - Esquema HRF.

- **Triângulo:**

Relativamente às armações em triângulo (Figura 4-24), estas são utilizadas em grande parte dos apoios que não sejam fins de linha e inícios de linha. A TAN 60 é usada em apoios de alinhamento e ângulo e a TAN 120 em apoios fins de linha, de reforço e apoios com alteração de condutor/ tração, sendo esta uma das principais vantagens da aplicação deste tipo de armação.

Quanto aos comprimentos de vãos, este género de armação permite distâncias entre apoios na ordem dos 180m.

Como inconveniente apresenta a necessidade de se utilizar uma cadeia adicional de isoladores.

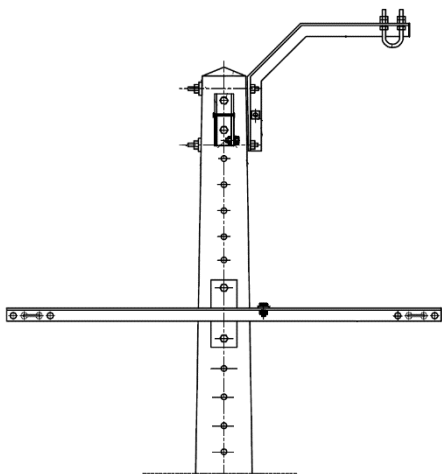


Figura 4-20 - Esquema TAN.

- **Esteira Vertical:**

Quanto a este tipo de armação (Figura 4-21), utiliza-se em todas as situações possíveis, isto é, em inícios e fins de linha, apoios de alinhamento / ângulo (quaisquer) e apoios de reforço (se VRF). Dada a sua particular configuração, esta armação é especialmente aconselhada para ângulos superiores a 80 graus (ângulo de desvio) e ângulos agudos.

Para além disso, apresenta uma disposição muito útil caso se pretenda minimizar o espaço aéreo ocupado pelos condutores, o que se revela vantajoso, por exemplo, quando se passa por cima de extremas.

Por último, como principais desvantagens podem indicar-se a necessidade de aplicar isoladores de passagem e a dificuldade acrescida na realização de Trabalhos em Tensão (TET).

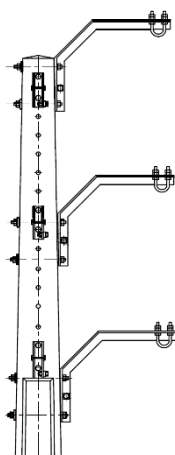


Figura 4-21 - Esquema VAN.

- **Pórticos:**

Esta última configuração de armações - os pórticos -, utilizam-se quando existe a necessidade de obtenção de vãos consideravelmente extensos.

Como principal inconveniente, realça-se o facto de necessitar de dois apoios, o que implica uma maior expropriação do local onde se implementam, facto que acaba por acarretar maiores custos.

Apesar da grande vantagem que apresenta - vãos muito extensos - esta configuração de armação está a cair cada vez mais em desuso.

4.5.4.2. Verificação da Distância entre Condutores

Conforme visto anteriormente, segundo o Artigo 31º do RSLEAT, a distância entre condutores para linhas de 2ª classe é dada por:

$$D = 0,75 \times k\sqrt{f + d} + \frac{U}{200}$$

Onde:

- D – Distância entre Condutores – m;
- d – Comprimento das cadeias dos isoladores suscetíveis de oscilar transversalmente à linha - m;

- f – Flecha Máxima dos Condutores – m;
- k - Coeficiente dependente da natureza dos condutores e cujo valor é:
 - 0,6 para condutores de cobre, bronze, aço e alumínio-aço;
 - 0,7 para condutores de alumínio e de ligas de alumínio.
- U – Tensão Nominal da Linha – kV.

No âmbito do mesmo regulamento, fora de zonas de gelo, a referida distância D poderá ser inferior ao valor obtido pela expressão, desde que a distância entre os planos horizontais, passando pelos respetivos pontos de fixação, não seja menor que dois terços desse valor. Independentemente do caso que se tratar, a mesma distância não poderá ser inferior a 540 mm.

Consoante a armação de cada apoio, a distância entre condutores irá, naturalmente, variar. Por isso, de seguida apresentam-se as distâncias mínimas entre condutores para cada tipo de armação (Figura 4-22, Figura 4-23, Figura 4-24 e Figura 4-25), caso esta se mantenha em dois apoios consecutivos.

As medidas apresentadas nas figuras que se seguem estão em mm.

- **GAN:**

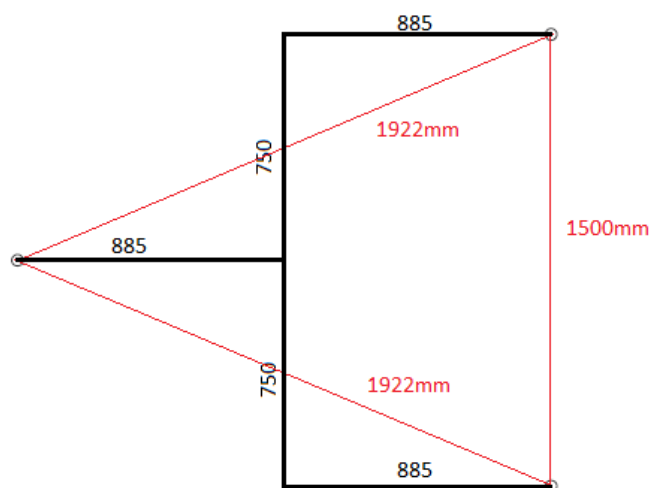


Figura 4-22 - Distância entre Condutores GAN.

- **HRF:**

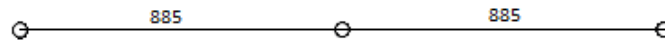


Figura 4-23 - Distância entre Condutores HRF.

- **TAN:**

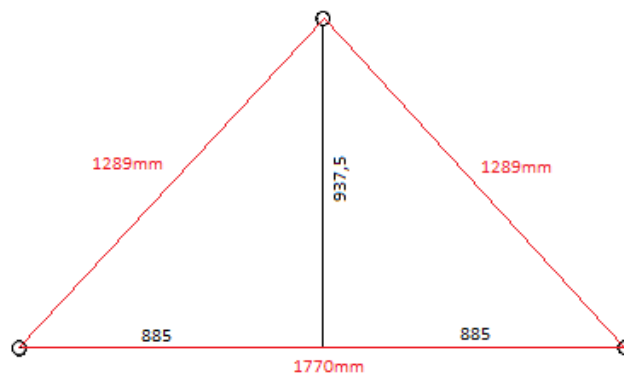


Figura 4-24 - Distância entre Condutores TAN.

- **VAN:**



Figura 4-25 - Distância entre Condutores VAN.

Caso se utilizem dois tipos de travessa diferentes, em dois apoios consecutivos, a distância mínima em causa será obtida a meio vão em condições de vento máximo e irá apresentar os valores que constam na Tabela 4-10. A título de exemplo, apresenta-se um caso em que dois apoios consecutivos teriam uma GAN e uma HRF.

- **GAN/HRF:**

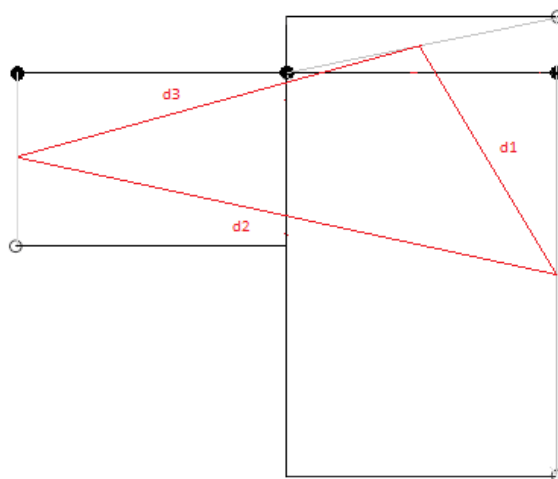


Figura 4-26 - Distância entre Condutores.

De referir que, na figura anterior, a menor distância, d_1 , corresponde a um valor igual a 1,003m. Considerando as distâncias entre condutores, para as várias combinações possíveis de armações, obtiveram-se os seguintes valores:

Tabela 4-10 - Distância Mínima Entre Condutores.

Distância Mínima Entre Condutores (m)					
	GAN	HRF	TAN	VAN	VRF
GAN	1,922	1,003	1,296	1,160	1,093
HRF		0,885	1,001	0,622	
TAN			1,285	1,001	
VAN				0,875	

Na prática, o valor calculado na equação referente à distância entre condutores tem de ser necessariamente inferior às distâncias indicadas na tabela acima. Caso contrário, não se verificam as distâncias de garantia entre condutores.

4.5.5. FUNDAÇÕES

Uma vez definidos os apoios, segue-se o dimensionamento das respetivas fundações, as quais garantem a sua estabilidade.

Tipicamente, os maciços de fundação são constituídos por betão ciclópico, isto é, betão normal junto com pedras de dimensões até 30cm.

Quanto aos seus tipos, destacam-se os seguintes: -em grelha de aço; -em sapara de betão; -em brocas de betão; -ancoramento em rochas; -em estaca.

Na prática, independentemente do facto de a EDP Distribuição contar com várias tabelas definidas cujo propósito é o de determinar as dimensões da fundação, assim como a profundidade (p) de enterramento do apoio, esta grandeza pode ser determinada pela expressão que se segue:

$$p \geq \frac{H}{10} + 0,5$$

Onde p corresponde à profundidade de enterramento e H à altura total do apoio, em metros.

Assim, consoante a altura do apoio, será determinada a dimensão da cova - profundidade, face da alma e face dos banzos. Por esta razão, dimensões adequadas ao tipo de apoio são fundamentais para a construção do maciço de fundação, de modo a garantir a estabilidade correspondente às solicitações dos terrenos – coeficiente de compressibilidade em daN/cm^3 .

Para além da profundidade, estão também padronizadas outras características tais como o volume de escavação, volume e tipo de betão a utilizar, desenho da geometria e peso previsto da fundação.

Nesta fase de dimensionamento das fundações devem ter-se em conta determinados fatores, por exemplo, a natureza dos terrenos, a função do apoio e fundamentalmente a altura do apoio.

4.6. COEFICIENTE DE REDUÇÃO DE ESFORÇOS

No caso dos apoios de betão, os esforços devem ser considerados a 0,25 m do topo do apoio, de modo a que seja possível estabelecer uma comparação entre os esforços obtidos e os valores da resistência mecânica nominal indicados nos catálogos dos apoios.

No caso de não se considerar este fator, estar-se-á a conferir uma margem de segurança, o que pode resultar num sobredimensionamento do apoio.

Assim, de uma forma muito simplista, este fator pode ser ilustrado pela Figura 4-27.

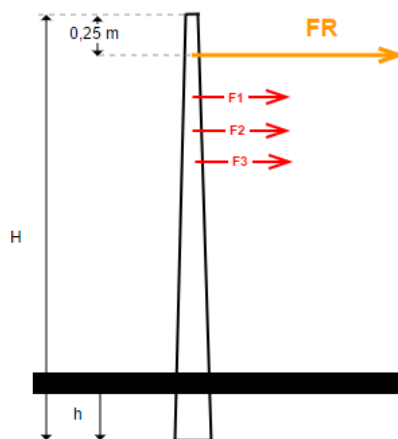


Figura 4-27 - Coeficiente de Redução de Esforços.

Neste caso, FR representa a força resultante a 0,25 metros do topo do apoio e cada uma das 3 forças F1, F2 e F3 representam a força exercida por cada fase. De modo simplificado, este fator pode ser dado pela expressão:

$$k = \frac{3 \times H_{\text{útil}} - d_1 - d_2 - d_3}{H_{\text{útil}} - 0,25}$$

Representando d1, d2 e d3 as distâncias da cada uma das fases em relação ao topo do apoio e *Altura Útil* ($H_{\text{útil}}$) = *Altura Total do apoio* (H) – *Altura de Enterramento* (h).

A título de exemplo, indicam-se os valores do coeficiente de redução de esforços para apoios de 18 e 20 metros (Tabela 4-11), tendo em conta as várias armações.

