



LIGAÇÃO DOS APROVEITAMENTOS HIDROELÉCTRICOS DO ALTO TÂMEGA À RNT, A 400kV

**Estudo Prévio
Memória Descritiva**

ÍNDICE

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	4
1.1. Objecto	4
1.2. Impacte Ambiental	4
1.2.1. Nota Preliminar	4
1.2.2. Análise da DIA do Sistema Electroprodutor do Tâmega quanto à inclusão da Central de Daivões e da LMAT entre a mesma e o respectivo Posto de Corte no projecto avaliado e aprovado	4
1.2.3. Definição do Âmbito	5
1.3. Critérios Técnicos Gerais	7
2. EQUIPAMENTO	8
2.1. Características das linhas de ligação dos Aproveitamentos Hidroeléctricos do Alto Tâmega à RNT, a 400 kV	8
2.2. Apoios	9
2.3. Fundações	10
2.4. Cabos	11
2.4.1. Aspectos Gerais do Dimensionamento	11
2.4.1.1. Aspectos Mecânicos	11
2.4.1.2. Aspectos Eléctricos	12
2.4.2. Distâncias de Segurança Associadas a Cabos	12
2.5. Acessórios dos Cabos Condutores e de Guarda	13
2.6. Amortecedores de Vibrações	14
2.7. Cadeias de Isoladores	15
2.7.1. Aspectos de Dimensionamento Eléctrico	15
2.7.2. Acessórios de Cadeias	16
2.7.3. Fixação à Estrutura	17
2.8. Coordenação de Isolamento	17
2.9. Circuito de Terra dos Apoios	18
2.9.1. Normalização Adoptada	18
2.9.2. Constituição e Características dos Circuitos de Terra	19
2.10. Conjuntos Sinaléticos	21
3. CÁLCULOS	21
3.1. Cálculos Eléctricos	21
3.1.1. Resistência Eléctrica Linear dos Condutores	21
3.1.1.1. ACSR 595 (ZAMBEZE)	21
3.1.2. Capacidade Térmica	22
3.1.2.1. Capacidade Máxima de Transporte	22
3.1.2.2. Regime de Curto-Circuito	23
3.1.3. Efeito Coroa. Campo Eléctrico Crítico. Perdas por Efeito Coroa	24
3.1.4. Ruído Acústico	25
3.1.5. Interferências Radioeléctricas	27
3.1.6. Constantes Eléctricas da Linha	27
3.1.6.1. Grandezas directas	27
3.1.6.2. Grandezas homopolares	28
4. DIRECTRIZ DA LINHA	28
4.1. Localização	28

4.2.	Caracterização Geral das Zonas Atravessadas	28
5.	TRAVESSIAS DE VIAS DE COMUNICAÇÃO	29
5.1.	Travessias de Estradas	29
5.2.	Travessias de Servidões de Vias-Férreas	29
5.3.	Travessias de Cursos de Água Navegáveis	29
5.4.	Travessias de Cursos de Água Não Navegáveis	29
5.5.	Servidões Aeronáuticas Cíveis e Militares	29
6.	CRUZAMENTOS E PARALELISMOS COM LINHAS DE TELECOMUNICAÇÕES	29
7.	CRUZAMENTOS E PARALELISMOS COM GASODUTOS	30
8.	CRUZAMENTOS E PARALELISMOS COM ADUTORES	30
9.	BALIZAGEM AÉREA	30
9.1.	Sinalização para Aeronaves	30
9.2.	Sinalização para Aves	31
10.	ANÁLISE DE RISCOS ORIGINADOS PELA PRESENÇA E FUNCIONAMENTO DAS LINHAS	31
10.1.	Incêndios	31
10.2.	Queda de Apoios ou de Cabos	32
10.3.	Contactos Acidentais com Peças em Tensão	33
10.4.	Tensões Induzidas	34
10.5.	Relação de Obstáculos a Ligar à Terra e Dimensionamento do Circuito de Terra	35
10.6.	Efeitos dos Campos Electromagnéticos	35
10.6.1.	Valores Limites	35
10.6.2.	Cálculo do Campo Eléctrico	36
10.6.3.	Cálculo do Campo Magnético	38
11.	ANÁLISE DE RISCOS ORIGINADOS EM FASE DE CONSTRUÇÃO DA LINHA	39
11.1.	Riscos Associados a Organização de Estaleiro	40
11.2.	Riscos Associados à Execução de Fundações	40
11.3.	Riscos Associados à Assemblagem e Arvoreamento de Apoios	40
11.4.	Riscos Associados ao Desenrolamento e Fixação de Cabos	41
12.	ANEXOS DA MEMÓRIA DESCRITIVA	42
13.	ELEMENTOS DO ESTUDO PRÉVIO	43

1. Considerações Gerais

1.1. Objecto

A presente memória descritiva refere-se ao Estudo Prévio das linhas a 400 kV, que farão a ligação das Centrais dos Aproveitamentos Hidroeléctricos do Alto Tâmega à Rede Nacional de Transporte (RNT), para permitir o escoamento da energia produzida.

Os Aproveitamentos Hidroeléctricos do Alto Tâmega compreendem a construção de três barragens, Daivões, Gouvães e Alto Tâmega com produção de 2x59 MW, 4x220 MW e 2x80 MW respectivamente. Este projecto decorre directamente da elaboração e aprovação do Programa Nacional de Barragens com Elevado Potencial Hidroeléctrico (PNBEPH), o qual determinou a instalação de 10 novos grandes aproveitamentos hidroeléctricos. A concessão destas infra-estruturas foi atribuída à IBERDROLA.

1.2. Impacte Ambiental

1.2.1. Nota Preliminar

Nos termos do DL 69/2000 de 3 de Maio de 2000 (Anexo II, n.º 3, alínea b), são susceptíveis de processo formal de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) “instalações industriais destinadas ao transporte (...) de energia eléctrica por cabos aéreos”, com comprimentos e tensões superiores a 10 km e 110 kV, respectivamente. No entanto, de acordo com o n.º13 do Anexo II, a modificação das linhas só está sujeita a AIA desde que “seja susceptível de produzir impactes significativos”.

Assim, no presente estudo prévio, serão considerados os corredores para as seguintes linhas:

1. Linha Central do Alto Tâmega – Alto Tâmega 1/2, a 400 kV
2. Linha Alto Tâmega – Gouvães 1/2, a 400 kV
3. Linha Gouvães – Ribeira de Pena 1/2, a 400 kV
4. Linha Gouvães – Ribeira de Pena 3, a 400 kV
5. Linha Daivões – Ribeira de Pena, a 400 kV

O Estudo de Grandes Condicionantes com a escolha dos corredores preferenciais complementa este estudo prévio.

1.2.2. Análise da DIA do Sistema Electroprodutor do Tâmega quanto à inclusão da Central de Daivões e da LMAT entre a mesma e o respectivo Posto de Corte no projecto avaliado e aprovado

A análise da Declaração de Impacte Ambiental (DIA) do Sistema Electroprodutor do Tâmega (SET), o qual engloba os Aproveitamentos Hidroeléctricos (AH) de Gouvães, Padroselos, Alto Tâmega e Daivões, permitiu determinar o âmbito e extensão concretos das componentes do projecto que foram objecto de DIA favorável condicionada, sendo que os mesmos se referem à Alternativa 12 estudada no respectivo EIA – construção do AH de Gouvães à cota de NPA 885, do AH do Alto Tâmega à cota de NPA 315, do AH de Daivões à cota de NPA 228 e não construção do AH de Padroselos e das derivações Alvadia e Viduedo.

Efectivamente, e conforme descrito no ponto da DIA que apresenta as “Razões de facto e de direito que justificam a decisão” favorável Condicionada à Alternativa 12, verifica-se que se encontram incluídas na referida decisão os seguintes componentes de projecto:

- ✘ Aproveitamentos Hidroeléctricos de Gouvães, Padroselos, Alto Tâmega e Daivões, envolvendo a criação de quatro albufeiras e dois açudes: duas albufeiras no Rio Tâmega (Alto Tâmega e Daivões), uma no Rio Beça (Padroselos) e uma no Rio Louredo (Gouvães); um açude no Rio Poio (Alvadia) e outro na Ribeira de Viduedo (Viduedo), ligados a Gouvães pela derivação Alvadia-Viduedo-Gouvães;
- ✘ Centrais exteriores de Alto Tâmega e Daivões, apenas de turbinamento, e as centrais subterrâneas de Gouvães e Padroselos, equipadas com grupos reversíveis, possibilitando turbinamento e bombagem, assim como a ligação a Padroselos e Gouvães em túnel e conduta forçada de aço e duas chaminés de equilíbrio;
- ✘ Linhas eléctricas de alta tensão para ligação do posto de corte de Padroselos às centrais hidroeléctricas (de Gouvães, de Padroselos, de Alto Tâmega) e da central de Daivões ao Parque de Geração de Daivões
- ✘ Subestações (posto de corte de Padroselos, parque de geração de Daivões e subestação em Alto Tâmega);
- ✘ Acessos (a melhorar e a construir);
- ✘ Estaleiros (industriais, sociais e mistos);
- ✘ Escombreyras e pedreiras

Sobre estes a DIA refere que “deverão ser sujeitos a procedimento de AIA” os seguintes:

- ✘ A linha eléctrica de ligação do Posto de Corte de Padroselos à Rede Nacional de Transporte (RNT);
- ✘ A linha eléctrica de ligação do Parque de Geração de Daivões à RNT;
- ✘ A linha eléctrica de ligação da Subestação do Alto Tâmega à RNT e esta mesma Subestação.

Pelo exposto conclui-se que, tanto a linha entre CH e PC de Daivões, como o próprio PC de Daivões não terão de ser sujeitos a nova avaliação de impacte ambiental.

1.2.3. Definição do Âmbito

A fim de permitir a consideração de várias alternativas de corredores foi definida inicialmente uma Área de Estudo, constituída por uma faixa de 3 km de largura mínima, em torno dos corredores base propostos e para as linhas mencionadas em 1.2.1 (faixas de 400 m ligando as várias centrais à subestação, a construir, de “Ribeira de Pena”).

Da Área de Estudo foi mandada executar cartografia 1:25000 actualizada bem como cartografia temática, com a representação mais completa possível de condicionantes de diverso tipo, designadamente:

- ✗ Servidões Rodoviárias (existentes e propostas);
- ✗ Servidões Aeronáuticas (existentes e propostas);
- ✗ Servidões Radioeléctricas (existentes e propostas);
- ✗ Imóveis de Interesse Público;
- ✗ Áreas Verdes e de Equipamento Desportivo;
- ✗ Áreas Urbanas (identificando áreas de habitação e de expansão, quando esta informação constar dos PDM);
- ✗ Área de Protecção a Recursos Naturais;
- ✗ Reserva Agrícola Nacional (RAN);
- ✗ Áreas Agrícolas Complementares;
- ✗ Área Reservada a Cemitérios;
- ✗ Servidões de lixeiras;
- ✗ Reserva Ecológica Nacional (REN);
- ✗ Rede Natura 2000 (Parque Natural do Douro Internacional e Parque Natural de Montesinho)
- ✗ Áreas sujeitas a Regime Florestal;
- ✗ Espécimes arborícolas e florestais protegidas (áreas de Montados de Sobro e Azinho, e de Olival);
- ✗ Outras áreas florestais e de silvo-pastorícia
- ✗ Recursos Hídricos;
- ✗ Património Arqueológico;
- ✗ Áreas de Vinhas;
- ✗ Aterros Sanitários;
- ✗ Explorações mineiras (designadamente as de superfície como as pedreiras e os areeiros)
- ✗ etc.

Foram consultados no Distrito de Vila Real, os Concelhos de Ribeira de Pena (freguesias de Canedo, Santa Marinha, Ribeira de Pena e Cerva) e Vila Pouca de Aguiar (freguesias de Parada de Monteiro e Santa Maria da Montanha), e no Distrito de Braga, o Concelho de Cabeceiras de Basto (freguesia de Cavez), assim como outras entidades de interesse público e privado para recolha de elementos sobre condicionantes de relevância para o processo de escolha do corredor da linha.

Esta informação, coligida e compilada, foi seguidamente sintetizada em cartografia temática para a Área de Estudo e constituirá um elemento base para o desenvolvimento do Projecto e do Estudo de Impacte Ambiental.