Tabela 4-11 - Coeficiente de Redução de Forças.

Altura do Apoio (m)				
		18	20	
GAN		2,806	2,842	Nternos=1
HRF		3,009	3,001	
TAN		2,891	2,911	
VAN		2,842	2,872	
VAN		5,891	5,912	Nternos=2

5. CONCEÇÃO DO PROJETO

Terminado todo o processo de aprendizagem de conceitos e métodos indispensáveis à realização do projeto de linhas aéreas MT, seguiu-se a elaboração do mesmo.

No geral, apesar de apenas ter sido realizado no âmbito deste estágio o trabalho típico de um projetista, um projeto MT engloba muitas outras fases, nas quais colaboram outros trabalhadores da empresa, nomeadamente, desenhadores, orçamentistas, etc.

Assim, neste capítulo procura-se, numa primeira fase, abordar toda a estrutura processual necessária na elaboração de projetos MT e as peças constituintes que o devem integrar. Numa fase posterior, apresentam-se projetos típicos que foram sendo progressivamente realizados. De referir ainda que, no Anexo A, se apresenta um projeto realizado ao longo deste estágio.

5.1. PEÇAS A INTEGRAR NO PROJETO

De forma genérica, um projeto completo de MT deve conter as seguintes peças:

- Memórias Justificativa e Descritiva;
- Peças Desenhadas das quais constam:
 - Planta geral de situação à escala 1:25000;
 - Planta parcelar e de localização, em escala não inferior a 1:2500;
 - Perfil Longitudinal da linha;
 - Desenhos dos apoios, respetivas armações e fundações, suficientemente pormenorizados, para se compreenderem os cálculos correspondentes;
 - Pormenores de cruzamentos, travessias e aproximações com outras instalações;
 - Desenho do Posto de Transformação;
 - Esquema elétrico de princípio;
 - Plantas da integração do PT na rede de BT/IP.

5.2. SEQUÊNCIA DE TRABALHO

A fase de projeto inicia-se com o estudo e definição do traçado da nova linha de MT projetada, seguindo-se a requisição do levantamento topográfico do perfil longitudinal e planta parcelar, o qual poderá sofrer alguns ajustes na fase de topografia, devido a constrangimentos resultantes de contactos e posteriores negociações com os proprietários.

Na posse do levantamento topográfico efetuado, o projetista insere o traçado em DM e inicia a elaboração do projeto propriamente dito. Assim, ao projetista cabe, em qualquer projeto de linhas aéreas MT, a concretização das seguintes tarefas:

- Distribuição dos apoios nos locais predefinidos ou a definir;
- Cálculo mecânico dos esforços a que cada apoio será submetido;
- Análise dos cantões, isto é, verificação das distâncias a obstáculos e comprimentos de vão;
- Cálculo mecânico dos condutores;
- Seleção das armações para cada apoio;
- Seleção do tipo de fixação e isoladores para cada apoio;
- Análise da necessidade de introduzir apoios de reforço;
- Cálculo das fundações.

Após a realização do projeto, extraem-se as peças desenhadas do DM, o perfil longitudinal e a planta de localização. É no perfil que são caracterizados todos os apoios, armações, isolamento, pormenores de cruzamentos, travessias e proximidades a outras instalações, divisão das propriedades, cadastro dos proprietários, tipos de culturas, entre outras informações que se considerem indispensáveis.

Para além das peças desenhadas, é obrigatório enviar para licenciamento as folhas de cálculo relativas aos apoios de derivação da linha em projeto.

Quanto à memória descritiva, esta não é mais do que uma memória simplificada, na qual é identificada e caracterizada de forma objetiva a instalação proposta.

Neste seguimento, o projetista deve fornecer aos desenhadores os elementos necessários para a finalização das peças desenhadas do projeto.

Outra das etapas da elaboração de um projeto é a organização dos materiais utilizados e trabalhos a realizar sob a forma de um mapa de medições e orçamentação de obra.

Elaborado o projeto completo e enviado para licenciamento, este será encaminhado para o departamento responsável pela execução física da obra. Este último momento consiste na adjudicação, que se traduz no ato de contratação de uma empresa para a construção da obra, por parte do dono da mesma.

Desta forma, todo o processo deve obedecer à seguinte ordem cronológica:

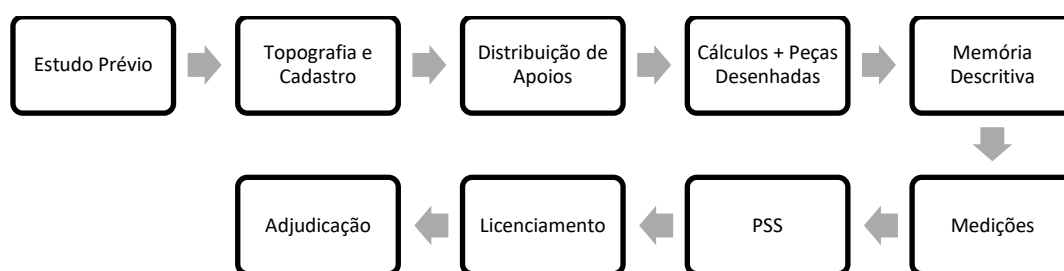


Figura 5-1 - Fases de Elaboração do Projeto.

Ao longo deste processo podem surgir imprevistos, isto é, condicionantes que poderão provocar alguns entraves e consequentes custos acrescidos. Daí que todas estas fases careçam de consultas prévias a entidades licenciadoras para que estas identifiquem essas condicionantes de modo a tornar possível a sua concretização.

A título de exemplo, caso numa linha aérea se verifique a travessia sob uma estrada nacional, é necessário consultar as InfP (Infraestruturas de Portugal).

Porém, existem outras condicionantes que reclamam consulta às entidades competentes. Esta consulta é uma ação de carácter obrigatório e, por isso, naturalmente indispensável. Na tabela que se segue (Tabela 5-1), apresentam-se as várias condicionantes e respetivas entidades.

Tabela 5-1 - Entidades a Consultar na Elaboração de Projeto [8].

Entidades a Consultar								
Condicionantes	InfP	ANA	FAP	APA	CCDR	CM	MA	ICNF
Rios e Albufeiras								
Vias Ferroviárias								
Vias Rodoviárias(AE, IPr e IC)								
Zonas REN								
Zonas RAN								
Zonas Protegidas								
Prox. a Aeródromos								
Prox. A Antenas Rádio Difusão								
Áreas Urbanas e PDM								

5.3. ELABORAÇÃO DO PROJETO EM DM

Conforme verificado no capítulo das ferramentas utilizadas neste estágio, a EDP disponibiliza aos seus projetistas uma ferramenta, o DM, desenvolvida para o projeto de linhas aéreas.

Esta ferramenta permite aceder à informação disponível na base de dados da rede elétrica e de cartografia, existente no Sistema de Informação Técnica da EDPD, e caracteriza o novo projeto através das “obras DM” criadas para cada projeto.

Um projeto elaborado em DM tem, tipicamente, uma sequência de trabalho pré-estabelecida. Assim, quando chegam os ficheiros do levantamento topográfico, o traçado e o perfil longitudinal, os mesmos devem ser devidamente preparados em *AutoCad* de modo a ser possível a sua inserção em DM.

Depois de se inserirem os ficheiros em DM, pode prosseguir-se para a realização do projeto (distribuição de apoios, a definição de condutores, de armações, isolamento e outros equipamentos, como por exemplo, se aplicável, os postos de transformação).

Após a devida caracterização do cantão, podem ser geradas as peças desenhadas/ escritas, constituídas pelo perfil longitudinal e planta parcelar da linha, pela planta de situação/ localização e pelas flechas de montagem.

5.4. PLANO DE OBRAS (PO 2017)

Determinados os passos para a execução do projeto, deve conhecer-se a tipologia do investimento associado ao projeto. Como tal, um investimento poderá tomar as seguintes denominações:

- Investimento Estruturante – Iniciativa da empresa ou programável;
- Investimento Corrente Urgente;
- Investimento Obrigatório.

O primeiro tipo de investimento diz respeito a todos os projetos de desenvolvimento de rede, satisfação de novos consumos e ainda redução de perdas que tenham como objetivos a garantia de melhoria ou continuidade de serviço.

Por sua vez, no investimento de corrente urgente, enquadram-se projetos que procurem a reposição de um ativo, o qual deixou de funcionar por motivo de avaria ou que se encontre a colocar em causa as condições regulamentares.

Por fim, o investimento obrigatório corresponde a situações de ligação de novos clientes e/ou produtores, loteamentos e urbanizações e modificações requeridas por entidades externas.

Neste contexto, ao longo do estágio, foram desenvolvidos vários projetos que incluíram os três tipos de investimento. Numa primeira fase, foi necessário desenvolver uma folha cuja função foi a de detalhar o plano de trabalho para o ano corrente e da qual constavam todas as obras a desenvolver.

Ultrapassada a fase de organização do plano de trabalho, seguiu-se o desenvolvimento e elaboração de alguns projetos integrantes desse mesmo plano.

5.5. ANTI-REGULAMENTARIDADES

Para além dos projetos inseridos no plano para o ano de 2017, existiram também outros no âmbito da regularização de linhas MT anti-regulamentares, abrangidas pela categoria do investimento urgente.

Estes casos anti-regulamentares obedecem a um critério de criticidade, o qual associará a esses mesmos casos a necessidade de intervenções de corrente urgente. Assim, após análise de todas as situações referentes aos concelhos pertencentes à Eng^a Maria João Botelho, interveio-se, numa primeira fase, nas linhas com pontos identificados com criticidade A.

Esta análise de criticidade incide nas distâncias das linhas ao solo, a habitações ou a outras linhas. Ou seja, conforme o nível de tensão, existem valores parametrizados que limitam as distâncias mínimas que se devem verificar e que, conseqüentemente, determinam um certo nível de criticidade.

Este fator – nível de criticidade - poderá ser subdividido em três “níveis”, A, B e C. Caso a situação em estudo se encontre no nível A, isto significa que se deve intervir imediatamente.

Segundo o RSLEAT, as equações que determinam as distâncias mínimas (D) são:

- **Solo:** $D = 6,0 + 0,005.U \rightarrow \text{Mínimo Recomendado} = 7m;$
- **Habitações:** $D = 3,0 + 0,0075.U \rightarrow \text{Mínimo Recomendado} = 4,4m + |\text{desnível}|;$
- **Linhas:** $D = 1,5 + 0,01.U + 0,005.L \rightarrow \text{Mínimo Recomendado} = 2m.$

Sendo:

- U- Tensão nominal da linha - kV;
- L- Distância do ponto de cruzamento ao apoio mais próximo da linha superior - m.

Resumindo, os limites regulamentares estabelecidos pelo RSLEAT relativamente às distâncias a verificar (V_R) são dados pela Figura 5-2:

	kV	Chão	Construção	Linhas
		$D=6,0+0,005.U$	$D=3,0+0,0075.U$	$D=1,5+0,01.U+0,005.L$
-0-	6	6,0	4,0	2,1
-1-	10	6,1	4,0	2,1
-2-	15	6,1	4,0	2,2
-3-	30	6,2	4,0	2,6
-4-	45	6,2	4,0	2,7
-5-	60	6,3	4,0	3,1
-6-	130	6,7	4,0	4,1

Figura 5-2 - Limites Regulamentares segundo o RSLEAT.

Nota: algumas distâncias foram sofrendo alterações regulamentares, sendo que muitas delas não estão de acordo com as novas distâncias estando, contudo, regulamentares face aos valores dos regulamentos em vigor no período da sua construção. A título de exemplo, anteriormente a distância mínima regulamentar de uma linha a uma habitação era 3m e atualmente é 4m.

Para o efeito, as parametrizações dos diferentes níveis de criticidade são:

- **Criticidade A:** $distância \leq V_R - 25 \%$;
- **Criticidade B:** $V_R - 25 \% < distância \leq V_R$;
- **Criticidade C:** $V_R < distância \leq V_R + 10\%$.

Sendo V_R o Valor Regulamentar segundo o RSLEAT.

Aplicando as expressões acima, obtém-se o quadro resumo da Figura 5-3, que indica as distâncias para os diferentes níveis de criticidade.

	kV	Chão			Construção			Linhas		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
-0-	6	5,4	6,0	6,6	3,0	4,0	4,4	1,6	2,1	2,3
-1-	10	5,5	6,1	6,7	3,0	4,0	4,4	1,6	2,1	2,3
-2-	15	5,5	6,1	6,7	3,0	4,0	4,4	1,7	2,2	2,4
-3-	30	5,6	6,2	6,8	3,0	4,0	4,4	2,0	2,6	2,9
-4-	45	5,6	6,2	6,8	3,0	4,0	4,4	2,0	2,7	3,0
-5-	60	5,7	6,3	6,9	3,0	4,0	4,4	2,3	3,1	3,4
-6-	130	6,0	6,7	7,4	3,0	4,0	4,4	3,1	4,1	4,5

Figura 5-3 - Níveis de Criticidade.

Continuando o raciocínio anterior, importa indicar que o processo de modificação de redes para regularização de distâncias é iniciado com inspeções realizadas pela LABLEC, empresa especializada do grupo EDP, que verifica a distância exata das linhas aos obstáculos e que posteriormente comunica à Direção de Manutenção (DMN) as situações não regulamentares, as quais são encaminhadas ao RCTER para análise/ projeto.

Uma vez conhecidas as situações em causa, as equipas de projeto dos Estudos de Redes deslocam-se ao terreno de modo a analisar a situação e, conseqüentemente, determinam qual ou quais as soluções a implementar.

A título de exemplo, imagine-se que, após medição, se tinha verificado que a distância de uma linha de MT a uma habitação seria de 2,5m. Nesta situação, a distância mínima a verificar seria, conforme a Figura 5-2, 4m, o que significa que a distância a que se encontra a construção conferiria a esta situação criticidade A.

Verificada esta ocorrência no terreno, ter-se-ia de se proceder rapidamente à implementação de uma solução, elaborando, para isso, projeto de modificação com o intuito de tornar esta situação numa situação regulamentar.

5.5.1. CASO REAL

Apresenta-se aqui um caso concreto de uma criticidade A. Nesta situação, verificou-se que uma linha MT estava demasiado perto de uma Creche/ Lar, tal como se poderá observar pela Figura 5-4.

- **Análise no Terreno**

Após deslocação ao local, confirmou-se que a construção estava demasiado perto da linha aérea. Constatou-se também que o apoio junto ao Lar, o apoio nº 3 da LAMT para o PT CDV 85 – Murteira, no caso um apoio 16M1250, se encontrava demasiado baixo face à conjectura da situação.

Verificou-se igualmente que, aquando da construção da linha, a habitação não se encontrava naquele local. Por este motivo, foi a construção da mesma a determinar o facto de a situação ser considerada como anti-regulamentar. Isto justifica o facto de parte dos custos inerentes à remodelação da linha terem de ser suportados pela instituição.



Figura 5-4 - Proximidade da Linha à Construção.

- **Projeto -LAMT para o PT CDV 85**

Observada a situação no terreno e definida a solução a implementar, passou-se à elaboração do projeto propriamente dito. Neste caso concreto, a solução encontrada foi a de substituir o apoio nº3 por um novo apoio, desta vez mais alto e melhor posicionado, mais concretamente, um apoio 22M1200.

Como se tratava de uma solução simples e que apenas envolvia a substituição de um apoio, não foi necessário proceder a levantamento topográfico. Desta forma, avançou-se logo para a elaboração do projeto. As figuras seguintes (Figura 5-5 e Figura 5-6) representam extratos do perfil longitudinal e parte da planta parcelar do projeto.

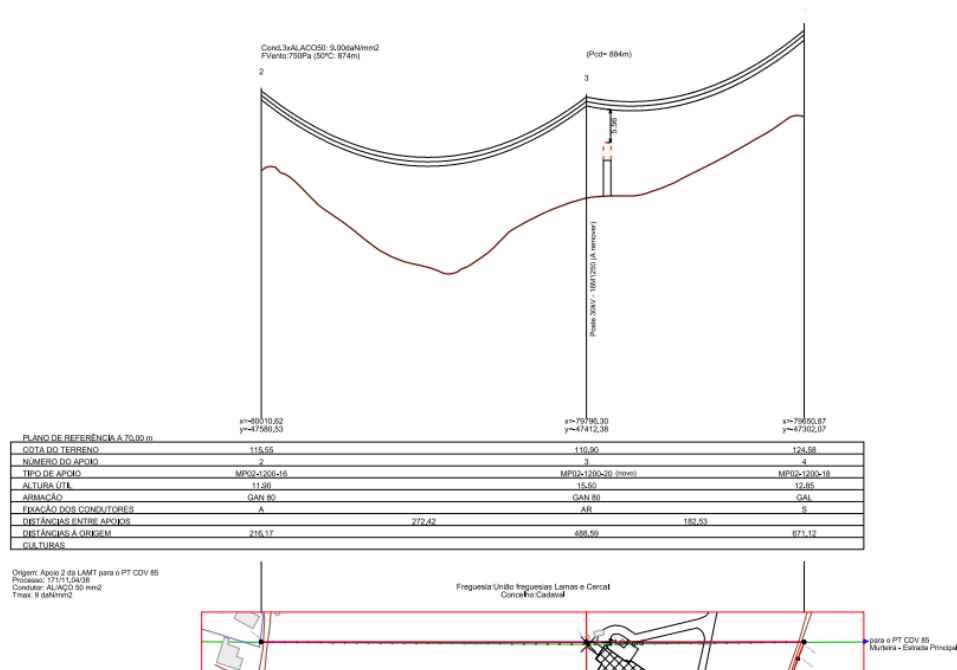


Figura 5-5 - Perfil Longitudinal.

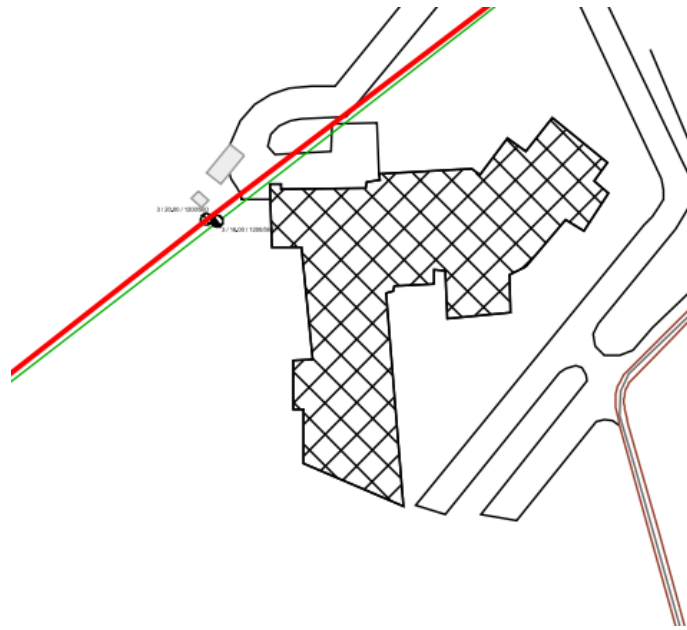


Figura 5-6 - Pormenor da Planta de Localização.

6. DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA

Um dos objetivos pré-estabelecidos aquando do planeamento do estágio foi o desenvolvimento de um modelo de cálculo de esforços para equipamentos de corte e manobra colocados nas LAMT.

O modelo em questão consiste no cálculo dos esforços adicionais exercidos num apoio, provocados pela implementação de um OCR (Órgão de Corte de Rede) e/ ou de um Seccionador. Neste sentido, pretendeu-se adicionar a força resultante da colocação desses aparelhos, às folhas de cálculo de esforços nos apoios existentes no departamento.

Assim, importa, numa primeira fase, esclarecer a importância da instalação deste tipo de aparelhos (corte e religação) na rede MT.

6.1. DISPOSITIVOS UTILIZADOS NA REDE MT

Na rede aérea de distribuição MT são utilizados, para além dos habituais seccionadores sem poder de corte, uma série de dispositivos de manobra com determinadas características específicas.

Relativamente à aplicação destes aparelhos, os dispositivos implementados pela EDP Distribuição nas redes MT são [9]:

- Interruptor Auto-Religador (IAR);
- Interruptor Aéreo Telecomandado (IAT);
- Órgão de Corte de Rede de 1ª geração (OCR1) – Possui capacidade de ser telecomandado;
- Órgão de Corte de Rede de 2ª geração (OCR2) – Podem ter automatismos para isolamento de defeitos e podem ser atuados remotamente;
- Órgão de Corte de Rede de 3ª geração (OCR3) – Possui capacidade de proteção de deteção e isolamento de defeitos, que eram detetados nas proteções de subestações.

Interruptor Auto-Religador:

Os primeiros equipamentos de corte instalados na rede MT foram os IAR. Os mesmos destinam-se a colocar fora de serviço os troços MT os quais, reunidas certas características, podem causar algumas avarias.

Este equipamento possibilita o corte em carga e o fecho dos contactos sob uma corrente de curto-circuito. Ou seja, o mesmo não tem nenhuma função de telecomando, podendo ser atuado via automatismos pré-programados ou por deslocação de um técnico ao local.

Interruptor Aéreo Telecomandado:

Por sua vez, um IAT é um dispositivo em tudo semelhante aos IAR. Porém, este possui uma unidade de comando, supervisão e controlo, o que permite, desse modo, o controlo no local ou via telecomando.

Órgãos de Corte de Rede:

No que diz respeito à operação da rede de Média Tensão (MT), os equipamentos designados por Órgãos de Corte de Rede apresentam um papel fundamental.

A sua utilização permite a atuação remota ou por via de automatismos, bem como o isolamento de linhas onde tenha ocorrido um defeito. Por esta razão, este tipo de aparelho é utilizado em redes de distribuição MT e tipicamente colocado em pontos intermédios das linhas e instalado em apoios. Quanto às suas funcionalidades, estes aparelhos permitem aumentar a qualidade de serviço ao nível do fornecimento de energia elétrica a todos os clientes.

De referir ainda que, nos últimos anos, tem-se registado um aumento exponencial na utilização destes aparelhos. No contexto atual, o OCR3 é o principal órgão utilizado.

- **OCR do Tipo 1:**

Este é um equipamento semelhante ao IAT. Porém, é mais utilizado devido às suas particulares características que o tornam especialmente relevante pelas seguintes razões [10]:

- Quanto à câmara de corte, a mesma é constituída por um invólucro integralmente selado, contendo no seu interior SF₆ (Hexafluoreto de Enxofre). Esta substância confere à dita câmara determinadas qualidades, nomeadamente, no âmbito do meio dielétrico e de extinção do arco elétrico;

- Ao nível de isolamento elétrico, consegue ser garantida a informação mecânica do seu estado (aberto ou fechado);
- Não necessita de associar a montagem de um seccionador, permitindo o encravamento na posição de aberto.



Figura 6-1 – OCR 1.

Sobre este aparelho, o mesmo possibilita a sinalização de defeito, enviando informação para o centro de condução, permitindo assim identificar o local da avaria. Quanto à sua localização, a mesma deverá ser nas fronteiras das linhas de MT.

- **OCR do Tipo 2:**

A principal diferença deste aparelho face ao OCR do tipo 1, prende-se com facto de este suportar correntes de curto-circuito, o que lhe confere características elétricas muito semelhantes às do IAR.

Quanto à sua tipologia, é um interruptor-disjuntor que não garante distância de seccionamento e, por isso, tem de ser associado à montagem um seccionador. A sua corrente nominal de funcionamento é superior face à do OCR1, podendo, desse modo, ser usado em zonas com cargas mais elevadas.

- **OCR do Tipo 3:**

Por último, cabe analisar o OCR3. Assim sendo, este apresenta-se com características técnicas semelhantes às do OCR2. Na realidade, este aparelho nada mais é do que um disjuntor religador, com capacidade para cortar correntes de curto-circuito. Igualmente reúne valências que lhe permitem o fecho sobre as mesmas correntes.

Quanto à rede de distribuição MT, nesta fase, tem-se instalado quase unicamente aparelhos deste tipo.

Apesar de a EDP Distribuição reunir vários produtos qualificados nesta categoria, a configuração dos mesmos é idêntica à Figura 6-2.