1.3. Critérios Técnicos Gerais

Do ponto de vista técnico, o projecto a que se refere a presente memória, será constituído pelos elementos estruturais normalmente usados em linhas do escalão de tensão de 400 kV, nomeadamente:

- ✗ Apoios reticulados em aço da família “Q” e “Y” para linhas simples e “DL” para linhas duplas;
- ✗ Fundações do apoio constituídas por quatro maciços independentes formados por uma sapata em degraus e uma chaminé prismática;
- ✗ Dois cabos condutores por fase, em alumínio-aço, do tipo ACSR 595 (ZAMBEZE).
- ✗ Dois cabos de guarda, do tipo OPGW.
- ✗ Isoladores de vidro temperado do tipo U160BS;
- ✗ Cadeias de isoladores e acessórios adequados ao escalão de corrente de defeito máxima de 50 kA;
- ✗ Circuitos de terra do apoio dimensionados de acordo com as características dos locais de implantação.

Nos aspectos técnicos regulamentares e/ou normativos, entre outros, observar-se-ão os seguintes no âmbito nacional:

- ✗ EN 50341-1- Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV. Part 1: General requirements- Common specifications;
- ✗ EN 50341-3-17 - National Normative Aspects (NNA) for Portugal;
- ✗ Dec. Reg. 1/92 - Anexo: Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão (RSLEAT);
- ✗ Circulares da Direcção Geral de Aviação Civil;
- ✗ Critérios de Funcionamento da Linha em Regime de Curto-circuito;
- ✗ Condicionamentos relativos aos diversos Planos de Directores Municipais (PDM);
- ✗ Efeitos dos Campos Electromagnéticos;
- ✗ Legislação relativa à Avaliação de Impacte Ambiental (AIA);
- ✗ Legislação referente ao Domínio Hídrico;
- ✗ Legislação relativa à Reserva Agrícola Nacional (RAN) incluindo o Regime Florestal;
- ✗ Legislação relativa à Reserva Ecológica Nacional (REN, S.A.);

- ✘ Lista Especificações Técnicas da REN, SA.;
- ✘ Lista de Documentos Técnicos de Referência elaborados pela REN, SA.;
- ✘ Normativos e Publicações da CEI, ISO e CENELEC aplicáveis;
- ✘ Perturbações Radioelétricas;
- ✘ Projecto de Elementos Tipo de Apoios;
- ✘ Regulamento de Protecção às Espécies Florestais e Agrícolas;
- ✘ Ruído Acústico;
- ✘ Servidões Administrativas;
- ✘ Tensões Induzidas.

2. Equipamento

2.1. Características das linhas de ligação dos Aproveitamentos Hidroeléctricos do Alto Tâmega à RNT, a 400 kV

A ligação dos Aproveitamentos Hidroeléctricos do Alto Tâmega à RNT será feita através das seguintes linhas aéreas de 400 kV:

- ✘ Linha Central do Alto Tâmega – Alto Tâmega 1/2, a 400 kV

Esta linha será dupla, com dois cabos condutores por fase, transportada em apoios de esteira vertical. Está prevista a utilização de apoios tipo “DL”, cabos de guarda tipo OPGW e cabos condutores do tipo ACSR 595 (ZAMBEZE).

A linha fará a ligação entre a central hidroeléctrica do Alto Tâmega e o posto de corte do Alto Tâmega.

- ✘ Linha Alto Tâmega – Gouvães 1/2, a 400 kV

Esta linha será dupla, com dois cabos condutores por fase, transportada em apoios de esteira vertical. Está prevista a utilização de apoios tipo “DL”, cabos de guarda tipo OPGW e cabos condutores do tipo ACSR 595 (ZAMBEZE).

A linha fará a ligação entre o posto de corte do Alto Tâmega e o posto de corte de Gouvães.

- ✘ Linha Gouvães – Ribeira de Pena 1/2, a 400 kV

Esta linha será dupla, com dois cabos condutores por fase, transportada em apoios de esteira vertical. Está prevista a utilização de apoios tipo “DL”, cabos de guarda tipo OPGW e cabos condutores do tipo ACSR 595 (ZAMBEZE).

A linha fará a ligação entre o posto de corte de Gouvães e a subestação da REN, S.A., a construir, em Ribeira de Pena.

- ✘ Linha Gouvães – Ribeira de Pena 3, a 400 kV

Esta linha será simples, com dois cabos condutores por fase, transportada em apoios de esteira horizontal. Está prevista a utilização de apoios tipo “Q” e “Y”, cabos de guarda tipo OPGW e cabos condutores do tipo ACSR 595 (ZAMBEZE).

A linha fará a ligação entre o posto de corte de Gouvães e a subestação da REN, S.A., a construir, em Ribeira de Pena. A ligação entre a central hidroeléctrica de Gouvães e o posto de corte de Gouvães será feita através de cabo subterrâneo a 400 kV.

- ✘ Linha Central de Daivões – Daivões 1/2, a 400 kV

Esta linha será dupla, com dois cabos condutores por fase, transportada em apoios de esteira vertical. Está prevista a utilização de apoios tipo “DL” e à saída da central apoios do tipo “Q” ou “Y” em esteira horizontal simples, cabos de guarda tipo OPGW e cabos condutores do tipo ACSR 595 (ZAMBEZE).

A linha fará a ligação entre a central hidroeléctrica de Daivões e o posto de corte de Daivões.

- ✘ Linha Daivões – Ribeira de Pena, a 400 kV

Esta linha será simples, com dois cabos condutores por fase, transportada em apoios de esteira horizontal. Está prevista a utilização de apoios tipo “Q” e “Y”, cabos de guarda tipo OPGW e cabos condutores do tipo ACSR 595 (ZAMBEZE).

A linha fará a ligação entre o posto de corte de Daivões e a subestação da REN, S.A., a construir, em Ribeira de Pena.

2.2. Apoios

Os apoios da família “Q”, “Y”, “DL” e respectivas fundações foram já licenciados como elementos tipo das linhas da RNT pelo que se referem seguidamente apenas as respectivas características gerais. O desenho da silhueta dos apoios constitui o 12Anexo A.01.

As estruturas dos apoios são constituídas por estruturas metálicas treliçadas convencionais, formadas por perfis L de abas iguais ligados entre si directamente ou através de chapas de ligação e parafusos. O apoio está calculado para o aço de designação Fe430B/S275JR ($\sigma_c = 275 \text{ N/mm}^2$)⁽¹⁾ para perfilados até 75X75X8 (inclusive) e Fe510C/S355JO ($\sigma_c = 355 \text{ N/mm}^2$)⁽¹⁾ para perfilados iguais ou superiores a 80X80X8.

¹ Designação segundo EN 10025 e de acordo com EN 10027 e ECISS/IC 10.

Os parafusos são de classe 5.6, 6.8 ou 8.8, conforme desenhos de construção, de rosca métrica, segundo norma DIN 7990, normalização adoptada em regra na Europa com a vantagem de possuir uma gama de espigões de comprimentos bem adaptados para a utilização em estruturas metálicas e em apoios de linhas eléctricas em particular.

A protecção do apoio contra a corrosão é assegurada por zincagem a quente, a qual tem uma espessura mínima de 70 μm nas peças com espessura inferior ou igual a 6 mm e 80 μm nas peças de espessura superior a 6 mm.

As dimensões por família são as seguintes:

Família de Apoios	Altura Útil Mínima ao Solo (m)	Altura Útil Máxima ao Solo (m)	Altura Total Máxima (m)	Envergadura (m)
Q	20,60	65,60	70,60	24,10
Y	20,55	60,55	65,55	24,00
DL	24,00	45,00	64,80	17,00

2.3. Fundações

As fundações para os apoios indicados no ponto anterior são constituídas por quatro maciços de betão independente, com sapata em degraus, chaminé prismática e armadura de aço. Conforme estipula a regulamentação as fundações associadas aos apoios são dimensionadas para os mais elevados esforços que lhe são comunicados pela estrutura metálica, considerando todas as combinações regulamentares de acções. O dimensionamento destas fundações é, por sua vez, dependente das condições geotécnicas do terreno onde são implantadas.

Assim, à priori, as fundações são definidas para condições “médias” de terreno correspondentes a uma caracterização tipo de “areia fina e média até 1 mm de diâmetro de grão” a que correspondem as características:

- ✗ Massa Volúmica = 1600 kg/m^3
- ✗ Ângulo de Talude Natural = 30 a 32 °
- ✗ Pressão Admissível = 200 a 300 kPa

Quanto às características do betão são as correspondentes à seguinte composição por m^3 :

- ✗ 300 kg de cimento Portland normal
- ✗ 400 l de areia
- ✗ 350 l de brita de malha 1,5 a 2,5 cm
- ✗ 450 l de brita de malha 3,0 a 4,5 cm

Conduzindo em condições normais a um betão de tipo C20/25, com valor característico mínimo da tensão de rotura por compressão, f_{ck} , de 20 MPa (provetes cilíndricos com 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura).

As fundações são dimensionadas ao arrancamento, na generalidade dos casos abrangidos pelas condições “médias” de terreno, pelo método do peso de terreno estabilizante, calculado pelo tronco de pirâmide de abertura a 30 ° e desprezando a contribuição da força de atrito do terreno.

Na fase de piquetagem, previamente à construção, são detectadas as situações que serão objecto de dimensionamento específico do ponto de vista geométrico e geotécnico. No primeiro caso trata-se de adaptar o apoio ao terreno, utilizando pernas desniveladas ou maciços de configuração especial, no segundo caso trata-se de verificar e/ou redimensionar os maciços face aos valores que as grandezas acima referidas apresentam nos locais de implantação.

O Anexo A.02 contém o esquema das fundações normais dos apoios reticulados a instalar.

2.4. Cabos

2.4.1. Aspectos Gerais do Dimensionamento

As características mecânicas e eléctricas dos cabos estão indicadas no Anexo A.04, as condições gerais de utilização são as habitualmente adoptadas pela REN, SA. neste tipo de cabos. Um dos cabos instalados na posição de cabo de guarda será de facto um cabo tipo OPGW (optical ground wire), o qual possui no seu interior fibras ópticas destinadas às funções de telemedida e telecontrole bem como de telecomunicações em geral.

2.4.1.1. Aspectos Mecânicos

- ✘ Cabos Condutores:

ACSR 595 (ZAMBEZE)

- ✘ Cabos de Guarda:

OPGW

As condições de trabalho dos cabos e de estabelecimento impostas no Caderno de Encargos, traduzidas numa distância mínima ao solo de, 14 metros para o nível de tensão de 400 kV, assim como a ocorrência de árvores de espécies protegidas que têm de ser preservadas, conduzirão a valores dos parâmetros e trações horizontais dos cabos condutores e cabos de guarda que terão de garantir todas as disposições regulamentares.

Os valores de cálculo resultantes destas disposições serão apresentados na fase de projecto de execução, incluindo-se nomeadamente, os valores de EDS (Every Day Stress) ⁽²⁾ máximo dos condutores, as tracções máximas de trabalho e os ângulos de enrolamento nas pinças de suspensão.

Nos vãos em que se utilizarem esferas de balizagem ou BFD, quando forem isolados os cabos de guarda serão amarrados nas duas extremidades, no caso de vários vãos contínuos em suspensão, o primeiro e últimos vãos serão amarrados no início e terminos respectivamente.

2.4.1.2. Aspectos Eléctricos

Do ponto de vista eléctrico, o cálculo efectuado para os diferentes apoios (com separadores de 40 cm), com o cabo ACSR 595 (ZAMBEZE), e para a tensão nominal da linha, conduz a um campo eléctrico máximo à superfície dos condutores de 15.81 kV/cm. Do ponto de vista das perdas por efeito de coroa, assim como do ruído acústico e interferência radioeléctrica, este valor é aceitável. Por outro lado, a utilização do cabo ACSR 595 (ZAMBEZE) associada às alturas ao solo impostas neste projecto conduz a valores de campo eléctrico ao nível do solo inferiores aos limites definidos, na Portaria 1421/2004 de 23 de Novembro, que retomam os valores estipulados por organismos internacionais (ICNIRP) e adoptados na União Europeia (ver 10.6.2 e o Anexo A.11).