Figura 6-2 – OCR 3.

Tendo em conta a sua estrutura e composição, um OCR 3 é constituído pelo próprio OCR, Transformador de Tensão (TT), Descarregador de Sobretensão (DST), seccionador, armário de comando, antena de rádio e ainda pelos cabos de conexão.

6.2. FERRAMENTA DESENVOLVIDA

Tal como referido anteriormente, uma das atividades que se pretendia concretizar neste estágio seria o desenvolvimento de um modelo de cálculo de equipamentos instalados nas LAMT.

Face à crescente implementação destes equipamentos nos apoios MT, reveste especial importância a determinação dos esforços provocados nos mesmos. Deste modo, decidiu-se complementar as folhas de cálculo de apoios, já existentes no departamento (Figura 6-3), com o cálculo dos esforços provocados pela instalação dos seguintes equipamentos:

- Seccionador Horizontal;
- Seccionador Vertical;
- Seccionador Vertical + Descida a Cabo;
- OCR1;
- OCR2 + Seccionador Vertical;
- OCR2;
- OCR3 + Seccionador Vertical;
- OCR3.

Em relação às folhas de cálculo dos esforços nos apoios de ângulo, as mesmas passaram a figurar conforme a imagem que se segue (Figura 6-3).

CÁLCULO DOS ESFORÇOS NO APOIO DE ÂNGULO

Linhas				
Vão 1:				
Tipo	Comprimento(m)	Vão equival. (m)	T. Máx. (daN/mm ²)	Beta 1 (gd)
AA50	70	70	8	199
Vão 2:				
Tipo	Comprimento(m)	Vão equival. (m)	T. Máx. (daN/mm ²)	Beta 2 (gd)
AA50	126	126	8	1
Coeficiente dos esforços resultante do ponto de aplicação:				
Armação	Deslocamento:	Coef. redução Ki	Altura do apoio:	
Vão 1: GAN	0	2.83	20 m	
Vão 2: GAN	0	2.83	Profundidade:	
2.5 m				
Acção do vento sobre os isoladores e armações:				
Hipot. 1				
Isoladores		Armações	Equipamento	Espessura de gelo:
Vão 1: 5.00	0.00 daN	0.00 daN	OCR3 + secc	0 mm
Vão 2: 5.00	0.00 daN			P. din. vento
				Normal
Posição: A <input checked="" type="radio"/> B <input type="radio"/> 1				
POSTE ESCOLHIDO: 20M1200 20M1250				
22		47		

Figura 6-3 - Folha Cálculo dos Esforços num Apoio.

Deste modo, acrescentou-se uma lista às folhas de cálculo (Figura 6-4). Nessa lista figuram os equipamentos referidos acima, facilidade que permite ao projetista escolher o equipamento que se pretende instalar no apoio alvo de cálculo.

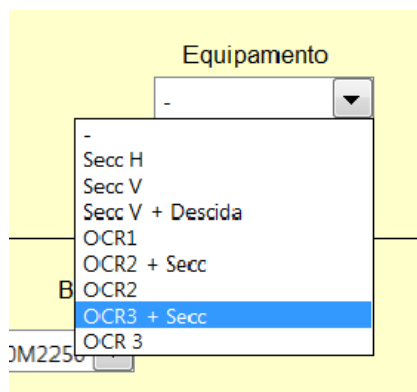


Figura 6-4 – Equipamentos.

Com a seleção do equipamento, automaticamente aos esforços totais do apoio será somado o esforço provocado por esse mesmo equipamento. Este cálculo foi possível devido à consulta dos catálogos dos fabricantes dos equipamentos. Igualmente contribuíram para esta possibilidade as medições realizadas no decorrer do estágio.

Quanto aos cálculos efetuados, foi necessário decompor os elementos constituintes de cada equipamento e efetuar os cálculos por centro de massa. Assim, a expressão que dita o esforço de cada componente do equipamento é representada por:

$$F = a \times c \times q \times s \times k_R$$

Onde:

- a - Coeficiente de Redução;
- c - Coeficiente de Forma;
- F – Força Total – daN;
- q - Pressão Dinâmica do Vento - Pa;
- s – Área de Exposição ao Vento – m²;
- k_R – Coeficiente de Redução de Esforços.

Pela análise dos resultados finais que foram obtidos, pôde-se constatar que, até à existência desta ferramenta, o que acontecia era o sobre dimensionamento dos apoios sempre que se queria instalar um aparelho nos mesmos, através da adição de um esforço típico de 300Kg na hipótese 2 de cálculo.

De modo a exemplificar o modelo de um OCR3, cujos cálculos foram desenvolvidos, implementou-se, em *AutoCad*, um esquema exemplo com os componentes típicos, numa aproximação à escala real ([11] [12] [13]), essenciais para o funcionamento de um dispositivo de manobra de rede deste tipo. Assim, na Figura 6-5 exemplifica-se uma configuração possível na aplicação de um OCR3.

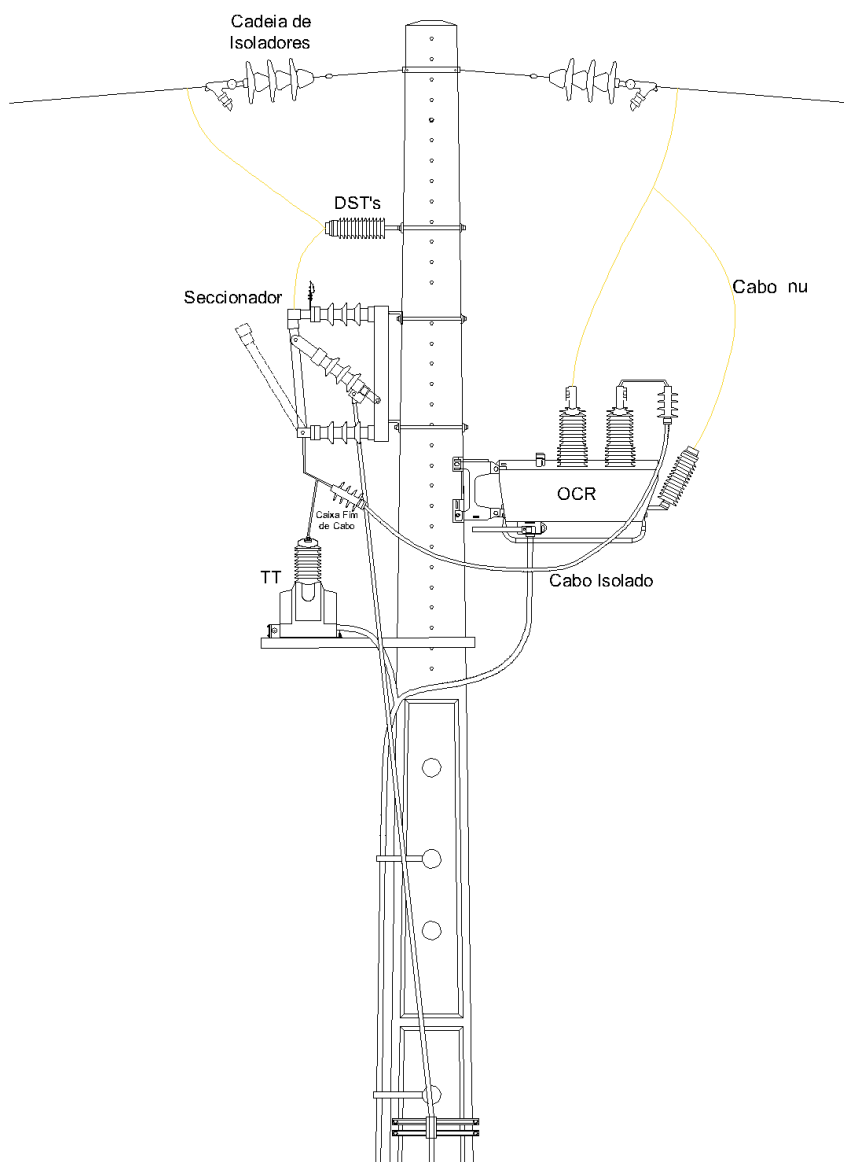


Figura 6-5 - Modelo OCR Desenvolvido em *AutoCad*.

7. ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Para além das tarefas desenvolvidas que foram apresentadas até esta fase do relatório, outras foram desempenhadas ao longo do estágio. Muitas destas atividades, para além de terem possibilitado a exploração de outro tipo de competências, permitiram ainda conhecer outras vertentes da empresa. Por este motivo, o trabalho realizado foi além do projeto de linhas de MT.

Por isso, neste capítulo, serão abordadas algumas das tarefas que contribuíram para que a experiência de estágio tenha superado o enriquecimento inicialmente expectável. Tal não seria possível se o trabalho tivesse sido desenvolvido apenas em gabinete.

- **Reuniões:**

Ao longo do estágio, foi possível participar em várias reuniões do departamento. Estes encontros permitiram o contacto com as problemáticas que intersetam diariamente uma vasta equipa de trabalho, bem como possibilitaram o conhecimento concreto daquilo que é o trabalho em equipa.

Nomeadamente, numa das reuniões, em que estiveram presentes todos os colaboradores da RCTER, surgiu a oportunidade de realizar uma breve apresentação em que se procedeu à exposição do plano de trabalho do estágio e as tarefas realizadas até então.

Para além destas reuniões, foram debatidas, quase semanalmente, e em conjunto com equipa de trabalho do estudo de redes da parte sul do concelho das Caldas da Rainha (concretamente, a Eng^a Maria João Botelho e o Sr. Eduardo Henriques), questões relativas aos vários projetos que foram sendo tratados.

- **Workshops/ Formações:**

Ainda no decorrer do estágio surgiu a oportunidade de participar em formações no âmbito do tema gestão de ativos.

A primeira formação foi presencial, já a segunda, desta vez, através do computador (*e-learning*), permitiu um conhecimento mais aprofundado sobre o tema acima referido. De um modo geral, pode dizer-se, sem qualquer dúvida, que estas formações permitiram conhecer realmente a importância de um ativo e a necessidade de respeitar a vida útil de cada um.

- **Deslocações ao terreno:**

Para além de todo o trabalho realizado em gabinete, houve inúmeras deslocações ao terreno, com os seguintes propósitos:

- Visualização de situações anti-regulamentares e estudo de solução;
- Análise de desvios;
- Estudo de traçados no terreno;
- Verificação do estado das linhas;
- Verificação de locais para colocação de PT's de reforço;
- Acompanhamento de trabalhos TET;
- Acompanhamento das equipas de contagem;
- Etc.

Procurando não confinar toda a área de objeto de estágio ao projeto de redes MT, foi possível acompanhar equipas no terreno noutras vertentes, nomeadamente, os trabalhos TET e a instalação de equipamentos de contagem.

Estas deslocações, em especial o acompanhamento de equipas TET, ocorrido em várias situações, permitiu o conhecimento dos problemas que dia a dia ocorrem no terreno. Este contacto com a realidade, bem como a interação com quem executa as obras, tornou possível a recolha de um *feedback* que se constituiu útil para futuros projetos a desenvolver na posterioridade.

Neste contexto apresentam-se, em anexo (Anexo B e Anexo C), relatórios que foram desenvolvidos após acompanhamento de duas obras TET (Figura 7-1), na remodelação de travessia da A8, em Azoia -Leiria, e na intercalação de um apoio a meio vão para permitir derivação para um PT de Cliente (PTC), na Marinha Grande.

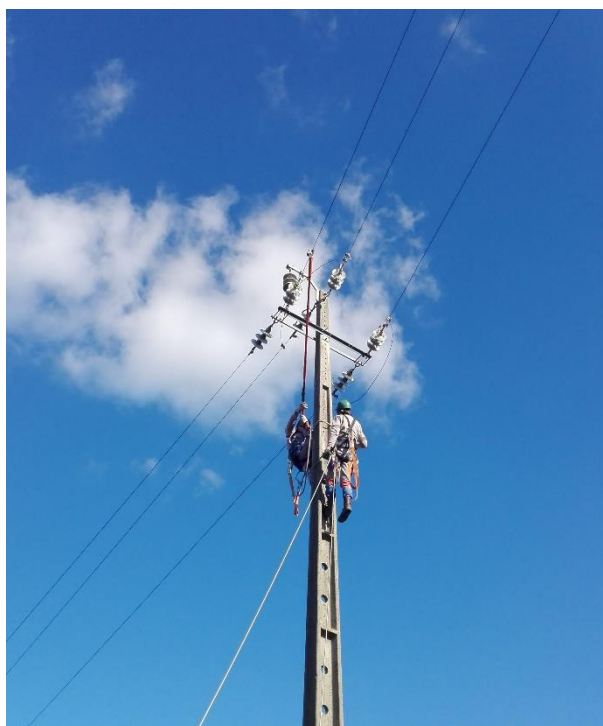


Figura 7-1 - Equipa TET.