No que diz respeito ao comportamento dos cabos em situações de defeito, considerando cabos geminados a corrente de curto-circuito distribui-se uniformemente pelos 2 cabos do feixe. Nestes pressupostos, cada condutor suportará no máximo 25 kA. O cabo ACSR 595 (ZAMBEZE), apresenta-se dimensionado para correntes de curto-circuito máximas de 25 kA para 1.35 s, correspondendo a uma temperatura máxima do cabo de 125°C (Tinicial=85°C). O mesmo se passa com os cabos de guarda do tipo OPGW, os quais são elementos importantes na segurança de pessoas, dado o efeito moderador na distribuição da corrente de defeito, transportando a maior parte daquela e reduzindo portanto a corrente que é escoada para o solo via poste. Em relação à acção protectora ou de blindagem dos condutores, que se reflecte na qualidade de serviço da Rede de Transporte, os cabos de guarda do tipo OPGW encontram-se bem dimensionados para uma corrente de descarga atmosférica de 20 kA.

2.4.2. Distâncias de Segurança Associadas a Cabos

Sobre este tema observa-se o disposto no RSLEAT (DR 1/92), onde se definem várias distâncias mínimas, como:

- ✘ Ao solo;
- ✘ Às árvores;
- ✘ Aos edifícios;

²O EDS é definido em Portugal a uma temperatura dos condutores de 15 °C e ausência de vento. Pretende traduzir aquelas condições atmosféricas a que corresponde um maior grau de probabilidade de ocorrência, o valor médio mais frequente. O valor percentual indicado representa a percentagem da tracção nestas condições em função da tracção última (i.e., de rotura) do cabo.

- ✘ Às auto-estradas e Estradas Nacionais;
- ✘ Entre cabos de guarda e condutores;
- ✘ Entre condutores, etc.

Em relação às distâncias de segurança, particularmente aos obstáculos a sobre passar (solo, árvores, edifícios, estradas, etc.) deve dizer-se que estas serão verificadas para a situação de flecha máxima, ou seja, temperatura dos condutores de 85 °C sem sobrecarga.

Neste projecto, irão adoptar-se os critérios definidos pelas especificações técnicas da REN, SA. os quais estão acima dos mínimos regulamentares, criando-se assim uma servidão menos condicionada e aumentando-se o nível de segurança em geral. No quadro seguinte mostram-se os valores adoptados:

Obstáculos	400 kV	
	Critério REN, SA. [m]	Mínimos RESLEAT [m]
Solo	14.0	8.0
Árvores	8.0	5.0
Edifícios	8.0	6.0
Estradas	16.0	10.3
Vias-férreas electrificadas	16.0	13.5
Vias-férreas não electrificadas	15.0	10.3
Outras linhas aéreas	7.0 ⁽³⁾	5.0
Obstáculos Diversos	7	5

O arvoredo a sobrepassar será representado no perfil da linha pela altura máxima das árvores da mancha respectiva.

2.5. Acessórios dos Cabos Condutores e de Guarda

Os acessórios de fixação (pinças de amarração e de suspensão) e os de reparação (uniões e mangas de reparação) estão dimensionados para as acções mecânicas transmitidas pelos cabos e para os efeitos térmicos resultantes do escalão de corrente de defeito máxima (50 kA).

As uniões e pinças de amarração dos cabos, ACSR 595 (ZAMBEZE) são do tipo de compressão, constituídas por um tubo de aço que se comprime sobre a alma de aço e por um tubo de alumínio que se comprime na superfície do cabo condutor. Qualquer destes acessórios tem uma carga de rotura não inferior à dos cabos, e particularmente as uniões devem garantir aquela carga simultaneamente com uma resistência eléctrica inferior a um troço de cabo de igual comprimento. Os valores de dimensionamento conduzem assim a uma carga última de rotura destes acessórios não inferior a 150 kN, e temperatura final do material abaixo do limite térmico para correntes de 50 kA, durante 0.4s respectivamente.

³ Considerando o ponto de cruzamento a 200 m do apoio mais próximo.

A amarração do OPGW realiza-se sem corte do cabo e este é fixado por um conjunto de varetas pré-formadas que fornecem o necessário aperto.

As pinças de suspensão para fixação dos condutores e cabos de guarda nos apoios de suspensão são do tipo AGS – Armour Grip Suspension. Este tipo de pinças normalizadas nas linhas da REN, S.A., fixam o cabo através de um sistema de varetas helicoidais pré-formadas e de uma manga de neopreno, apresentando características particularmente favoráveis no que diz respeito à redução ou eliminação de danos causados aos fios que formam o cabo na zona de fixação, em resultado de fadiga causada por vibrações eólicas.

Serão usados separadores de 400 mm e com a função dupla de amortecedor/separador (na linguagem anglo-saxónica como Speed-Grip Spacers) com parafuso de topo “break-away”.

2.6. Amortecedores de Vibrações

Consideram-se aqui os problemas de fadiga causada por vibrações eólicas sobre os fios dos cabos, uma vez que este problema não se coloca em relação aos apoios (estes têm uma frequência própria de vibração muito baixa). Apesar das conhecidas características redutoras de danos de fadiga nos cabos condutores associadas ao uso de pinças de suspensão AGS, tanto estes como os cabos de guarda estão sujeitos a regimes de vibrações eólicas, que exigem a adopção de sistemas especiais de amortecimento das mesmas. Alguns factores determinam o comportamento dos cabos nestas circunstâncias:

- ✗ Características de inércia (massa) e de elasticidade;
- ✗ Características dos acessórios de fixação dos cabos;
- ✗ Tensão mecânica de esticamento (normalmente referenciada ao EDS);
- ✗ Geometria dos vãos;
- ✗ Regime dos ventos (geralmente os regimes de rajada que condicionam as tracções máximas sobre cabos e estruturas, não produzem fadiga nos cabos; são neste caso os regimes lamelares de velocidade baixa-média que produzem as vibrações de mais alta frequência que conduzem a problemas de fadiga mecânica; os terrenos de baixa rugosidade oferecem em geral as condições topográficas para a ocorrência deste tipo de ventos).

A modelização matemática deste fenómeno, com a intenção de produzir resultados generalizáveis a todas as circunstâncias de projecto é bastante complexa e uma perspectiva de cálculo caso a caso não é prática. De um modo geral, em função da parametrização das grandezas acima referidas, são projectados amortecedores, cujas características de inércia e elásticas permitem o amortecimento num espectro relativamente largo de frequências na gama das expectáveis. A geometria de colocação no vão é geralmente definida através de regras empíricas e de uma análise estatística baseada numa amostragem significativa de ensaios, medidas laboratoriais e experiência de utilização. Assim para este projecto, a

colocação de amortecedores será efectuada após a regulação dos cabos e com base em estudos específicos a realizar pelo fornecedor deste tipo de equipamentos.

2.7. Cadeias de Isoladores

2.7.1. Aspectos de Dimensionamento Eléctrico

Serão usados isoladores de calote e haste em vidro do tipo U160BS⁽⁴⁾ para a linha e nas amarrações ao Pórtico. Estes isoladores que classificaremos de “normais” estão bem adaptados às zonas de poluição fraca, que caracterizam todo o corredor da linha. Por outro lado, do ponto de vista do diâmetro do espigão é suficiente para as correntes de defeito previstas. As características destes isoladores estão tabeladas no Anexo A.05.

Para as zonas de poluição ligeira/média a linha de fuga a considerar é de 20 mm/kV (tensão composta)⁽⁵⁾, de acordo com o que se define a composição adequada para os diferentes tipos de cadeias na linha, a saber:

Função da Cadeia Isoladores	Tipo e Quantidade Isolador	Plano/Desenho
Cadeias de amarração dupla (pórticos das subestações)	2 x 22 U160BS ou 2 x 23 U160 BS	A definir (50 kA) PL 10192
Cadeias de amarração dupla	2 x 22 U160BS ou 2 x 23 U160 BS	PL 10211 PL 10193
Cadeias de suspensão dupla (Condutor Lateral)	2 x 22 U160BS ou 2 x 23 U160 BS	A definir (50 kA) PL 10198
Cadeias de suspensão simples (Condutor Lateral)	2 x 22 U160BS ou 2 x 23 U160 BS	A definir (50 kA)
Cadeias de suspensão dupla (Condutor Central) Apoios Tipo Y	2 x 22 U160BS	A definir (50 kA)
Cadeias de suspensão dupla (Condutor Central) Apoios Tipo QRS	2 x 22 U160BS ou 2 x 23 U160 BS	A definir (50 kA) PL 10200
Cadeias de suspensão dupla (Condutor Central) Apoios Tipo QS	2 x 22 U160BS ou 2 x 23 U160 BS	A definir (50 kA) PL 10199

O comprimento da linha de fuga das cadeias com 22 isoladores U160BS é de 8140 mm (19.38 mm/kV), quando se utilizar 23 isoladores a linha de fugas é de 8510 mm (20.26 mm/kV).

⁴ Vd. Norma CEI-60305.

⁵ Vd. Norma CEI-60815.

As distâncias entre hastes de guarda ou entre hastes e anéis de guarda a respeitar na linha, de modo a permitir a garantia de uma adequada coordenação de isolamento, de acordo com o procedimento da REN, variam entre 2828 (2682) e 2896 (2750) ⁽⁶⁾ mm.

Estas distâncias estão devidamente coordenadas com as distâncias mínimas entre peças em tensão e as partes metálicas das estruturas (massa) - que o RSLEAT (Artigo 33.º) preconiza para situação em repouso e desviada pelo vento, respectivamente, 2700 e 2600 mm - valores respectivamente inferiores aos mínimos preconizados pela REN, S.A. ⁽⁷⁾ nos intervalos correspondentes e que são, [3111 (2950) – 3186 (3025)] e [2600 (2600)] em mm para uma variação da distância entre hastes de guarda respectivamente correspondente de, [2828 (2682) – 2896 (2750)] em mm. Esta distância real entre hastes para as cadeias previstas para a linha é superior à das hastes na amarração ao pórtico que é 1700 mm, para adequada protecção do equipamento (disjuntores abertos ou em fase de abertura).

Os valores preconizados pela EN50341, para cadeias desviadas pelo vento, também são inferiores aos preconizados pela REN S.A. sob condições de vento idênticas:

Distâncias sob carga de vento com excepção do vento extremo EN50341				
D _{el} (m)			D _{pp} (m)	
Kg				
1,45		1,25	1,3	1,6
Us (kV)	Braço ou Estrutura	Dentro da Janela	Obstáculos	Entre Condutores
420	2.56	2.69	2.65	2.97

A distância Del, representa a distância dos condutores aos obstáculos ao potencial da terra (conforme indicado na tabela) e Dpp respeita a distâncias interiores da linha, por exemplo, entre condutores.

2.7.2. Acessórios de Cadeias

Os acessórios de 400 kV estão adaptados ao escalão de corrente de defeito de 50 kA, durante 0.4 s, sendo a densidade máxima de corrente limitada a 75 A/mm².

As hastes de guarda nas cadeias de amarração com isoladores U160BS são em varão de aço de Ø 25 mm, os anéis de descarga são em tubo de aço de Ø 60 mm, e com uma abertura de 50 mm e secção mínima de 500 mm².

⁽⁶⁾ Valores entre parêntesis são para isolamento reduzido de 22 isoladores.

⁽⁷⁾ O critério determinante deste dimensionamento é o de considerar que a distância entre peças em tensão e a estrutura, quando a cadeia de isoladores equipada é desviada pelo vento, deve garantir uma tensão suportável (50 Hz) 10% acima da tensão suportável da cadeia de isoladores equipada e sob chuva, enquanto que na situação de repouso o critério aponta para a garantia de uma tensão suportável ao choque atmosférico 10% acima da cadeia de isoladores devidamente equipada.

Ainda relativamente aos dispositivos de protecção será de referir que eles se devem dispor de modo a proteger os isoladores do arco obrigando-o a manter-se afastado daqueles. No caso das presentes linhas as cadeias de suspensão simples e/ou duplas são colocadas com os dispositivos de guarda dispostos no plano perpendicular ao condutor, com estes para o exterior da linha, exceptuando o condutor central em apoios de linha simples, que tem dispositivos para ambos os lados no plano paralelo ao dos condutores.

Os planos das cadeias estão incluídos no Anexo A.06.

2.7.3. Fixação à Estrutura

Os conjuntos de cadeia, quer dos condutores quer dos cabos de guarda, são fixos à estrutura através de um sistema de caixa e charneira, o qual oferece uma resistência de contacto favorável em comparação com os sistemas de fixação com acessórios de perfil redondo. A adopção deste sistema resultou da experiência de exploração e de ensaios específicos para o efeito. No caso dos cabos OPGW os apoios com derivação dos circuitos ópticos (e que portanto têm uma amarração do OPGW) terão um sistema de “shunt” a assegurar a ligação à estrutura de forma franca, de modo a evitar quaisquer sobreaquecimentos na zona de derivação em resultado de correntes de defeito.