- **Análise de projetos de loteamentos/ urbanizações:**

Por último, para além de todas as atividades já referidas, ainda foram apreciados vários projetos de loteamentos e urbanizações.

Esta apreciação consiste na verificação de projetos provenientes de gabinetes externos especializados. Neste sentido, é necessário proceder a uma análise de variáveis como memória descritiva, peças desenhadas, materiais utilizados e cálculos de potências, de quedas de tensão e de proteções (contra sobreintensidades e curto-circuitos).

A título de exemplo, quanto aos materiais utilizados, há que apurar se se tratam de materiais normalizados pela EDP Distribuição, ou se, pelo contrário, existe alguma irregularidade que justifique qualquer tipo de retificação. Caso a situação assuma os contornos anteriormente referidos, o projeto é devolvido ao gabinete para que se corrijam as inconformidades detetadas, não só ao nível da variável dos materiais utilizados como também de qualquer um dos outros elementos. Por outro lado, na ausência de irregularidades, o projeto é aprovado e segue para as instâncias competentes, as quais lhe darão continuidade.

8. CONCLUSÕES

Atualmente, sabe-se que a energia elétrica se reveste de crescente importância na medida em que desempenha um papel fulcral na manutenção do bem-estar dos consumidores, contribuindo, nessa lógica, para uma melhor qualidade de vida.

Sendo esta uma área de tão grande relevância e interesse, este foi um dos principais motivos que, a par do reconhecimento da empresa a nível mundial, contribuíram para a escolha do estágio em causa.

Relativamente à experiência de estágio, esta tornou possível o percorrer de um caminho absolutamente gratificante e muito enriquecedor, que superou todas as expectativas iniciais que poderiam existir a seu respeito.

Com o culminar do período que compreendeu esta aprendizagem, olhando em retrospectiva, é possível constatar que os objetivos inicialmente propostos foram alcançados na íntegra. Esta possibilidade deveu-se, em grande parte, à orientação ímpar por parte da Eng^a Maria João Botelho e também ao apoio da restante equipa do departamento.

No seguimento do que foi acima referido sobre objetivos alcançados, podem realçar-se dois aspetos determinantes daquilo que foi o trabalho desenvolvido. Um primeiro aspeto identifica-se com as deslocações ao terreno. Sobre estas, há que destacar o seu papel indiscutivelmente fundamental, uma vez que, sem as mesmas, seria impossível atingir um nível de compreensão tão aprofundado quanto aquele que se registou efetivamente. O segundo aspeto prende-se com a ferramenta desenvolvida, a qual foi e será essencial no departamento daqui em diante, na medida em que servirá de auxílio para o cálculo dos esforços nos apoios os quais provocados pela aplicação de equipamentos.

No prisma das concretizações pessoais, foram muitos os conhecimentos adquiridos e consolidados. Esta foi uma mais-valia que contribuiu para um maior enriquecimento na área de projeto de LAMT, acabando por conferir a este estágio um elevado grau de importância para a formação académica.

Tecidas todas estas considerações, deve ainda destacar-se um elemento igualmente marcante ao longo deste percurso. Trata-se da interação com a equipa no seu todo, desde os orientadores da empresa – Eng.º Henrique Gueifão e Eng.ª Maria João Botelho – até aos restantes colaboradores do departamento. Sem prejuízo da importância de todos os outros elementos, merecem destaque o Eng.º Mário Ferreira e o Sr. Eduardo Henriques.

A título final, apenas há a acrescentar que este estágio permitiu um primeiro contacto com o mundo profissional, contacto esse que contribuiu para o alargamento das expectativas e horizontes futuros uma vez que o balanço global do mesmo se tem como positivo.

REFERÊNCIAS

- [1] EDP Energias de Portugal, “EDP Distribuição,” [Online]. Available: <http://www.edpdistribuicao.pt/pt/edpDistribuicao/Pages/aEDPDistribuicao.aspx>.
- [2] EDPD, “Organograma Site EDPD_2017,” [Online]. Available: <http://www.edpdistribuicao.pt/pt/edpDistribuicao/EDP%20Documents/Organograma.pdf>.
- [3] Artur Jorge Nunes dos Santos, “Relatório de Estágio - Direção de Redes e Clientes Tejo - Departamento de Estudos de Rede BT/MT,” Leiria, 2010.
- [4] DM, “Help Design Manager,” [Online]. Available: http://esit43.edp.pt/sit_help/index_dm.html?id=UsingTheHelp.htm.
- [5] Edição DGE do Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de Alta Tensão, Direção Geral de Energia, 1993.
- [6] F. de Noronha e Távora, *Apontamentos de Produção Transporte e Distribuição de Energia Elétrica*.
- [7] EDP, “Especificações e Condições Técnicas - Obras de Construção, Reparação e Manutenção de Redes de Distribuição AT, MT e BT em Regime de Empreitada Contínua - Anexo XVII Ronda e Inspeção Visual Pelo Solo,” 2007.
- [8] S. Energias de Portugal, “ProjLEAT - Projeto de Linhas Elétricas Aéreas de MT e AT,” 2012.
- [9] Pedro Miguel Lopes Torres, “Instituto Superior de Engenharia de Lisboa - Metodologia para Redução de Perdas e Aumento de Fiabilidade em Redes de Distribuição,” 2010.
- [10] P. M. d. Sousa, “Distribuição Optimizada dos Aparelhos de Corte Telecomandados numa Rede de Distribuição de Média Tensão,” 2009.
- [11] Artech, *Conjunto Transformador de Tension VRN-36*.

- [12] REVAC, “Religador Aéreo de Corte no Vácuo até 27 kV - Manual de Intruções”.
- [13] Jayme da Costa, *Seccionador Tripolar Exterior ICMH*.
- [14] P. d. J. M. B. Forte, “Projecto e Licenciamento de Linhas MT - Isoladores,” [Online].
Available: <http://paginas.fe.up.pt/~ee99047/LNMT-Isoladores.html>.
- [15] EDP Valor, “06/SQF/2015 Órgãos de Corte de Rede Tipo 3 (OCR3)”.
- [16] M. J. R. Botelho, “Projecto de Linhas Eléctricas Aéreas de MT e AT - Casos Práticos”.
- [17] EDP Distribuição, “Postes da CAVAN - MT e BT”.
- [18] DGE, “Recomendações para Linhas Aéreas de Alta Tensão até 30 kV (MT)”.

ANEXOS

Anexo A – Projeto LAMT para o PT ACB 52.

Anexo B – Trabalhos TET Marinha Grande - Colocação de Apoio a Meio Vão para Derivação.

Anexo C – Trabalhos TET Azoia - Remodelação de Troço em Travessia de Autoestrada.

ANEXO A

- PROJETO LAMT PARA O PT ACB 52 -

PEÇAS INTEGRANTES DO PROJETO:

- **TRAÇADO PROPOSTO À TOPOGRAFIA**

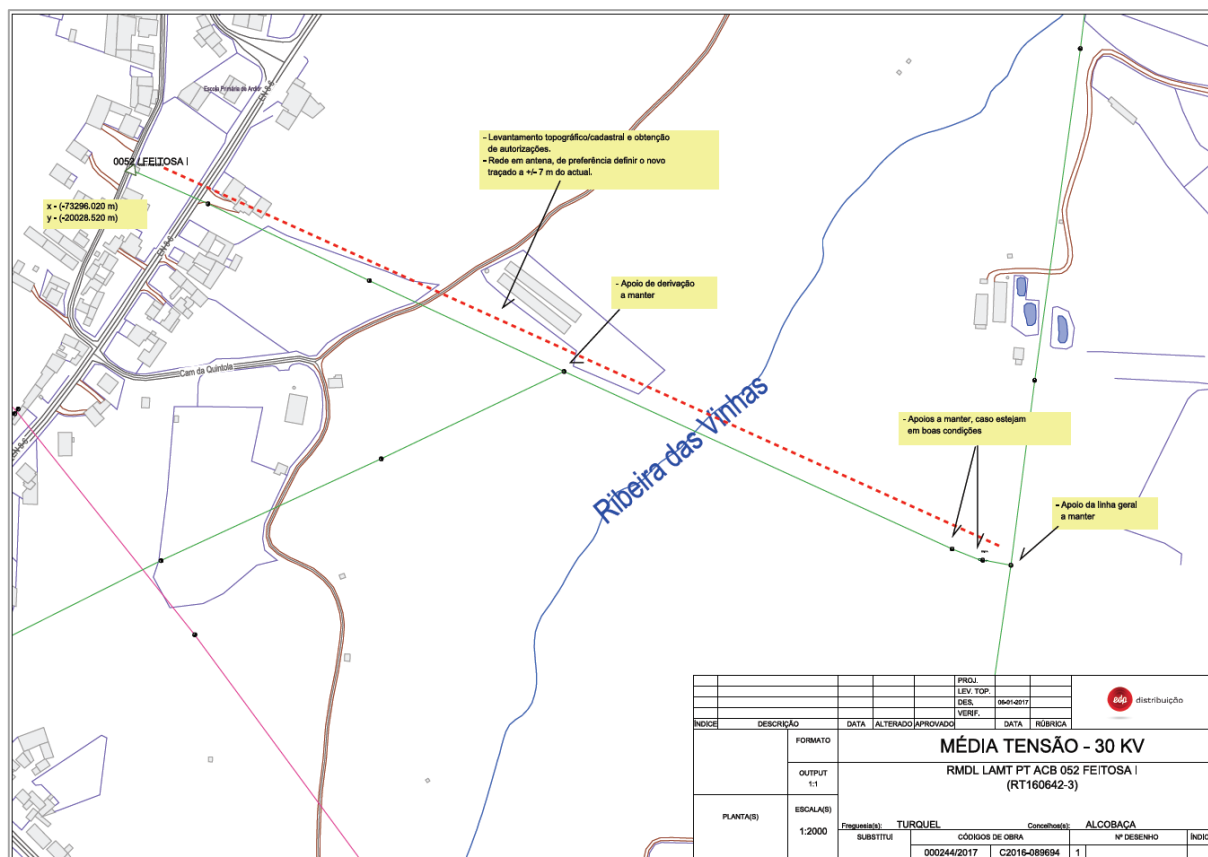


Figura 1 - Traçado Proposto à Topografia.

• **REQUISIÇÃO DE TOPOGRAFIA**




 REQUISIÇÃO DE TOPOGRAFIA		
Identificação da Obra	EDIS - C2016-089694	
	DR (TOP.): 62093143	
Designação		
RMDL LAMT PARA O PT ACB 52 FEITOSA I (RT160642-3)		
Actividades solicitadas	Cód. SAP	Qty.
LEVANTAM TOPOGR CADASTRAL LAMT	201202	658,000
CONTACTO PROPRIET LINHAS AT/MT	202201	3,000
AUTORIZAÇÃO ESTABELEC LINHA MT	202203	6,000
OBTENÇÃO AUTORIZ ESTABEL LA	202202	3,000
Concelho:		ALCOBACA
ADJUDICATÁRIO		
CANAS ELECTRO-MONTAGENS, S.A.		
Responsável: José Buco		
E-mail: jose.buco@canasem.pt Telem.: 916649503		
ACOMPANHANTE EDP 		
JOÃO VINDEIRINHO		
E-mail: joao.vindeirinho@edp.pt		Contacto: 939998634
Departamento de Estudo de Redes BT/MT DIRECÇÃO DE REDE E CLIENTES TEJO		Data Req.: 09-01-2017 Prazo entrega: 31-03-2017

Figura 2 - Requisição de Topografia.

- **MEMÓRIA DESCRITIVA**

 **edp** distribuição
Direção de Rede e Clientes Tejo

MEMÓRIA JUSTIFICATIVA E DESCRITIVA

ENTIDADE: EDP Distribuição – Energia, S.A. - Direcção de Rede e Clientes Tejo

INSTALAÇÃO PROJECTADA:
Linha Aérea de Média Tensão a 30 kV para abastecimento do PT ACB052-FEITOSA I
Remodelação - (Arqº 618-Procº 1/535)

ORIGEM:
Apoio 19 da Linha Mista de Média Tensão a 30 kV SE TURQUEL-ALCOBAÇA (2 Lin) - 1º Troço (Troço Turquel-Évora de Alcobaca), Procº 171/10.01/889

OBJECTIVO:
Remodelação da rede de Média Tensão existente para melhoria da qualidade de serviço e diminuição de perdas

LOCALIZAÇÃO:
Freguesia de Turquel; Concelho de Alcobaca

TRAÇADO:
Planta de localização - desenho 1
Perfil longitudinal e planta parcelar – desenho 1

CARACTERÍSTICAS:
Comprimento total: 661.170 metros
Condutores: Material ASTER 55; tensão máxima 1/9 daN/mm²
Isoladores: Cadeia, tipo U70BS e U100BL-P
Armações: Normalizadas, dos tipos indicados no perfil
Apoios: Betão ou metálicos com as características indicadas no perfil
Apoios com maciços: Todos

CRUZAMENTOS:
Estradas Nacionais: EN 8-6 ao km 8+600 entre o apoio 5 e o PT (Cruzamento existente)
Linhas de Telecomunicações: Entre o apoio 5 e o PT

CÁLCULOS: Segundo o projecto-tipo de linhas aéreas de MT até 30 kV

INDICAÇÕES COMPLEMENTARES:
O projeto foi elaborado com observância da Regulamentação em vigor, das Normas Portuguesas aplicáveis e ainda das boas regras da técnica e das Recomendações para Projeto de Linhas de Alta Tensão até 30 kV.
A instalação projectada destina-se a substituir a que consta do Procº 1/535-Arqº 618.

Anexos: Desenhos/cálculos Leiria, Março de 2017

O Projectista	O Técnico Responsável
<hr style="width: 100%;"/>	<hr style="width: 100%;"/>

Eng.º João Pedro Faria
O. Engenheiros nº 33190

VL

Figura 3 - Memória Descritiva.

• **PERFIL LONGITUDINAL E PLANTA PARCELAR**

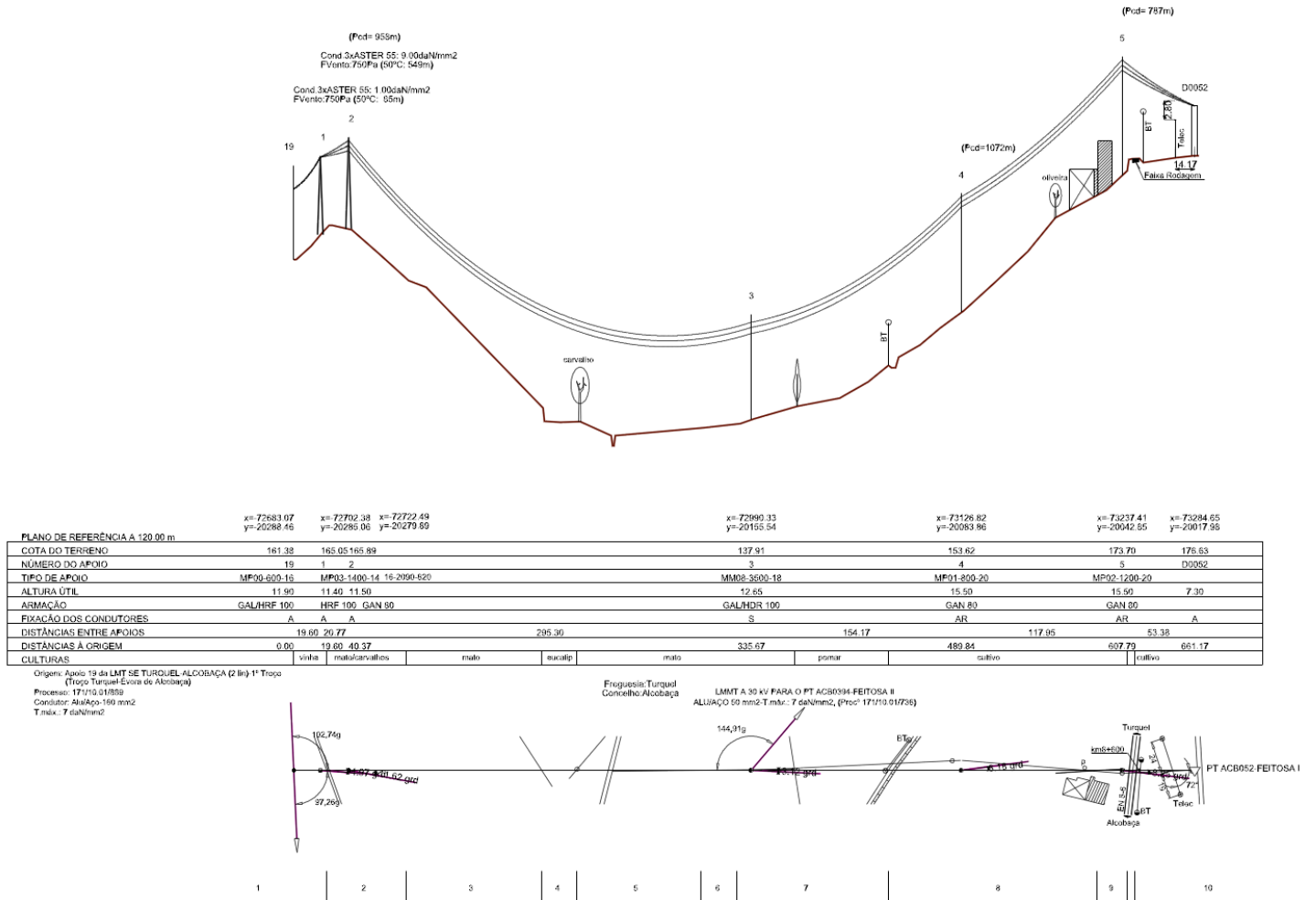


Figura 4 - Perfil Longitudinal da Linha.



					PROJ.	mar 2017	R. Camponês	
					LEV. TOP.	mar 2017	Cartoglobo	
					DES.	mar 2017	V. Lopes	
					VERIF.	mar 2017	M. João	
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RÚBRICA	
DRCT	FORMATO 775x320	Média Tensão - 30 kV						
	OUTPUT 1:1	LAMT PARA O PT ACB052-FEITOSA I - Remodelação -						
PLANTA(S) 317,327	ESCALA(S) V=1:500 H=1:2500	Freguesia(s): Turquel		Concelho(s): Alcobaça				
		SUBSTITUI	CÓDIGOS DE OBRA		Nº DESENHO	ÍNDICE		
		000244/2017	C2016-089694	1	1			

Figura 5 - Planta Parcelar.

• **FOLHA DE CÁLCULO DOS APOIOS DE DERIVAÇÃO**

edp distribuição

CÁLCULOS DOS ESFORÇOS NO APOIO DE DERIVAÇÃO

Linha aérea de MT a 30 kV para o PT ACB0394-FEITOSA II
Apoio 3 da Linha Aérea de MT a 30 kV para o PT ACB052-FEITOSA I

Vento - hipot. 1: ↑
Vento - hipot. 2: ←

CONDUTOR	Vão1	Vão2	Vão3	Vão4
Tipo de condutor.....	AL4 55	AL4 55	Al-Aço 50	
Secção real - S [mm ²]	54,55	54,55	49,48	
Diâmetro - d [mm]	9,5	9,5	9	
Comprimento do vão - a [m]	154,00	295,00	139,50	
Vão equivalente [m]	255,50	255,50	146,00	
Coefficientes de forma - c	1,20	1,20	1,20	
Coefficientes dos esforços - k	2,61	2,61	2,32	
Tensão máxima - tmax [daN/mm ²]	9,00	9,00	7,00	
Ângulo - β [grados]	198,25	1,75	257,00	
Tensão a 15°C [daN/mm ²] hipt.1	8,99	8,99	4,00	
t hipt.2	2,92	2,92	5,07	
Vento s/ isoladores ... [daN] hipt.1	5,00	5,00	5,00	
Vi hipt.2	5,00	5,00	5,00	
Vento s/ armação [daN] hipt.1	0,00	0,00	33,00	
Va hipt.2	33,00	0,00	0,00	
Pressão dinâmica do vento ... [Pa] q	750			

edp distribuição

HIPÓTESE 1:

Ação do vento: $F_v = (0,6 \cdot c \cdot q \cdot d \cdot a / 2 \cdot \sin^2 \alpha + V_i) \cdot k + V_a$

V1 = 124,8 daN
V2 = 226,2 daN
V3 = 75,4 daN
0

Tracção dos condutores: $T_x = t \cdot S \cdot \cos \beta \cdot k$ $T_y = t \cdot S \cdot \sin \beta \cdot k$

T1x = -1376,2 daN T1y = 37,8 daN
T2x = 1376,2 daN T2y = 37,8 daN
T3x = -287,4 daN T3y = -358,8 daN
0 0

Esforços totais: $F_x = \sum T_x$ $F_y = \sum V + \sum T_y$

Fx = 287,4 daN Fy = 709,4 daN

HIPÓTESE 2:

Ação do vento: $F_v = (0,6 \cdot c \cdot q \cdot d \cdot a / 2 \cdot \sin^2 \beta + V_i) \cdot k + V_a$

V1 = 47,1 daN
V2 = 14,2 daN
V3 = 59,5 daN
0

Tracção dos condutores: $T_x = t \cdot S \cdot \cos \beta \cdot k$ $T_y = t \cdot S \cdot \sin \beta \cdot k$

T1x = -447,2 daN T1y = 12,3 daN
T2x = 447,2 daN T2y = 12,3 daN
T3x = -364,0 daN T3y = -454,3 daN
0 0

Esforços totais: $F_x = \sum V + \sum T_x$ $F_y = \sum T_y$

Fx = 484,8 daN Fy = 429,7 daN

POSTE ESCOLHIDO: 18M3500 Colocado na posição indicada no diagrama

7 de agosto de 2017

O Projectista _____ O Técnico Responsável

Eng.º João Pedro Faria
O. Engenheiros nº 33100

Figura 6 - Folha de Cálculo de Esforços do Apoio de Derivação.

• **MAPAS DE FLECHAS DE MONTAGEM**


CALCULO DE FLECHAS DE MONTAGEM																									
LINHA: H:\\sit																									
Cantao de regulacao: do apoio n.º 19 ao apoio n.º 1																									
Condutor: ASTER 55																									
<table border="0"> <tr> <td> </td><td>Tensao Maxima</td><td>:</td><td>1.00</td><td>dan/mm2</td> </tr> <tr> <td> </td><td>Vento Maximo</td><td>:</td><td>750.00</td><td>N/m2</td> </tr> <tr> <td> </td><td>Manga Gelo</td><td>:</td><td>0.00</td><td>mm</td> </tr> </table>												Tensao Maxima	:	1.00	dan/mm2		Vento Maximo	:	750.00	N/m2		Manga Gelo	:	0.00	mm
	Tensao Maxima	:	1.00	dan/mm2																					
	Vento Maximo	:	750.00	N/m2																					
	Manga Gelo	:	0.00	mm																					
Cabo Guarda: Nao aplicado.																									
Vao de regulacao: 19.6 m do apoio n.º 19 ao apoio n.º 1																									
Vao de verificacao: 19.6 m do apoio n.º 19 ao apoio n.º 1																									
Vao maximo: 19.6 m do apoio n.º 19 ao apoio n.º 1																									
Vao equivalente: 19.6032 m																									

TEMP (°C)	TRACCAO MONTAGEM			F L E C H A S						PARAMETRO															
	COND.	C_GUA	V_MAX	CONDUTOR			CABO DE GUARDA			CD	CG														
			V_MAX	V_REGU	V_VERI	V_MAX	V_REGU	V_VERI																	
-10	20	0	0.35	0.35	0.35					138															
-5	19	0	0.37	0.37	0.37					129															
0	18	0	0.39	0.39	0.39					122															
5	17	0	0.41	0.41	0.41					116															
10	17	0	0.43	0.43	0.43					111															
15	16	0	0.45	0.45	0.45					107															
20	15	0	0.47	0.47	0.47					103															
25	15	0	0.49	0.49	0.49					99															
30	14	0	0.50	0.50	0.50					96															
35	14	0	0.52	0.52	0.52					93															
40	13	0	0.54	0.54	0.54					90															
45	13	0	0.55	0.55	0.55					88															
50	13	0	0.57	0.57	0.57					85															
55	12	0	0.58	0.58	0.58					83															
60	12	0	0.60	0.60	0.60					81															
65	12	0	0.61	0.61	0.61					79															
70	12	0	0.62	0.62	0.62					78															
75	11	0	0.64	0.64	0.64					76															
80	11	0	0.65	0.65	0.65					74															

Conforme RSLEAT																									

Figura 7 - Flechas de Montagem.