Os planos de fixação dos cabos de guarda estão incluídos no Anexo A.06.

2.8. Coordenação de Isolamento

No sentido de estabelecer a coordenação de isolamento, as várias distâncias mínimas a considerar são organizadas de acordo com uma hierarquia. Por ordem crescente teremos:

1. Distância entre hastes de guarda (explosores) de cadeias de amarração da linha aos pórticos das subestações de 1700 mm. Protecção prioritária do equipamento das subestações (disjuntores em fase de abertura ou abertos em definitivo) contra sobretensões de tipo atmosférico.
2. Distância entre hastes de guarda nas cadeias de isoladores. Aqui a linha terá um nível de isolamento semelhante ao dos equipamentos que constituem os painéis de linha, ou seja:

✘ Tensão suportável ao choque atmosférico	1450 kV
✘ Tensão suportável ao choque de manobra	1050 kV
3. Distância no ar entre peças em tensão (condutores e/ou acessórios) e a estrutura, na situação de repouso (sem vento) e com uma inclinação introduzida pelo vento, que se manifesta através do movimento das cadeias de isoladores. Estas distâncias garantem tensões suportáveis superiores às mencionadas atrás em 2, com o objectivo de evitar contornamentos para as estruturas. Os valores calculados para a distância mínima entre peças em tensão e a massa na situação de repouso são, de [3111 (2950) a 3186 (3025)] mm e na de desviado pelo vento [2600

(2600)] mm, respectivamente para as distâncias entre hastes de [2828 (2682) a 2896 (2750)] mm.

2.9. Circuito de Terra dos Apoios

2.9.1. Normalização Adoptada

Neste âmbito tomou-se em consideração:

* **Zonas públicas e frequentadas** ⁽⁸⁾, as recomendações estipuladas na publicação ANSI/IEEE std 80 -1986 e EN 50341-3-17.

Os limites especificados para a tensão de contacto e de passo, admitindo uma resistividade do solo de 100 Ω .m e um tempo de eliminação de defeito 0,5 s, são respectivamente:

<u>Zona Pública</u>	<u>Zona Frequentada</u>
Uc = 189 V	Uc = 255 V
Up = 262 V	Up = 355 V

* **Zonas pouco frequentadas**, o prescrito nas especificações VDE 0141/7.76;

* **Zonas não frequentadas**, as recomendações estipuladas na norma Suíça, ref^a ASE 3569 - 1.1985.

Nestas duas últimas zonas, e considerando tempos de eliminação de defeito < 0,5 s, as recomendações enunciadas não especificam qualquer valor limite para a tensão de contacto e de passo.

Na escolha do corredor da linha procurou-se que este atravessasse zonas não frequentadas, afastando-o o mais possível dos aglomerados populacionais.

Recorre-se aqui às equações de Dalziel para a corrente tolerável pelo corpo humano, e faz-se intervir a resistência eléctrica média de um indivíduo (1000 Ω) e a resistência média pé/solo, proporcional à resistividade do solo. Os valores limites referidos aparecem portanto parametrizados pela resistividade do solo e o tempo de eliminação de defeito. Conforme características dos equipamentos de protecção e estatística da exploração da RNT está garantido com um nível alto de probabilidade o tempo de eliminação de defeito, já o valor da resistividade é bastante variável quer em valor médio de local para local quer localmente nas diferentes direcções em torno do poste e ainda ao longo do tempo em função do grau de

⁸ A fim de se tornar mais claras estas definições diga-se que se entende por **zonas públicas** aquelas onde se verifique uma densidade populacional grande ainda que só em determinadas ocasiões (parques urbanos), áreas destinadas a convívio cultural, recreativo ou desportivo, recintos destinados a feiras, mercados, actos públicos e religiosos, lugares de romaria, zonas de equipamento social colectivo como hipermercados, hospitais e lugares de ensino, etc. Por sua vez uma **zona frequentada** será aquela que não sendo da categoria anterior se pode caracterizar pela presença humana amiúde como caminhos de serviço, áreas junto a fontes ou poços de utilização habitual, zonas agrícolas de actividade frequente do tipo hortas, instalações agro-pecuárias e de apoio agrícola, etc. Uma zona será entendida como **pouco frequentada** se corresponder a uma zona submetida a exploração agrícola em que a intervenção humana é reduzida, a uma exploração ganadeira, etc. Finalmente é entendida como **zona não frequentada** se a presença humana é esporádica, sendo normalmente associada à inaptidão agrícola como por exemplo zona florestal, zona de acentuado declive, etc.

humidade do solo. Por outro lado, note-se que estes valores limites crescem com o valor da resistividade do solo (com incidência na resistência pé/solo), o que justifica por vezes a utilização de gravilha ou asfalto (materiais de alta resistividade) numa camada superficial sobre o solo como medida para subir aqueles limites. Em qualquer caso o tratamento de zonas públicas deve ser sempre feito caso a caso e com uma metodologia que passa por medições e análise *in situ* que confirmem as estimativas obtidas pelo modelo de cálculo.

2.9.2. Constituição e Características dos Circuitos de Terra

Indicam-se seguidamente as soluções construtivas para cada uma das situações típicas dos circuitos de terra.

A) Zonas pouco frequentadas e/ou não frequentadas

A configuração tipo de eléctrodos de terra que se preconiza utilizar nestas zonas, é em todos os apoios de quatro estacas e respectivos cabos de cobre de ligação à estrutura.

Os eléctrodos de terra são estacas de "Copperweld" de 16 mm de diâmetro e 2.1 m de comprimento, enterradas na vertical uma em cada um dos cantos exteriores do conjunto de caboucos devendo os seus topos estar a uma profundidade mínima de 0.8 metros.

Os cabos que interligam os eléctrodos de terra às cantoneiras das bases são de cobre nu de 50 mm². O cabo é ligado à cantoneira e às estacas por intermédio de ligadores apropriados, procurando-se sempre um permanente bom contacto e de baixa resistência.

Para esta configuração o valor da resistência de terra varia ligeiramente com o tipo de apoio pelo facto de a geometria da malha estar associada à base do apoio. Tomando como exemplo uma geometria de malha associada às dimensões mais frequentes dos apoios desta linha o valor da resistência de terra rondará cerca de 10.87 Ω , admitindo-se uma resistividade do solo de 100 Ω .m.

No quadro abaixo, apresentam-se a título apenas indicativo as características deste tipo de circuito de terra, no que se refere à tensão de contacto e de passo, e ainda ao potencial máximo no solo em % do potencial do circuito de terra, segundo a direcção da diagonal do apoio:

Tipo de Circuito de Terra	Resistência de Terra para $\rho=100 \Omega$.m [Ω]	Potencial máx. no solo em % do potencial do circuito de Terra	Tensão de Contacto em % do potencial do circuito de Terra [d = 1,0 m]	Tensão de Passo em % do potencial do circuito de Terra
4 estacas $\varnothing=16\text{mm}$ l = 2.1 m	10.87	40.45	64.95	8.24

O tipo de configuração que se preconiza para o circuito de terra dos apoios nestas zonas pode ser visto no Anexo A.03.

Salienta-se que está garantido o valor de resistência de terra menor que 15Ω , recomendado para o 1º km junto das subestações, procurando-se deste modo diminuir a probabilidade de contornamentos por arco de retorno.

Caso o valor da resistência de terra seja superior aos 15Ω no 1º km junto das subestações, torna-se necessário melhorar o circuito de terra, podendo-se instalar um anel a unir as 4 estacas, como se indica no Anexo A.03.

Diga-se que esta opção será válida para uma resistividade do solo no domínio 100, 300 $\Omega.m$, indicando-se no quadro abaixo os valores obtidos para o tipo de configuração do circuito de terra em análise, na direcção da diagonal do apoio:

Tipo de Circuito de Terra	Resistência de Terra para $\rho=100 \Omega.m$ [Ω]	Potencial máx. no solo em % do potencial do circuito de Terra	Tensão de Contacto em % do potencial do circuito de Terra [d = 1,0 m]	Tensão de Passo em % do potencial do circuito de Terra
4 estacas $\varnothing=16mm$ l=2,1m, anel	18.47	72.46	41.72	14.48

Supondo o valor de 10 kA para I_{cc} (pelo apoio) e admitindo 0.5 % de escoamento pela resistência de terra do apoio teríamos $U_c = 214.28 V$ e $U_p = 67.23 V$.

B) Zonas públicas e frequentada

Nestas zonas assume particular interesse, o valor da resistência de terra (depende da resistividade do solo e da geometria da configuração do circuito de terra), o uso de dois cabos de guarda, com incidência na distribuição da corrente de defeito, transportando a maior parte daquela e reduzindo-se portanto a corrente que é escoada para o solo via poste.

Desempenham pois, os cabos de guarda um papel importante de protecção, sob o ponto de vista de segurança de pessoas e de blindagem de condutores às descargas atmosféricas.

A corrente de defeito tomada em consideração no dimensionamento do circuito de terra é a monofásica, prevendo-se um valor máximo igual ao indicado na tabela do ponto 3.1.2.2.

Nas zonas frequentadas mantém-se a configuração tipo indicada para as zonas pouco frequentadas e/ou não frequentadas que é complementada, no mínimo, com um anel de cabo de cobre nú ($\varnothing = 9 mm$) enterrado horizontalmente a cerca de 80 cm de profundidade, ligando as quatro estacas e rodeando o poste.

Nas zonas públicas a sua configuração deverá ser definida caso a caso podendo normalmente ter características idênticas às zonas frequentadas mas com 2 ou mesmo 3 anéis em vez de um.

2.10. Conjuntos Sinaléticos

Em cada apoio existe sinalização claramente visível do solo constante de (Ver Anexo A.17):

- ✘ Chapa de sinalização ou de advertência com o texto “**PERIGO DE MORTE**” e o nº de ordem do apoio na linha;
- ✘ Chapa de identificação com o nome (sigla) da linha e o nº de telefone do departamento responsável;
- ✘ Adicionalmente todos os apoios localizados junto de vias de comunicação e zonas urbanas deverão ser ainda equipados com placas sinaléticas, onde figura o logótipo da REN, SA. e cujas dimensões e características são as seguintes:
 - ✘ Chapa de aço de 3 mm de espessura com as dimensões de 2 000x1 000mm;
 - ✘ Autocolante em vinil reflector brilhante aplicado numa das faces do painel com os códigos de cores:
 - ✘ Vinil. 3M Série 100 > Azul Safira 100-37
Macal 9800 Pro > Ultramarine Blue 9839-12 Pro
 - ✘ Vinil. 3M Série 100 > Azul Celeste 100-453
Macal 9800 Pro > Light Blue 9839-07 Pro
 - ✘ Vinil. 3M Série 100 > Verde Lima 100-449
Macal 9800 Pro > Light Blue 9849-24 Pro
 - ✘ Letras REN, SA. – Branco

3. Cálculos

3.1. Cálculos Eléctricos

3.1.1. Resistência Eléctrica Linear dos Condutores

3.1.1.1. ACSR 595 (ZAMBEZE)

Os condutores são do tipo alumínio-aço com dois condutores por fase do cabo ACSR 595 (ZAMBEZE), que são constituídos por um núcleo central, de duas camadas, em fios de aço e por três camadas de fios em alumínio. As características destes cabos estão incluídas no Anexo A.04.

A resistência eléctrica quilométrica do cabo ACSR 595 (ZAMBEZE) em corrente contínua à temperatura de 20°C é de 0.0511 Ω /km. A resistência eléctrica em corrente alternada ($f = 50$ Hz) tendo em conta o efeito pelicular é de 0.0527 Ω /km. A variação da resistência eléctrica com a temperatura é dada por:

$$R(\theta) = R(20) \cdot (1 + \alpha \cdot (\theta - 20))$$

Onde o coeficiente de temperatura α tem o valor 0.00403 °K-1.