• **MAPAS DE MONTAGEM / MEDIÇÕES E ORÇAMENTAÇÃO**



Data: 27-03-2017


Mapa de Medições

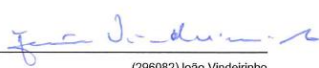
Unidade Organizativa: 4740 - AOCLD - ÁREA OPERACIONAL C. RAINHA
Local: 1001 - Leiria - Alcobaça
Projecto: EDIS-C2016-089694 - R 30 RML ACB0520D LA
Empreitada: 62093143 - LEV.TOP.LAMT ACB 52 FEITOSA I-RT160642-3
Classe Obra: MT-LINHAS AÉREAS 30KV
Empreiteiro: CANAS - ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO, SA

Código	Forn	Descrição	Quantidades	
			Planeado	Adjudicado
0101501	U	LEVANTAM TOPOGR CADASTRAL LAMT	0,658	_____
118314	N	LEVANTAMENTO TOPOGR E CADASTRAL LAMT	0,658 KM	_____
0101505	U	CONTACTO PROPRIET LINHAS AT/MT	3,000	_____
118317	N	CONTACTO COM PROPRIETARIOS LINHAS AT/	3,000 UN	_____
0101506	U	OBTENCAO AUTORIZ ESTABEL AT/MT	3,000	_____
118318	N	OBTENCAO AUTRZ PROPRIET ESTABEL AT/MT	3,000 UN	_____
0101507	U	AUTORIZ PREV ESTABELEC LAMT	6,000	_____
118319	N	AUTORIZ PREVIA ESTABELECIMENTO DE LAM	6,000 UN	_____

Data de conclusão prevista: 31.03.2017

Pelo empreiteiro: 27 / 03 / 2017 **Pela EDP:** 27 / 03 / 2017






(296082)João Vindeirinho

Pág. 1 / 1

Figura 8 - Mapa de Medições.

• **PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE**



SISTEMA DE GESTÃO DA SEGURANÇA

PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE
CONSTRUÇÃO/MODIFICAÇÃO/AMPLIAÇÃO DE LINHA
AÉREA DE MÉDIA TENSÃO

Natureza do documento	Versão	Data	Emissor
Modelo de Plano de Segurança e Saúde	R2	18-09-2012	EDP Distribuição - DRH - Prevenção e Segurança

<p>Lista de Distribuição:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autor de Projeto - Gestor de Obra - Prevenção e Segurança - Prestador de Serviços Externos - Coordenador de Segurança 	<p>Anexos:</p> <ul style="list-style-type: none"> — ANEXO I - RISCOS ASSOCIADOS AO MEIO ENVOLVENTE — ANEXO II A - CRONOGRAMA DE TRABALHOS NO DECURSO DA OBRA — ANEXO II B - CRONOGRAMA DOS TRABALHOS COM AS CARGAS DE MÃO DE OBRA — ANEXO III - RISCOS EVIDENCIADOS E MEDIDAS DE PREVENÇÃO — ANEXO IV - PLANO DE EVACUAÇÃO DE EMERGÊNCIA — DPS 2/2002 - HABILITAÇÃO PARA TRABALHOS EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS — DPS 3/2002 - FORMAÇÃO BÁSICA DE SEGURANÇA — REGULAMENTO DE SEGURANÇA NA EXECUÇÃO DE TRABALHOS PARA AS EMPRESA DO GRUPO EDP — MANUAL DE SEGURANÇA, PREVENÇÃO DO RISCO ELÉTRICO — MANUAL DE SEGURANÇA, PREVENÇÃO DO RISCO DE QUEDA EM ALTURA — MANUAL DE SINALIZAÇÃO DE OBRAS NA VIA PÚBLICA — FICHAS DE SEGURANÇA E SAÚDE — REGULAMENTO DE CONSIGNAÇÕES AT, MT E BT — FICHAS TÉCNICAS E MODOS OPERATÓRIOS PARA TET/MT — PO 1091-BT, LIGAÇÃO/DESLIGAÇÃO DE UM GRUPO ELETROGÊNICO AO QUADRO DE BT
--	--

<p>Observações:</p> <p>Esta revisão teve como objeto as adaptações sugeridas para a utilização do documento no Sistema de Gestão de PSS em SAP/PSS</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Acessibilidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Livre</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grupo EDP</td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>EDP Distribuição</td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>Restrita</td> <td style="text-align: center;">♦</td> </tr> <tr> <td>Confidencial</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Acessibilidade		Livre		Grupo EDP	X	EDP Distribuição	X	Restrita	♦	Confidencial	
Acessibilidade													
Livre													
Grupo EDP	X												
EDP Distribuição	X												
Restrita	♦												
Confidencial													

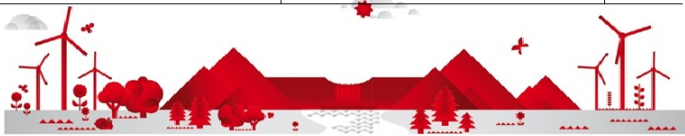


Figura 9- Plano de Segurança e Saúde.

ANEXO B

- ACOMPANHAMENTO EQUIPAS TET – COLOCAÇÃO DE APOIO A MEIO VÃO PARA DERIVAÇÃO

Localização: Camarnal, Marinha Grande.

A obra que se apresenta teve como propósito intercalar um apoio a meio vão numa linha MT a 30kV existente, de forma a permitir derivação para um PT de cliente, conforme a figura que se segue (Figura 1).



Figura 1 - Localização da Linha MT.

O primeiro passo foi a abertura da cova para construção do maciço de fundação (Figura 2), com dimensões adequadas, de modo a assegurar a estabilidade correspondente às solicitações atuantes e à natureza do solo (existem tabelas próprias que, de acordo com as características dos terrenos-coeficiente de compressibilidade em daN/cm³ –definem as dimensões da cova para cada tipo de apoio- face da alma, face dos banzos e profundidade).

Uma vez que o apoio que se colocou foi do tipo M-2750-1300-22m, a profundidade do seu encastramento (p) foi de 2,7m, correspondendo ao regulamento que define que $p \geq \frac{H}{10} + 0,5$.

Dada a boa compressibilidade do terreno em causa, não foi necessária a colocação de manilhas.



Figura 2 - Fundação do Apoio.

Em relação aos trabalhos TET, os mesmos exigem um conjunto de requisitos para que a sua execução cumpra escrupulosamente todas as normas de segurança. Para isso, devem estar reunidas todas as condições que permitam o arvoreamento do apoio no local indicado.

No entanto, verificou-se que a proximidade da vegetação às linhas (Figura 3) não cumpria com a distância mínima regulamentar, facto que não permitia o alargamento das linhas que era necessário à colocação do apoio. Quanto às faixas de proteção das linhas – aceiros - deverão ser de 15m, ou seja, 7,5m para cada lado. Estas deverão ser alvo de manutenção periódica para que se evite, assim, o crescimento inadequado da vegetação envolvente limítrofe.



Figura 3 - Distância das Linhas à Vegetação.

De referir que, dada essa proximidade (Figura 4), já se verificavam sinais de evidente contacto entre os condutores e o topo do pinheiro.



Figura 4 - Distância das Linhas à Vegetação Após Corte.

Verificada a distância entre condutores e árvores e após o corte de ramagem dos pinheiros, passou-se ao alargamento das linhas (Figura 5 e Figura 6). Essa operação fez-se com o recurso a cordas devidamente isoladas e amarradas a estruturas fixas no solo.



Figura 5 - Alargamento da Linha.



Figura 6 - Alargamento da Linha (2).

Nesta fase, uma vez alargadas as linhas, já seria possível arvorar o apoio, conforme ilustrado na Figura 7.



Figura 7 - Montagem do Apoio.

De seguida, aprumado o apoio, passou-se à fixação do mesmo ao solo (Figura 8), recorrendo a pedras e betão quase em estado líquido. Esta fase deve ser executada colocando várias camadas de pedra seguindo-se a injeção do betão, isto é, camada a camada, coloca-se betão.

Sobre o estado de espessura do cimento, a sua consistência deve ser quase líquida para que o mesmo se infiltre devidamente por entre as pedras, fazendo com que a estrutura fique devidamente compacta. Sobre a sua aparência, o aspeto final deverá ser como o demonstrado na figura que se segue.



Figura 8 - Fixação do Apoio ao Solo.

Numa fase seguinte, as equipas puderam finalmente subir ao apoio a fim de lhe colocar a armação principal (Figura 9), neste caso, uma GAN 80 (travessa em galhardete).



Figura 9 - Colocação da Armação no Apoio.

Dada a extensibilidade da tarefa, uma vez que a equipa TET não conseguiu acabar os trabalhos nesse dia, foi necessário fixar os condutores a barras isoladoras (Figura 10) para que, desse modo, os mesmos não ficassem acessíveis a qualquer pessoa a partir do solo.



Figura 10 - Fixação dos Condutores com Varas Isoladoras.

Relativamente aos isoladores (Figura 11), os mesmos são do tipo *U100BL-P*, sendo as cadeias formadas por um conjunto de três elementos, conferindo assim um isolamento reforçado. A necessidade de colocar isolamento reforçado deveu-se à proximidade/ travessia de uma estrada alcatroada, bem como a imediação de uma habitação.



Figura 11 - Isoladores a Colocar.

Após a colocação da armação, o passo que se seguiu foi a fixação dos condutores à mesma. Esta fixação foi conseguida por meio de cadeias de isoladores em cada um dos condutores (Figura 12).



Figura 12 - Colocação das Cadeia de Isoladores.

Finalizado este passo, passou-se à colocação da armação (HRF 100) para permitir a derivação (Figura 13) e, posteriormente, os condutores do vão de derivação e respetivos isoladores.