3.1.2. Capacidade Térmica

3.1.2.1. Capacidade Máxima de Transporte

Este regime é definido para uma temperatura máxima do condutor, definida para o compromisso económico máximo na relação (transporte anual de energia) / (perdas energéticas). Esta temperatura está definida para a RNT como 85 °C. O modelo de cálculo tem em conta a dissipação térmica da energia eléctrica nos condutores (efeito Joule) em resultado da passagem de corrente e a interacção dos condutores com o meio envolvente em termos de energia radiante. O modelo utilizado é conhecido por modelo de Kuipers-Brown que se pode escrever:

$$C \cdot S \cdot dT = P_J \cdot dt + P_S \cdot dt - P_C \cdot dt - P_I \cdot dt$$

Ou:

$$C \cdot S \cdot \frac{dT}{dt} = I^2 \cdot R_T + \alpha \cdot R \cdot d - 8.55 \cdot (T - T_A) \cdot (v \cdot d)^{0.448} - E \cdot \sigma \cdot \pi \cdot d \cdot (T^4 - T_A^4)$$

Onde $C \cdot S \cdot dT$ é a energia térmica armazenada no condutor durante o tempo dt , $P_J \cdot dt$ é a energia Joule, $P_S \cdot dt$ a energia absorvida a partir da radiação solar, $P_C \cdot dt$ a energia perdida por convecção (para velocidades do vento superiores a 0,2 m/s, ou seja, convecção forçada) e $P_I \cdot dt$ a energia perdida por irradiação. Por sua vez os restantes parâmetros têm o significado seguinte:

C = capacidade calorífica (W.s/m³)

S = secção transversal (m²)

T = temperatura absoluta do condutor (°K)

t = tempo (s)

R_T = resistência eléctrica à temperatura absoluta T (Ω)

α = coeficiente de absorção solar (0,5)

R = radiação solar (1000 W/m²)

d = diâmetro do condutor (m)

T_A = temperatura ambiente absoluta (°K)

v = velocidade do vento (0,6 m/s para o regime de calma)

E = poder emissivo em relação ao corpo negro (0,6)

$$\sigma = \text{constante de Steffan (5,7e-8 W/m}^2 \cdot \text{K}^4 \text{)}$$

No modelo acima, o regime permanente traduz-se por ser:

$$\frac{dT}{dt} = 0$$

A corrente admissível é no fundamental função do aquecimento dos condutores (diferença da temperatura do condutor e da temperatura ambiente) traduzindo-se a acção daquele aquecimento em:

- ✗ Perdas por efeito Joule
- ✗ Flechas máximas, com incidência das distâncias mínimas ao solo e outros obstáculos
- ✗ Comportamento dos acessórios (pontos quentes)
- ✗ Envelhecimento dos condutores

No Anexo A.10 apresenta-se a evolução da temperatura dos condutores para diversos valores eficazes de corrente e diferentes temperaturas ambientes (ie, temperatura do ar à altura dos condutores). Os valores adoptados para os parâmetros acima referidos são globalmente aqueles que melhor se adaptam às características do território nacional. Pode ali observar-se, por exemplo, que para a velocidade do vento de 0,6 m/s e temperatura ambiente de 30°C (“Verão”) a corrente máxima admissível, para o cabo ACSR 595 (ZAMBEZE) é à volta de 1177 A, por sua vez, para uma temperatura ambiente de 15°C (“Inverno”) a corrente máxima admissível é à volta de 1340 A, sendo esta linha geminada a capacidade máxima de transporte para o Verão será de 1712 MVA e de 1950 MVA para o Inverno, valores superiores à carga prevista para as linhas.

3.1.2.2. Regime de Curto-Circuito

As correntes de defeito trifásico previstas para o projecto das linhas em apreço são as seguintes:

Subestação	Projecto 400 kV
SE Ribeira Pena	50 kA
Postos Corte e Seccionamento	50 kA

A solução técnica global de linha adoptada é adequada para correntes de defeito até 50 kA, quer no que diz respeito aos condutores quer aos cabos de guarda. Considera-se o modelo de cálculo apresentado em 3.1.2.1, admitindo como condição final para o cabo condutor ACSR 595 (ZAMBEZE) a temperatura máxima de regime permanente de 85°C e que no momento em que ocorre o curto-circuito a temperatura máxima do cabo é de 75° C, que a corrente de curto-circuito se distribui uniformemente pelos 2 cabos do feixe e que a temperatura máxima do cabo não excede 125°C.

Nestes pressupostos, cada condutor suportará no máximo 25 kA pelo que para a duração do curto-circuito de 0,5 s, a temperatura final dos condutores não excede os 99,2 °C, o que não introduz quaisquer

limitações em termos de segurança, uma vez que a linha está projectada para distâncias de segurança que compensam os aumentos de flecha nesta eventualidade.

Se por outro lado considerarmos como duração de defeito aceitável o tempo médio de actuação das protecções para 90 % de frequência de ocorrência, que na RNT em 2008 e para o escalão de 400 kV foi de 40 ms (ver Relatório da Qualidade e Serviço), aqueles valores são aceitáveis.

A linha possui em toda a extensão dois cabos de guarda. Admitindo um defeito de 50 kA num dos extremos da linha, ter-se-ia em cada cabo uma corrente de $0,75 \times 50 / 2 \times 0,95 = 17,8$ kA (supondo o escoamento de 75 % da corrente de defeito pelos cabos de guarda, 95 % para a subestação mais próxima e 5 % para a mais afastada).

Face ao atrás exposto e de acordo com os pressupostos indicados, consideram-se adequados para 50 kA tanto o condutor ACSR 595 (ZAMBEZE) como o cabo de guarda do tipo OPGW.

3.1.3. Efeito Coroa. Campo Eléctrico Crítico. Perdas por Efeito Coroa

O cálculo do campo eléctrico crítico e perdas por efeito coroa foi feito com base nas características geométricas dos apoios da família Q, Y e DL, considerando a distância mínima dos cabos ao solo do critério REN, S.A. 14 m, ponderada pelo efeito da flecha do cabo como altura média.

No Anexo A.11 apresentam-se os valores dos campos máximos à superfície dos condutores com relevância para este capítulo. Os campos máximos à superfície dos condutores foram calculados através de:

$$[E] = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon} \cdot [D] \cdot [A]^{-1} \cdot [U]$$

Onde $[E]$ é o vector dos fasores de campo eléctrico (no modelo de cálculo o problema é de dimensão 8, para ter em conta os seis condutores e os dois cabos de guarda), $\varepsilon = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0$ (com $\varepsilon_r = 1$ e $\varepsilon_0 = 8.859e-12$ A.s/V.m), $[D]$ é um vector dos inversos dos raios dos cabos:

$$[D] = \left[\frac{1}{r_i} \right] \quad i=1...5^{(9)}$$

$[A]^{-1}$ é a inversa da matriz dos coeficientes de potencial (A.s/V.m) e $[U]$ é o vector dos fasores de tensão fase-terra (V).

O modelo acima inclui os cabos de guarda, os quais estão considerados ao potencial do solo.

O campo eléctrico máximo à superfície dos condutores variará entre 15.81 e 16.60 kV/cm, correspondentes à tensão nominal e à tensão máxima de serviço.

⁽⁹⁾ No caso de linha simples, nos apoios de linha dupla $i=1...8$.

O campo eléctrico crítico é definido como o limiar do valor de campo eléctrico a partir do qual o efeito coroa surge. O valor deste limiar depende da geometria dos condutores e de parâmetros atmosféricos que afectam as condições de ionização do ar. Estimou-se aqui o valor daquele campo eléctrico crítico pela expressão de PEEK:

$$E_0 = 18.1 \cdot m \cdot \delta \cdot \left[1 + \left(\frac{0.54187}{\sqrt{r \cdot \delta}} \right) \right] \quad \text{kV/cm}$$

Onde r é o raio dos cabos, condutores e cabos de guarda, ($i=1\dots5$), m é um factor para ter em conta a rugosidade da superfície dos cabos (que origina zonas de maior densidade de linhas de força, tomou-se o valor 0.6), δ é a pressão atmosférica relativa definida por

$$\delta = \left[0.386 \cdot \frac{760 - 0.086 \cdot h}{273 + \theta} \right]$$

Onde h é a altitude média da linha e θ a temperatura média anual (15°C).

Os valores de altitude média foram estimados a partir das cotas no terreno de em cerca de 650 m. A altitude influencia com algum significado o valor do campo eléctrico crítico, baixando-o. Na prática isto significa um aumento de perdas por efeito coroa.

As perdas por efeito coroa com bom tempo foram calculadas pela expressão de PETERSON:

$$P = 20.945 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{f \cdot U^2 \cdot \phi}{\left(\log \left(\frac{D_m}{r} \right) \right)^2} \quad \text{kW/km}$$

Onde U é a tensão eficaz entre fase e neutro em kV, r o raio do condutor em cm, D_m a distância média geométrica entre condutores, f a frequência do sistema (50 Hz) e ϕ um factor experimental dependente da relação E/E_0 , sendo E o campo eléctrico à superfície do condutor e E_0 o campo eléctrico crítico, ambos em kV/cm.

As perdas por efeito coroa dependem particularmente das condições climatéricas. Sob chuva elas podem crescer várias dezenas de vezes acima do valor calculado para bom tempo. Para determinar o valor médio anual das perdas é usual utilizar um factor multiplicativo entre 3 e 9 (no Anexo A.13 usou-se 5). Assim as perdas médias anuais estimam-se não inferiores a 3.713 kW/km e não superiores a 18.570 kW/km.

3.1.4. Ruído Acústico

No Anexo A.13 apresentam-se os valores dos níveis do ruído acústico entre 0 e 35 m do eixo das linhas conforme a configuração dos apoios e no nível de tensão.

A sequência de cálculos utilizada foi a seguinte:

a) Calculámos o nível sonoro equivalente contínuo, ponderado A, de cada fase a partir da expressão para um receptor a controlar:

$$L_{Aeq,i} = 179,23 \cdot \log(E_i) + 58,71 \cdot \log(d_i) - 55,02 \cdot \log(2 \cdot R_i \cdot E_i + 206 \cdot E_i) - 3,81 \text{ dB(A)}$$

Com:

E_i [kV/cm]: campo eléctrico à superfície dos condutores, na fase i

d_i [cm]: diâmetro dos condutores, na fase i

R_i [m]: distância radial dos condutores ao receptor, para a fase i

No cálculo de E_i considera-se que o condutor se dispõe de acordo com uma linha recta paralela ao solo cuja altura é a seguinte:

$$h_{med} = h_{mkn} + \frac{2}{3} \cdot f, \text{ com } h_{min} - \text{distância ao solo para cada um dos níveis de tensão segundo o critério REN, S.A.}$$

Para o cálculo de f é suficiente a aproximação parabólica para a curva dos condutores. O valor de f é dado por:

$$f = \frac{a^2}{8 \cdot P}$$

Onde P é o parâmetro da catenária (relação T/p , entre tracção e peso linear dos condutores) e a é o valor do vão médio ao longo da linha em m.

b) Calculámos a contribuição do conjunto de todas as fases a partir da expressão

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log \left[\sum_{i=1}^{n_f} 10^{\frac{L_{Aeq,i}}{10}} \right], \text{ sendo } n_f \text{ é o nº de fases; nas linhas simples } n_f = 3 \text{ e nas duplas } n_f = 6$$

c) Calcular o valor do nível sonoro equivalente de longa duração para um período climático de um ano, tendo por base a expressão:

$$L_{Aeq,LT} = L_{Aeq} + 10 \cdot \log \left[p + (1-p) \cdot 10^{\frac{-\Delta L}{10}} \right] \text{ dB(A)}$$

Com um valor de ΔL em conformidade com a tensão da linha:

Para 150 e 220 kV: $\Delta L = 20$ dB e para 400 kV: $\Delta L = 12.5$ dB e um valor de p obtido a partir de informação climatológica adequada à localização geográfica da linha de acordo com os critérios seguintes e considerando como condições desfavoráveis as seguintes:

- ✗ Aguaceiros de chuva fraca (até 1 mm por dia) -todo o período
- ✗ Nevoeiro (ocorrências de oito horas de nevoeiro por cada dia registado pelo Inst. Met) - 8 horas

- ✘ Precipitação moderada (entre 1mm e 10 mm) - 10 minutos após o registo de cada ocorrência
 - ✘ Precipitação forte (mais de 10 mm) - 10 minutos após o registo de cada ocorrência
- ou
- ✘ Valor de $p=0,10$ na impossibilidade da sua obtenção por falta de elementos

Em relação aos valores apresentados no Anexo A.13, 46.85 dB(A) a 30 m do eixo da linha para a tensão nominal, salienta-se que o critério da EPA (Environmental Protection Agency, USA) é observado. Este critério define como limite máximo susceptível de não provocar queixas os 52.5 dB(A).

Neste projecto em particular, e na altura de projecto prévio, considerámos valor de $p=10\%$.

3.1.5. Interferências Radioelétricas

No Anexo A.13 apresentam-se também os valores do nível de ruído de radiointerferência. Estes valores foram calculados, de acordo com a norma ANSI, através da expressão:

$$E = (53.75 \pm 5) + k \cdot (g_m - 16.95) + 40 \cdot \log\left(\frac{d}{3.93}\right) + E_n + 20 \cdot k_D \cdot \log\left(\frac{20}{D}\right) + E_{FW}$$

Sendo E o nível de ruído (RI) em dB [dB/ μ V.m], k uma constante aqui igual a 3.5, g_m o campo eléctrico máximo em kVef/cm, d o diâmetro do condutor em cm, E_n tem o valor de 4 dB para condutores simples, k_D é o factor de atenuação para a faixa de frequências de 0.5 MHz a 1.6 Mhz e tem o valor 1.6 ± 0.1 , D é a distância radial do condutor à antena de medição a 2m do solo e E_{FW} é uma parcela de correcção devida às condições atmosféricas, sendo $E_{FW}=0$ para bom tempo e $E_{FW}=17$ dB para chuva.

De acordo com o CISPR o nível de ruído interferente, a 15 m do condutor exterior, para as linhas de tensão entre 70 e 200 kV deve ser inferior a 46 dB, e 53 dB para linhas de tensão entre 300 e 400 kV, com bom tempo. Os valores calculados à volta dos 38.79 dB são inferiores. Nestas condições e para uma recepção classe A ($S/R(\text{dB}) \geq 32$ dB) a relação sinal/ruído $S/R(\text{dB}) = S(\text{dB}) - R(\text{dB})$ a 21 m do eixo da linha deverá ser de pelo menos 69.28 dB, na situação mais desfavorável.

3.1.6. Constantes Eléctricas da Linha

3.1.6.1. Grandezas directas

Tipo de Apoio	Q e Y	DL
Resistência linear (Ω/km)	0.0270	0.0267
Reactância longitudinal (Ω/km)	0.3228	0.3107
Susceptância transversal (S/km)	$3.513 \cdot 10^{-6}$	$3.6869 \cdot 10^{-6}$

Condutância transversal (S/km)	0.00	0.00
-----------------------------------	------	------

3.1.6.2. Grandezas homopolares

Tipo de Apoio	Q e Y	DL
Resistência linear (Ω /km)	0.1795	0.1673
Reactância longitudinal (Ω /km)	0.7198	0.7985
Susceptância transversal (S/km)	$2.2690 \cdot 10^{-6}$	$2.2095 \cdot 10^{-6}$
Condutância transversal (S/km)	0.00	0.00

4. Directriz da Linha

4.1. Localização

Os corredores em estudo das linhas, desenvolvem-se no Distrito de Vila Real, nos Concelhos de Ribeira de Pena (freguesias de Canedo, Santa Marinha, Ribeira de Pena e Cerva) e Vila Pouca de Aguiar (freguesias de Parada de Monteiros e Santa Maria da Montanha), e no Distrito de Braga, o Concelho de Cabeceiras de Basto (freguesia de Cavez),

Os distritos, concelhos e freguesias atravessados por de cada uma das linhas em projecto, serão indicados no perfil e planta parcelar, elaborados durante o projecto de execução. O parcelamento dos terrenos na faixa de 60 metros centrada no eixo da linha assim como os tipos de exploração serão também representados na planta parcelar, que contém ainda, a numeração das parcelas em correspondência com a Relação de Proprietários resultante do levantamento cadastral a efectuar.

4.2. Caracterização Geral das Zonas Atravessadas

Os corredores das linhas em estudo atravessam essencialmente espaços florestais degradados, cortes e novas plantações, espaços florestais de resinosas e áreas ardidas. Durante a fase de definição das grandes condicionantes (corredor da linha) e posterior verificação do traçado, pela análise cruzada com os ortofotomapas, serão evitadas sempre que possível, as zonas pertencentes a espaços urbanos, urbanizáveis, industriais e de equipamento. Quando não for de todo possível evitar o atravessamento das zonas mencionadas procurar-se-á localizar os apoios perto de extremas e caminhos existentes para minimizar o seu impacte.

5. Travessias de Vias de Comunicação

Nas travessias de vias de comunicação (Estradas Municipais, Estradas Nacionais, Rios e Cursos de Água e Linhas de Caminho de Ferro) serão respeitadas as distâncias mínimas apresentadas em 2.4.2.

Para melhorar a fiabilidade mecânica da linha, serão utilizadas cadeias duplas de suspensão nas travessias de estradas, caminhos-de-ferro, rios navegáveis e de outras linhas de alta tensão.

Tratando-se de apoios com cadeias de amarração e como estas são sempre duplas (nas linhas da RNT) a melhoria da fiabilidade está também garantida.

5.1. Travessias de Estradas

Nos corredores das linhas em estudo ocorrem, previsivelmente, as seguintes travessias de estradas:

- ✗ EN 206, EN 312, EM 1130, EM 1132 e EM 1133.

5.2. Travessias de Servidões de Vias-Férreas

Nos corredores das linhas definidos, não há intersecção com linhas de caminho de ferro.

5.3. Travessias de Cursos de Água Navegáveis

Nos corredores das linhas em estudo ocorrerá a travessia do rio Tâmega, à saída da Central de Daivões.

5.4. Travessias de Cursos de Água Não Navegáveis

Nos corredores das linhas em estudo verificam-se as seguintes travessias de cursos de água não navegáveis:

- ✗ Ribeira da Fonte Fria, Ribeira da Trofa, Ribeira da Carvalhal Seca, Ribeiro de Antrime, Fonte do Mouro, Ribeiro do Ouro, Rio do Louredo, Ribeiro do Corgo do Bidoeiro e Ribeiro do Carvalhal.

5.5. Servidões Aeronáuticas Cívicas e Militares

Nos corredores das linhas em estudo ocorrerá a travessia do Heliporto de Ribeira de Pena.

6. Cruzamentos e Paralelismos com Linhas de Telecomunicações

As f.e.m induzidas nas linhas de telecomunicação nas secções de cruzamento serão estimadas através de

$$e = I \cdot M \cdot L \cdot k \cdot 10^{-3} \quad \text{V}$$

onde I, em A, é o valor eficaz da corrente de defeito indutora (corrente de curto circuito monofásico à terra) no vão de cruzamento, M o valor médio do módulo da impedância mútua linear das duas linhas para a secção considerada em mΩ/km, L é o comprimento (valor algébrico) da projecção da secção sobre a linha

de energia em km e k é um coeficiente redutor que tem em conta o retorno duma parte da corrente de defeito pelos cabos de guarda e o efeito de écran dos condutores ligados à terra e paralelos à linha de energia e aos circuitos de telecomunicação.

O valor da corrente indutora, tendo em conta o transporte de parte substancial da corrente de defeito pelos cabos de guarda, será indicado, para cada caso de interferência.

Para o efeito écran e para os cabos de guarda em causa o factor a adoptar será de 0,65

O valor máximo encontrado deverá ser inferior às recomendações do ITU-T de não exceder 650 V para linhas aéreas de telecomunicações em fios nus.

7. Cruzamentos e Paralelismos com Gasodutos

Nos corredores em estudo não ocorrerão, previsivelmente, quaisquer interferências com redes primárias e secundárias de abastecimento de gás.

8. Cruzamentos e Paralelismos com Adutores

Nos corredores das linhas em estudo verificam-se travessias com redes adutoras entre Gouvães e Ribeira de Pena e Daivões e Ribeira de Pena.

9. Balizagem Aérea

9.1. Sinalização para Aeronaves

De acordo com as circulares da Divisão de Regulamentação e Licenciamento Aeronáutico da ANA, Aeroportos de Portugal, SA, considera-se necessário efectuar a balizagem dos seguintes obstáculos:

- ✘ Das linhas aéreas quando penetrem numa área de servidão geral aeronáutica e/ou que, ultrapassem as superfícies de desobstrução (que são para este nível de tensão de 25 m);
- ✘ Dos vãos entre apoios que distem mais de 500 m;
- ✘ Dos vãos que cruzem linhas de água, lagos, albufeiras, etc, com uma largura média superior a 80 m ou que excedam, em projecção horizontal, mais de 60 m relativamente às cotas de projecção sobre o terreno, no caso de vales ou referida ao nível médio das águas;
- ✘ Dos elementos de uma linha aérea que se situem nas proximidades de pontos de captação de água localizados em zonas de risco de incêndios florestais;
- ✘ Das linhas aéreas que cruzem Auto-Estradas, Itinerários Principais ou Complementares.

A sinalização diurna consiste na colocação de esferas de cor alternadamente vermelha ou laranja internacional e branca possuindo o diâmetro mínimo de 600 mm, que serão instaladas nos cabos de guarda

convencionais de modo a que a projecção segundo o eixo da linha da distância entre esferas consecutivas seja sempre igual ou inferior a 30 metros.

A balizagem diurna dos apoios consiste na pintura às faixas, de cor alternadamente vermelha ou laranja internacional e branca. As faixas a pintar correspondem a troços modulares das estruturas de forma a realçar a sua forma e dimensões. As faixas extremas são pintadas na cor vermelha ou laranja internacional.

A balizagem nocturna consiste na colocação de balisores nos condutores superiores, próximo das fixações dos cabos às cadeias, de cada lado dos apoios. Estes dispositivos emitem permanentemente luz vermelha com uma intensidade mínima de 10 Cd.

9.2. Sinalização para Aves

As zonas mais sensíveis, em termos da avifauna, identificadas pelo EIA ao longo dos corredores das linhas em estudo serão identificadas e balizadas de acordo com as recomendações do mesmo, bem como a colocação de plataformas para ninhos caso se mostre necessário.

10. Análise de Riscos Originados pela Presença e Funcionamento das Linhas

Os riscos associados à presença e funcionamento das linhas, incluindo os que decorrem de circunstâncias adversas e externas às próprias linhas, podem considerar-se completamente abrangidos pelas situações que a seguir se referem:

- ✘ Incêndios;
- ✘ Queda dos apoios ou dos cabos condutores ou de guarda;
- ✘ Contactos acidentais com elementos em tensão;
- ✘ Tensões induzidas;
- ✘ Obstáculos a ligarem à terra e dimensionamento do circuito de terra associado;
- ✘ Efeito dos campos electromagnéticos.

10.1. Incêndios

No âmbito da análise deste tipo de riscos, há a considerar a situação em que as linhas estão na origem do incêndio e, por outro lado, o caso em que as mesmas são afectadas por incêndios de outra origem.

A probabilidade do funcionamento de uma linha estar na origem de incêndios é muito reduzida, uma vez que na fase de construção serão garantidas distâncias de segurança aos obstáculos situados dentro de uma faixa de protecção adequada.

Durante a exploração, procedem-se a rondas periódicas, a fim de detectar atempadamente construções de edifícios ou crescimento exagerado de árvores que possam aproximar-se da linha a distâncias inferiores aos valores de segurança.

Adicionalmente fazem-se campanhas de inspeção termográfica no sentido de identificar possíveis elementos da linha que estejam em situação de eventual sobreaquecimento para promover a sua substituição ou reparação atempada.

A probabilidade da linha ser afectada por incêndios de outra origem é mais elevada, com incidência na qualidade de exploração e na continuidade de serviço (interrupção do transporte de energia). Associadas a estas situações haverá que considerar o risco de danos ou inutilização dos equipamentos (apoios, cabos e cadeias de isoladores), com eventual risco de indução de outro tipo de acidentes, nomeadamente queda de apoios, ou dos cabos condutores ou de guarda.

As opções de concepção adoptadas (distâncias aos obstáculos na vizinhança de uma linha largamente superiores aos valores de segurança) permitem concluir que estão minimizados os riscos da linha originar ou vir a ser afectada por incêndios.

10.2. Queda de Apoios ou de Cabos

Em face das características dos cabos condutores e de guarda e dos coeficientes de segurança adoptados na sua instalação pode afirmar-se ser praticamente nula a probabilidade de ocorrência de rotura de qualquer destes elementos de uma linha.

A queda de cabos condutores surge, normalmente, por rotura de cadeias de isoladores.

Assim, para diminuição da probabilidade deste tipo de risco, são utilizadas, com carácter sistemático, cadeias duplas de amarração em todas as situações nas travessias consideradas mais importantes, tais como:

- ✘ Auto-estradas, estradas nacionais;
- ✘ Zonas públicas;
- ✘ Sobre passagem de edifícios;
- ✘ Caminhos-de-ferro;
- ✘ Linhas de alta tensão;
- ✘ Rios navegáveis.