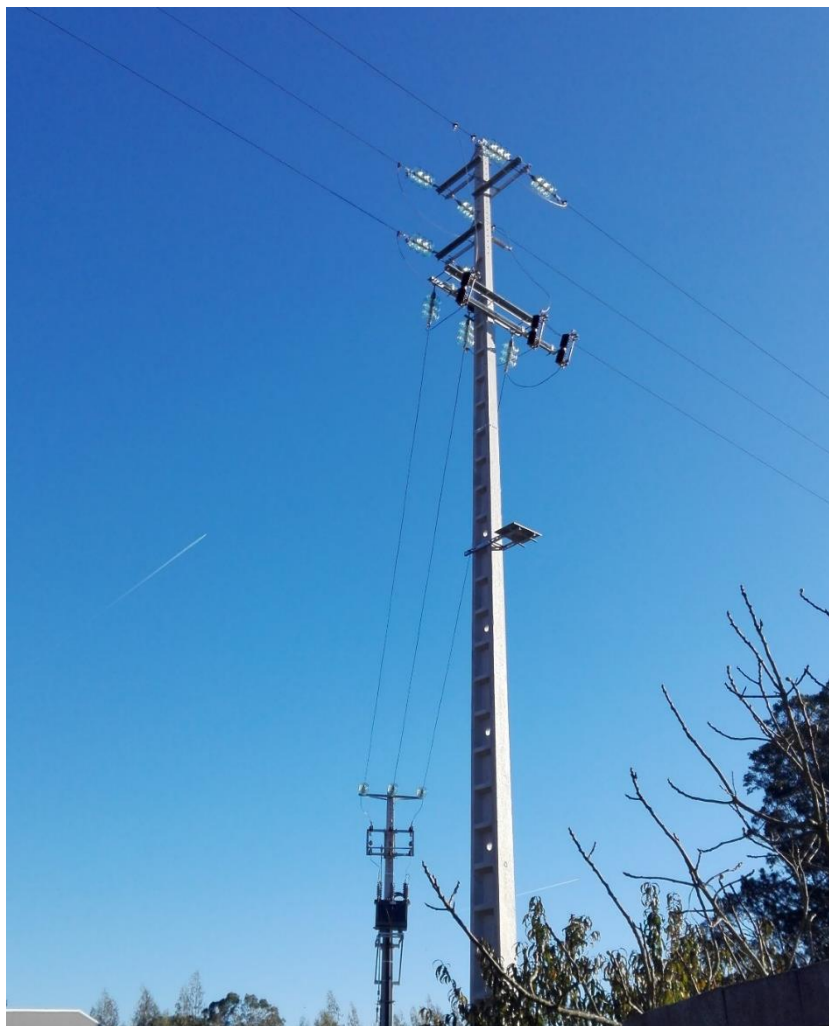


Figura 13 - Vão de Derivação.

Segue-se o apoio de betão armado fim-de-linha que sustenta o PT de Cliente (Figura 14 e Figura 15), do tipo TP2250-14m, e respetiva proteção.



Figura 14 – PTC.



Figura 15 - PTC (2).

ANEXO C

- ACOMPANHAMENTO EQUIPAS TET – REMODELAÇÃO DE TROÇO EM TRAVESSIA DE AUTOESTRADA

Localização: Alto do Vieiro, Leiria.

A presente obra teve como fundamento a substituição de um vão de uma linha de MT a 15kV existente na travessia da autoestrada A8, em Alto Vieiro, bem como dos apoios pertencentes a esse mesmo vão. Embora o troço e os respetivos apoios se encontrassem em bom estado de conservação, a sua substituição foi relevante e pertinente pelo facto de as condições a eles associados não permitirem a regulamentaridade da situação.

A linha em causa tem origem na SE de Parceiros e destino na SE de Azoia, sendo no apoio 1 (Figura 1) que se faz a subida a cabo proveniente da primeira SE.

O objetivo passou não só pela colocação de condutor *ASTER 148 mm²* nos dois primeiros vãos da linha mas também pela implementação de dois novos apoios (2 e 3, da figura que se segue) de reforço no vão da travessia, incluindo balizagem e sinalização diurna e noturna.



Figura 1 - Localização Linha MT.

Antes de iniciar qualquer trabalho foi necessário colocar aqueles troços da linha fora de serviço. A operação foi feita abrindo o seccionador, na SE de Parceiros, e abrindo os arcos num apoio a montante. Reunidas estas condições, as equipas puderam iniciar os seus trabalhos.

Tendo em conta o facto de se ter desligado esta linha, revestiu especial importância a celeridade na execução da obra para que, no caso de ocorrência de alguma intempérie, por exemplo, se pudesse garantir a continuidade do serviço. Neste caso, essa mesma continuidade poderia ficar hipotecada dado que parte da linha ficou sem esta alternativa de alimentação.

O primeiro trabalho a realizar foi o de retirar alguma tração aos troços adjacentes àquele que foi alvo de substituição (troço 2-3). Isto deve-se ao facto de, aquando do corte da linha, não se correr o risco dos apoios sofrerem esforços excepcionais para os quais não estavam dimensionados, nomeadamente, diferenças de tração, momentos de torção, etc. e assim poderem partir, dado que apenas havia forças a atuar de um dos vãos adjacentes ao apoio (forças devido ao vento e à tração).

Simultaneamente, foram abertas as covas para a construção do maciço de fundação, para ambos os apoios a colocar. Os mesmos são do tipo M-5000-24 (Figura 2), sendo a profundidade do seu encastramento (p) de 2,9m, correspondendo a $p \geq \frac{H}{10} + 0,5$.



Figura 2 - Características dos Apoios Instalados.

Atualmente, segundo a legislação em vigor e conforme às normas internas da EDP, em travessias de autoestradas, devem-se cumprir determinadas regras tanto no que diz respeito aos apoios como aos cabos condutores. Assim, este tipo de travessias deverá contemplar apoios de reforço e cabo *Aster* 148 mm² com bolas de sinalização diurna.

Ainda relativamente aos apoios, os mesmos devem ser devidamente sinalizados (pintados) e devem ter a sinalização noturna instalada no seu topo, o que significa que é exigida balizagem diurna e noturna.

Como se pode verificar (figura que se segue), ao contrário dos apoios existentes, os novos foram colocados em posição “B”, também conhecida por “Fim-de-Linha” dado ser essa a posição que suporta os esforços excepcionais calculados como um apoio de reforço.

As figuras que se seguem (Figura 3 e Figura 4) apresentam também os novos apoios pintados com faixas alternadas de branco e laranja internacional, de largura correspondente a 1/7 da altura do apoio fora do solo, desde o topo da cabeça até 6m abaixo do condutor fixado em posição inferior. Esta pintura é obrigatória para apoios situados na zona limítrofe de uma travessia de autoestrada.

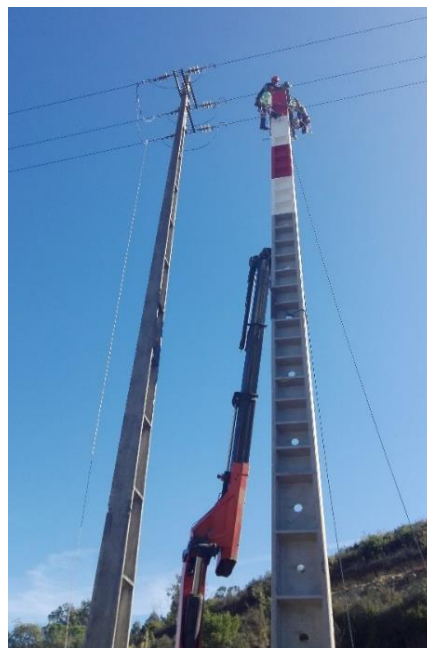


Figura 3 - Novo Apoio (lado Sul).



Figura 4 - Novo Apoio (Lado Norte).

Nos termos do Artigo 92º do RSLEAT, o qual regulamenta a distância dos apoios à zona de estrada, sabe-se que os apoios das linhas não deverão distar, horizontalmente, da zona de estrada, menos de 5m, no caso de autoestradas.

Para além disso, nos casos em que os apoios das linhas possam atingir a plataforma da estrada, no caso de eventual rotura, as suas fundações serão reforçadas, considerando-os sujeitos a 1,5 vezes os esforços aplicados nos casos normais. Na prática, faz-se o maciço considerando o apoio imediatamente superior, em termos de esforço.

Em relação à distância dos condutores à estrada (verticalmente), definida no artigo 91º, a mesma não deverá ser inferior a 7 metros e traduz-se pela expressão que se segue:

$$D = 6,3 + 0,01 \times U$$

Sendo U a tensão da linha em kV.

Depois de os apoios se encontrarem devidamente fixados no solo, as equipas puderam então subir ao topo dos mesmos e colocar as travessas correspondentes (TAN 120) para que, dessa forma, se pudessem passar os condutores pertencentes aos vãos adjacentes ao vão da travessia para os novos apoios. Esta operação está representada na figura que se segue (Figura 5).

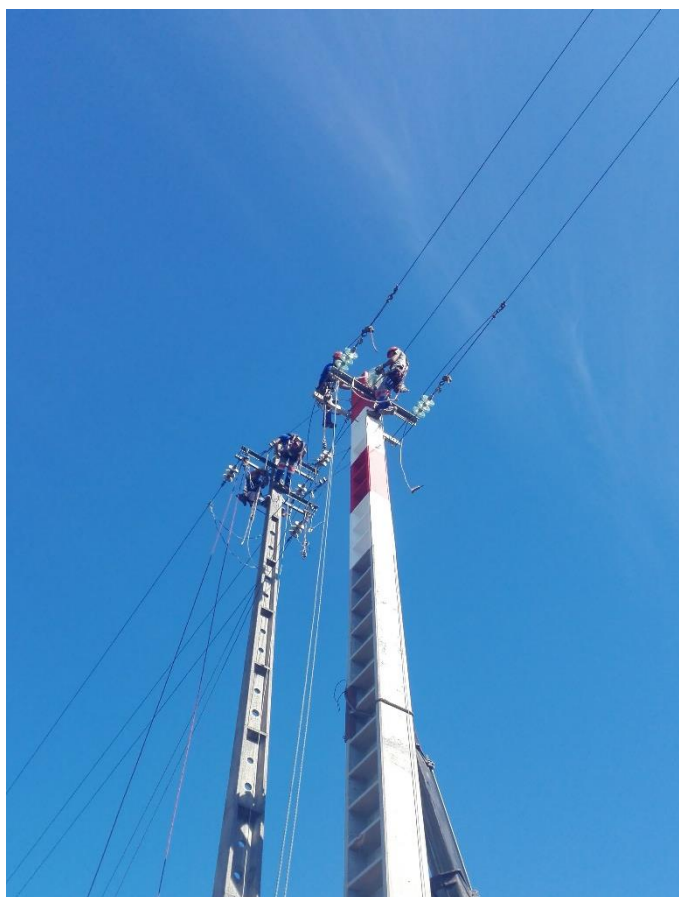


Figura 5 - Passagem dos Condutores para o Novo Apoio.

Após os novos apoios estarem corretamente preparados, isto é, com as devidas travessas colocadas e respetivas cadeias de isoladores (três elementos *U100BL-P* - isolamento reforçado) já se poderia proceder ao corte da autoestrada para que, assim, fosse possível executar o corte dos velhos condutores. Esta operação reveste-se de alguma complexidade uma vez que cortar uma estrada com elevado fluxo de trânsito, para além de necessitar de operações por parte da polícia e das concessionárias das autoestradas, tem de ser o menos morosa possível.

Na Figura 6, representa-se o momento imediatamente anterior ao corte da linha.



Figura 6 - Condutores a Retirar.

No segundo dia de trabalhos, foram colocadas as bolas de sinalização nos novos condutores, ainda no chão (Figura 7). Segundo a legislação em vigor atualmente, a sinalização dos cabos, obrigatória em travessias de autoestradas, é realizada com recurso às bolas de sinalização, as quais são colocadas alternadamente de cor branca e laranja internacional, com um diâmetro mínimo de 600mm, devidamente espaçadas e dispostas para que não se encontrem a mais de 30m umas das outras.



Figura 7 - Bola de Sinalização Diurna.

Colocadas todas as bolas de sinalização, seis no total, pôde passar-se à fase da colocação dos novos condutores. Mais uma vez, foi necessário efetuar o corte da autoestrada. Como se tratou de uma operação mais demorada comparativamente ao corte dos condutores, decidiu-se colocar um condutor de cada vez, ou seja, interditou-se a circulação de trânsito por cada condutor. Deste modo, evitou-se um elevado aglomerado de trânsito.

Apresentam-se, de seguida, as figuras ilustrativas da colocação dos novos condutores (Figura 8 e Figura 9).



Figura 8 - Colocação Condutores (1).



Figura 9 - Colocação Condutores (2).

Colocados os novos condutores na travessia, faltou apenas a remodelação do troço 1-2 (Figura 10). Como se tratava de um troço relativamente curto, foi uma operação executada sem grande agitação e complexidade, uma vez que apenas foi necessário colocar os cabos condutores nesse mesmo vão.



Figura 10 - Troço 1-2 Remodelado.

Após estarem reunidas todas as condições para que se pudesse colocar a linha em serviço, procedeu-se ao fecho do seccionador na SE de Parceiros e ao fecho dos arcos no apoio do lado Sul, recorrendo a equipas TET, fazendo com que a linha entrasse novamente em serviço (Figura 11).



Figura 11 - Linha Remodelada.