O risco deste tipo de ocorrências é muito reduzido e pode traduzir-se, tal como no caso dos incêndios, numa incidência na continuidade de serviço da linha, embora se possa associar o risco sobre pessoas e bens na sequência da queda daqueles elementos.

A queda do apoio apresenta um risco mínimo em face das suas características e dos coeficientes de segurança adoptados no dimensionamento dos mesmos e das respectivas fundações.

Os critérios de segurança e fiabilidade estrutural asseguram que a probabilidade de queda de apoios seja muito baixa, uma vez que os critérios utilizados (acções de base e coeficientes parciais) correspondem aproximadamente a considerar os valores de acções associados a um período de retorno de 120 anos. Por outro lado, quer os cabos quer os acessórios e cadeias são escolhidos de modo a que se mantenha um coeficiente de segurança entre a tracção máxima expectável (correspondente a um período de retorno de 120 anos) e a capacidade resistente última de pelo menos 2.5.

A intensidade das acções consideradas, resultantes dos agentes naturais, como por exemplo o vento, corresponde a valores muito elevados, ou seja as ocorrências cuja probabilidade de ser ultrapassada é muitíssimo baixa. Estes critérios não são arbitrários mas fazem parte da Legislação e Normalização Nacional aplicável (RSLEAT e EN 50341) e internacional, após estudos muito aprofundados e experiência real de quase um século de História da Indústria de Transporte e Distribuição de Energia Eléctrica. Estes critérios são técnica e legalmente considerados pelos projectistas como suficientes no que se refere à segurança das populações.

Em relação ao apoio pode dizer-se adicionalmente que está dimensionado para poder manter a sua estabilidade em caso de rotura de qualquer um dos cabos ou cadeias, simultaneamente com a ocorrência da tracção máxima expectável. De um modo geral, no dimensionamento global dos diversos componentes estruturais da linha, procura-se estabelecer uma coordenação de resistências onde, no caso do componente principal apoio, os subcomponentes crescentemente mais fortes serão apoio, fundações, acessórios e no caso do componente principal cabos, os subcomponentes crescentemente mais fortes serão cabos, isoladores, acessórios.

No período de cinco anos, entre 1998 e 2002, constatou-se em toda a RNT uma média de 3 ocorrências ⁽¹⁰⁾, por ano de quedas de cabos condutores e de guarda. Nesta média incluem-se as quedas de cabos de guarda, em especial os cabos de guarda de aço instalados em zonas de poluição industrial, responsável pela sua corrosão, e as quedas de condutores na sequência da ruptura das cadeias de isoladores. As quedas de cabos condutores devidas exclusivamente à sua ruptura são extremamente raras e têm sempre causas estranhas à RNT, designadamente vandalismo, choques de aeronaves e incêndios.

10.3. Contactos Acidentais com Peças em Tensão

A ocorrência desta situação é improvável e pode resumir-se à utilização de guias ou outros equipamentos na proximidade da linha.

A altura mínima ao solo das linhas é muito superior ao mínimo regulamentar (como medida de segurança), ver 2.5.2, e torna improvável a hipótese daquela ocorrência, reduzindo-se o risco de acidente.

Refira-se ainda que todos os apoios, tal como está regulamentado, possuem uma chapa sinalética em local visível, indicando “**PERIGO DE MORTE**”.

10.4. Tensões Induzidas

A existência de objectos metálicos (vedações e aramados para suporte de vinhas), isolados ou ligados à terra, na vizinhança de Linhas Aéreas de MAT e acompanhando estas em grandes extensões, são afectados por campos eléctricos, magnéticos ou ainda por elevação de potencial no solo, tornando possível o aparecimento de tensões induzidas, com incidência na segurança de pessoas (contactos ocasionais). Se forem detectadas situações deste tipo, em fase posterior, serão tratadas de acordo com a metodologia a seguir proposta.

Todas as situações serão analisadas pontualmente de modo a garantir-se o estipulado pelo NESC (National Electrical Safety Code, USA): “a corrente induzida que fluirá no corpo de uma pessoa em contacto com o aramado ou vedação será inferior a 5 mA”.

A metodologia de cálculo seguinte permite avaliar situações como as descritas. No sentido de dar uma medida dos riscos apresenta-se um exemplo numérico hipotético. A tensão induzida numa vedação pode ser calculada através de:

$$V = E \cdot h \quad [V]$$

Onde E é o campo eléctrico ao nível do solo em V/m e h a altura da vedação ao solo em metros. A capacidade da vedação é dada por:

$$C = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon}{\ln\left(\frac{2 \cdot h}{r_c}\right)} \cdot L \quad [F]$$

Sendo h a altura em m da vedação, r_c o raio do arame da vedação e L o comprimento da cerca na zona de influência (aquela onde o valor de E se mantém aproximadamente constante) em m. Esta expressão é suficientemente correcta para $h > 2 \cdot r_c$ (desprezam-se os efeitos de extremidade).

A corrente que flui na vedação suposta esta ligada numa extremidade ao solo e supondo também que se dispõe numa direcção aproximadamente paralela à linha de energia pode ser dada aproximadamente por:

$$I = j \cdot \omega \cdot V \cdot C \quad [A]$$

No Anexo A.11 sob o tema “Campos Eléctricos” apresentam-se valores e perfis do campo eléctrico para diversas situações. A situação mais desfavorável em termos de campo eléctrico, à tensão nominal, e para a disposição de fases adoptada para esta linha, varia entre 1.52 e 1.55 kV/m, entre o nível do solo e 1.8 m de altura no eixo da linha (ou seja, praticamente na vertical por debaixo dos condutores). Tomando um aramado de $\varnothing = 4$ mm disposto paralelo à linha a 1.5 m de altura numa extensão de 40 m de comprimento

⁽¹⁰⁾ Sem significado, face ao comprimento de cabos condutores e de guarda instalados na RNT, superior a 40 000 km.

obteríamos, na situação mais desfavorável do campo eléctrico de 1.55 kV/m, $C = 304,4 \text{ pF}$ e $I \leq 0.22 \text{ mA}$, muito inferior ao limite acima referido de 5 mA. Na prática, a corrente nem seria esta porque as correntes de fuga em cada poste de fixação do aramado, ou através de vegetação em contacto com o aramado seriam da mesma ordem de grandeza, pelo que a hipótese de uma vedação ligada apenas na extremidade, com a extensão indicada, é geralmente irrealista e a corrente que atravessaria uma pessoa em contacto com o arame, ainda uma fracção daquelas, atendendo à resistência eléctrica da pessoa.

No entanto, naqueles casos de vedações metálicas que se avalie que possam originar, por contacto, correntes induzidas superiores a 5 mA, será efectuada a ligação sistemática à terra (critério BPA - de 60 m em 60 m com uma estaca de "copperweld") a fim de prevenir qualquer risco.

Dados os muito baixos valores do campo magnético ao nível do solo, Anexo A.12, dispensa-se aqui qualquer cálculo de correntes induzidas por este sobre aramados.

Relativamente à elevação de potencial do solo, na sequência de um defeito monofásico, seguiu-se o preconizado nas várias normas já referidas atrás, devendo ainda tomar em consideração:

- ✗ Existência de cabos de guarda (2) que transportam a maior parte da corrente de defeito, funcionam como elemento protector em termos de segurança de pessoas
- ✗ Tempo de eliminação do defeito ser $\leq 0,5 \text{ s}$ (protecções rápidas)
- ✗ Muito baixa probabilidade de coincidência de um contacto ocasional com a ocorrência do defeito no mesmo instante
- ✗ Improvável combinação negativa de todas as ocorrências referidas leva que a actual normalização aponte métodos probabilísticos para estes aspectos

Deste modo, pode inferir-se que os riscos ligados às correntes que provêm das tensões induzidas são extremamente baixos e muito abaixo dos critérios técnicos e ambientais mais restritivos que se conhecem.

10.5. Relação de Obstáculos a Ligar à Terra e Dimensionamento do Circuito de Terra

Não estão previstas *a priori* ligações particulares de obstáculos. Quaisquer situações deste tipo que se tornem aparentes em fase de construção ou de exploração serão resolvidas através de uma adequada ligação à terra, conforme preconizada no número anterior.

10.6. Efeitos dos Campos Electromagnéticos

10.6.1. Valores Limites

O Conselho Europeu emitiu, em 99/07/05, uma recomendação sobre os limites de exposição do público em geral aos campos electromagnéticos, na gama de frequências de 0 Hz - 300 GHz (Doc. Ref^a 1999-1100-0001 / 8550/99 "Council Recommendation on the limitation of exposure of the general public to

electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz”), e posteriormente o Governo Português, com a promulgação da Portaria 1421/2004 de 23 de Novembro e com DL 11/2003, transpôs para a Legislação Portuguesa os limites de exposição para o território nacional. No quadro II da referida portaria apresentam-se os níveis de referência, de acordo com a tabela abaixo, para a exposição do público em geral e que são os seguintes:

Limites de Exposição a Campos Eléctricos e Magnéticos a 50 Hz		
Características de Exposição	Campo Eléctrico [kV/m] (RMS)	Densidade de Fluxo Magnético [μT] (RMS)
Público Permanente	5	100

Nas linhas da Rede Eléctrica Nacional, em qualquer escalão de tensão, não ocorrem valores superiores aos referidos atrás. Esta conclusão está bem fundamentada por análise comparativa com cálculos teóricos e medições efectuadas em linhas similares em todo o mundo. O cálculo concreto dos valores do campo eléctrico e magnético para os troços de linha em projecto apresentam-se no Anexo A.11 e A.12, respectivamente.

10.6.2. Cálculo do Campo Eléctrico

Modelo de Cálculo

O cálculo dos campos eléctricos efectua-se a partir do conhecimento das cargas eléctricas em cada um dos cabos da linha. No presente caso considerou-se em simultâneo as diversas configurações dos apoios utilizados e dois cabos de guarda, estes supostos ao potencial do solo. A disposição geométrica dos cabos corresponde à família de apoios Q, Y e DL, conforme o apresentado no anexo A.01, considerando uma distância ao solo que corresponde à distância média absoluta em todo o projecto ⁽¹¹⁾. Os valores que se obtiveram correspondem portanto a valores máximos absolutos do campo eléctrico, nos planos horizontais em que foram calculados e que correspondem, sensivelmente ao nível do solo e ao nível da cabeça de um homem (1.80 m do solo).

Para o cálculo da distribuição de cargas eléctricas sobre os condutores da linha considerou-se um modelo de cálculo bidimensional onde a geometria é definida num plano vertical transversal à linha, o solo é considerado plano, horizontal e de extensão infinita. Neste modelo os condutores são também supostos paralelos entre si e ao solo, e os condutores inferiores situam-se a uma distância do solo correspondente ao mínimo absoluto acima referido. O plano de corte transversal considera-se afastado dos apoios ⁽¹²⁾. Nesta conformidade o vector de fasores das cargas $[(q_r + j \cdot q_i) \cdot j] \ j = 1, \dots, 5$ calculou-se através de:

$$[\tilde{Q}] = [P]^{-1} \cdot [\tilde{V}]$$

⁽¹¹⁾ Quer dizer, é a distância média considerando a menor distância ao solo e o efeito da flecha expectável num vão.

⁽¹²⁾ O campo eléctrico é distorcido pela presença dos apoios, sendo estas estruturas metálicas, e portanto condutoras, ao potencial do solo. Este efeito - efeito écran - é no sentido favorável, ie, de diminuição dos valores daqueles campos pelo que o modelo utilizado é simultaneamente mais simples e pelo lado da segurança.

Onde [P] é a matriz dos coeficientes de potencial de Maxwell e [(vr+j.vi)] j=1,...5 o vector de fasores de tensões. A matriz [P] é simétrica e os seus elementos definidos por:

$$P_{ii} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot y_i}{d_i}\right)$$

$$P_{ij} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon} \cdot \ln\left[\frac{(x_i - x_j)^2 + (y_i + y_j)^2}{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}\right]^{1/2}$$

Onde yi e yj são as alturas dos condutores i e j acima do solo, di é o diâmetro do condutor i e xi e xj são as coordenadas horizontais dos condutores i e j.

Uma vez calculadas as cargas eléctricas em cada condutor, o campo eléctrico num determinado ponto N (xN,yN) do espaço é calculado através de:

$$\vec{E}_j = \tilde{E}_{x,j} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \tilde{E}_{y,j} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Onde as componentes horizontal e vertical do campo referentes à carga j são dadas por (método das imagens):

$$E_{x,j} = \frac{(q_{rj} + j \cdot q_{ij}) \cdot (x_N - x_j)}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot [(x_j - x_N)^2 + (y_j - y_N)^2]} - \frac{(q_{rj} + j \cdot q_{ij}) \cdot (x_N - x_j)}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot [(x_j - x_N)^2 + (y_j + y_N)^2]}$$

$$E_{x,j} = \frac{(q_{rj} + j \cdot q_{ij}) \cdot (x_N - x_j)}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot [(x_j - x_N)^2 + (y_j - y_N)^2]} - \frac{(q_{rj} + j \cdot q_{ij}) \cdot (x_N - x_j)}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot [(x_j - x_N)^2 + (y_j + y_N)^2]}$$

$$E_{y,j} = \frac{(q_{rj} + j \cdot q_{ij}) \cdot (y_N - y_j)}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot [(x_j - x_N)^2 + (y_j - y_N)^2]} - \frac{(q_{rj} + j \cdot q_{ij}) \cdot (y_N + y_j)}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot [(x_j - x_N)^2 + (y_j + y_N)^2]}$$

As componentes horizontais e verticais referentes a todas as cargas obtêm-se fazendo o somatório das contribuições de todas as cargas:

$$\tilde{E}_x = \sum_{j=1}^8 \tilde{E}_{x,j}$$

$$\tilde{E}_y = \sum_{j=1}^8 \tilde{E}_{y,j}$$

O campo eléctrico é assim um vector de fasores à frequência de 50 Hz da forma:

$$\vec{E} = (\tilde{E}_x, \tilde{E}_y) = (E_{x,r} + j \cdot E_{x,i}, E_{y,r} + j \cdot E_{y,i})$$

O qual descreve no plano xy uma trajectória pulsante elíptica. A componente máxima do fasor do campo eléctrico num determinado ponto do espaço é dada pelo valor do semi-eixo maior daquela elipse.

O valor Eα do módulo do campo ao longo de uma direcção definida por um ângulo α, medido em relação à horizontal, é dado por:

$$(E_{\alpha})^2 = (E_{ry} \cdot \sin(\alpha) + E_{rx} \cdot \cos(\alpha))^2 + (E_{iy} \cdot \sin(\alpha) + E_{ix} \cdot \cos(\alpha))^2$$

Cujo máximo em α deverá satisfazer:

$$\frac{d(E_{\alpha})^2}{d\alpha} = 0$$

O que conduz à relação quadrática em $\tan(\alpha)$:

$$\tan^2(\alpha) \cdot (E_{ry} \cdot E_{rx} + E_{iy} \cdot E_{ix}) + \tan(\alpha) \cdot (-E_{iy}^2 + E_{ix}^2 - E_{ry}^2 + E_{rx}^2) - (E_{ry} \cdot E_{ix} + E_{iy} \cdot E_{rx}) = 0$$

Válida para $\alpha \neq \pi/2$, valor onde simplesmente $E_{\pi/2} = E_y$. As duas soluções para $\tan(\alpha)$ correspondem aos dois semi-eixos da elipse do campo, calculando-se assim o valor máximo do módulo do campo através da expressão acima para E_{α} .

Valores Calculados

No Anexo A.11 apresentam-se os perfis transversais do campo eléctrico máximo ao nível do solo e a 1.8 m do solo para uma faixa entre -40 e +40 m em torno do eixo das diversas linhas, para as diversas configurações de apoios a utilizar, com um ou dois condutores por fase, cabos de guarda ao potencial do solo e valor eficaz do módulo da tensão na linha no seu valor nominal e para uma altura média ao solo de 22.33 m. O valor máximo do campo varia entre 1.55 kV/m ao nível do solo e 1.52 kV/m a 1,8 m do solo. Estes valores, como se verifica, estão dentro dos limites apresentados em 10.6.1.

10.6.3. Cálculo do Campo Magnético

Modelo de Cálculo

O campo magnético foi calculado usando um modelo bidimensional geometricamente idêntico ao descrito para o campo eléctrico. O valor do campo magnético num ponto de coordenadas (x_j, y_j) em resultado da corrente I_i que percorre um condutor centrado no ponto de coordenadas (x_i, y_i) pode ser dado por:

$$\vec{H}_{j,i} = \frac{\vec{I}_i \times \vec{r}_{j,i}}{2 \cdot \pi \cdot r_{i,j}^2} = \frac{I_i}{2 \cdot \pi \cdot r_{i,j}} \cdot \vec{\phi}_{i,j}$$

Onde $\phi_{i,j}$ é o vector unitário na direcção do produto externo do vector corrente com o vector $r_{i,j}$. Teremos portanto:

$$\vec{\phi}_{i,j} = -\frac{y_i - y_j}{r_{i,j}} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \frac{x_i - x_j}{r_{i,j}} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

E

$$r_{i,j} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

O campo magnético total é dado pela soma das contribuições devidas às correntes em todos os condutores:⁽¹³⁾

$$\vec{H}_j = \sum_{i=1}^6 \frac{I_i}{2 \cdot \pi \cdot r_{i,j}} \cdot \vec{\phi}_{i,j}$$

A densidade de fluxo magnético é então:

$$\vec{B} = \mu \cdot \vec{H}$$

Onde $\mu=4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$, tanto no solo como no ar.

Valores Calculados

No Anexo A.12 apresentam-se de uma forma sistemática os valores do módulo do vector densidade de fluxo magnético em perfis transversais numa faixa de -40 a +40 m em torno do eixo da linha e para a altura média ao solo de 22.33 m. Neste cálculo admitiu-se um regime estabilizado e equilibrado de funcionamento para as correntes. Para efeitos da avaliação dos valores máximos de densidade de fluxo magnético correspondentes a exposições com carácter permanente esta condição é perfeitamente legítima. Em A.12 apresentam-se os diversos perfis transversais da densidade de fluxo magnético a 1,8 m do solo para um módulo de corrente variando conforme o tipo de cabo utilizado. A evolução das correntes das novas linhas a projectar pode ser vista no Anexo A.10 e a corrente de curto circuito ao longo das mesmas pode ser obtida no Anexo A.03. Para a linhas em projecto, com a configuração imposta pelos apoios utilizados, com regime de correntes suposto trifásico e equilibrado o valor máximo da densidade de fluxo magnético a 1.8 m do solo é de 17.31 $\mu\text{T/kA}$. Os valores da indução magnética decaem rapidamente e a 30 m do eixo da linha não excedem 7.76 $\mu\text{T/kA}$. Todos os valores calculados são muito inferiores aos valores limites apresentados em 10.6.1 mesmo numa perspectiva de exposição pública permanente.

11. Análise de Riscos Originados em Fase de Construção da Linha

Os riscos associados à construção da linha podem-se considerar, de forma genérica, abrangidos pelas seguintes situações:

- ✗ Desabamento de terras durante a abertura dos caboucos ou da betonagem das fundações;
- ✗ Ruína do apoio, ou partes do apoio, e conseqüente queda dos cabos durante as operações de desenrolamento e fixação dos cabos;
- ✗ Contactos acidentais dos cabos da linha em construção com outras linhas em tensão durante o desenrolamento dos cabos;

⁽¹³⁾ Aqui desprezam-se as correntes de retorno pela terra e correntes nos cabos de guarda. As correntes de defeito que se escoam pelos cabos de guarda produzem picos de campo magnético de muito curta duração, cuja energia, relevante na perspectiva de fem induzidas em linhas de telecomunicações, não são relevantes na perspectiva dos efeitos sobre pessoas.

- ✘ Tensões induzidas nos cabos da linha em construção ou outras linhas situadas na sua vizinhança.

Todos estes temas são tratados no Plano de Segurança e Saúde (PSS) elaborado para a construção desta linha, tendo em atenção os seguintes pontos-chave:

- ✘ Evitar os riscos;
- ✘ Avaliar os riscos que não possam ser eliminados;
- ✘ Combater os riscos na origem;
- ✘ Adaptar o trabalho ao Homem, especialmente no que se refere à concepção dos postos de trabalho e à escolha dos equipamentos e métodos de trabalho;
- ✘ Atender ao estado de evolução da técnica;
- ✘ Substituir o que é perigoso pelo que é isento de perigo ou menos perigoso;
- ✘ Planificar a prevenção com um sistema coerente que integre a técnica, a organização do trabalho, as condições de trabalho e a influência dos factores ambientais no trabalho;
- ✘ Dar prioridade às medidas de prevenção colectiva em relação às medidas de protecção individual;
- ✘ Formar e informar adequadamente todos os trabalhadores.

Cumprindo com toda a legislação aplicável no que diz respeito à Segurança e Saúde.

De um modo geral as actividades envolvidas na construção de uma linha são: a organização do estaleiro e a execução de fundações, assemblagem e arvoreamento dos apoios e desenrolamento e fixação de cabos. Cada uma destas actividades comporta riscos associados.

11.1. Riscos Associados a Organização de Estaleiro

- ✘ Atropelamento, colisão, queda ao mesmo nível, queda de altura, queda de objectos, cortes, entalamentos, esmagamento, electrocussão, incêndio, explosão, queimaduras, intoxicação.

11.2. Riscos Associados à Execução de Fundações

- ✘ Soterramento, quedas a nível diferente, queda de objectos, ruído, vibrações, poeiras e gases, ruptura da entivação, entalamento, manuseamento de explosivos, corte, ferros em espera, ruptura de cofragens.

11.3. Riscos Associados à Assemblagem e Arvoreamento de Apoios

- ✘ Entalamento, esmagamento, corte, quedas em altura, queda de objectos.

11.4. Riscos Associados ao Desenrolamento e Fixação de Cabos

- ✘ Quedas em altura, ruído, vibrações, queda de materiais, electrocussão, queda de objectos, entalamento, corte.

Identificados os riscos, deverá ser consultado o Plano de Segurança e Saúde, o qual descreve as medidas preventivas que devem ser respeitadas, nomeadamente as Fichas de Procedimentos de Segurança (FPS) e as Instruções Operacionais (IO).

Poderá ser consultado o Plano de Segurança e Saúde – Em fase de Projecto que deverá ser adaptado em fase de obra a todas as frentes de trabalho.

As adaptações do PSS de projecto, em fase de obra, devem contemplar a identificação de todos os riscos não previstos no PSS de projecto, motivados por novas técnicas construtivas, materiais, máquinas, etc., e deve indicar as metodologias para eliminar/minimizar esses riscos, sendo desejável também elaborar novas instruções operacionais caso as novas tarefas a desenvolver tenham um grau de complexidade que assim o exijam.

12. Anexos da Memória Descritiva

- A.01 Esquema Axial dos Apoios
- A.02 Esquema das Fundações
- A.03 Circuitos de Terra dos Apoios
- A.04 Características dos Cabos
- A.05 Características dos Isoladores
- A.06 Planos de Cadeias de Isoladores e Fixação dos CG
- A.07 Condições de Regulação dos Cabos – **“A incluir no Projecto de Execução”**
- A.08 Estabilidade das Cadeias de Isoladores – **“A incluir no Projecto de Execução”**
- A.09 Acções dos Cabos e Cadeias de Isoladores – **“A incluir no Projecto de Execução”**
- A.10 Capacidade Térmica dos Cabos
- A.11 Campo Eléctrico
- A.12 Indução Magnética
- A.13 Ruído Acústico. Interferências Radioeléctricas. Efeito de Coroa
- A.14 Dispositivos de Sinalização para Aves
- A.15 Elementos Gerais da Linha – **“A incluir no Projecto de Execução”**
- A.16 Mapas de Medições – **“A incluir no Projecto de Execução”**
- A.17 Desenhos dos Conjuntos Sinaléticos
- A.18 Lista de Proprietários – **“A incluir no Projecto de Execução”**

13. Elementos do Estudo Prévio

Para o presente Projecto produziram-se e juntaram-se as seguintes peças:

Peças Escritas:

- ✘ Memória Descritiva
- ✘ Anexos à Memória Descritiva

Peças Desenhadas:

- ✘ Planta Geral dos Corredores das Linhas, à escala 1:25000

O AUTOR DO PROJECTO

(Daniela Rocha)

O TÉCNICO RESPONSÁVEL

(Jorge Parracho)
DGEG n.º 31877
ANET n.º 6923