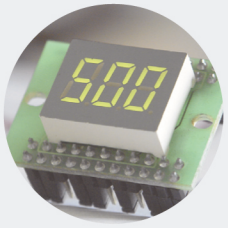
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA - SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA



Projecto de Parque de Formação para Trabalhos em Tensão MT e BT

JORGE SAMEIRO BARBOSA GARRIDO

Dezembro de 2017

POLITÉCNICO
DO PORTO

Projecto de Parque de Formação para Trabalhos em Tensão MT e BT

Jorge do Sameiro Barbosa Garrido

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2017

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de DSEE - Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

Candidato: Jorge do Sameiro Barbosa Garrido, Nº 1040188, 1040188@isep.ipp.pt
Orientação científica: Professor Doutor Fernando Maurício Teixeira de Sousa Dias, fmd@isep.ipp.pt

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2017

Esta dissertação é dedicada aos meus amigos e família, de um modo especial à minha Esposa Filomena e Filhos, Pedro e Tiago e ao meu Pai António Garrido

Agradecimentos

Com a conclusão da presente dissertação não posso deixar aqui de expressar os meus agradecimentos a todos os que tornaram possível a sua realização, seja directamente ou indirectamente.

Em primeiro lugar, agradeço ao meu colega e amigo Engº José Pereira, pelo seu acompanhamento e conselhos valiosos prestados no decorrer do projecto.

Em segundo lugar, ao meu orientador da Instituição, Professor Doutor Fernando Maurício Teixeira de Sousa Dias, por ter acreditado desde o primeiro dia no projecto apresentado, pelo seu contributo no esclarecimento de dúvidas e disponibilidade demonstrada na resolução de problemas surgidos no decorrer do trabalho.

Em terceiro lugar, aos meus colegas e amigos, Engº Ricardo Pereira - Director Técnico da Trifacelos, Lda, e Engº Tiago Pereira, pelo seu acompanhamento, dedicação e conselhos valiosos prestados no decorrer do projecto.

Em quarto, ao meu colega e amigo Engº Horácio Faria da SwitchOn, pela disponibilidade e ajuda prestada e valiosa informação disponibilizada.

Em quinto lugar, aos meus colegas e amigos, Engº Paulo Valente da Visabeira Pro e Sr. Domingos Charrua da Formisado, Lda. pela disponibilidade na visita às instalações dos seus parques de formação.

Finalmente agradeço, a todos os que de forma directa ou indirecta me ajudaram, na realização deste projecto, que aqui seria fastidioso enumerar.

A todos vocês, o meu, Muito Obrigado!

"Um homem que não se alimenta dos seus sonhos, envelhece cedo"

William Shakespeare

Resumo

A regulamentação é uma área de extrema importância para o desenvolvimento de uma qualquer sociedade, e tem como principal objectivo, regular o funcionamento de uma estrutura, grupo, ou de uma determinada actividade. É transcrita para documentos que obedecem a estruturas mais ou menos elaboradas, de acordo com o tipo de regulamento e dos objectivos visados. Um regulamento geral é constituído pelo preâmbulo, por normas gerais, competências, direitos, deveres, sanções e disposições finais; um regulamento parcial engloba em grande parte, apenas um conjunto de disposições a cumprir. A aplicabilidade da regulamentação torna o funcionamento das sociedades mais segura, fiável e confiável, servindo como suporte legal para as opções a tomar em determinada área, por outro lado, na sua falta ou inexistência, obriga à alienação dos requisitos de segurança, fiabilidade e confiança, tornando-se no limite uma anarquização pela falta de regulamentação.

Os Trabalhos Em Tensão (TET) são, uma área do sector energético de extrema relevância para a Qualidade de Serviço, garantindo a continuidade de serviço, minimizando o número de interrupções do fornecimento de energia eléctrica aos clientes. A formação dos trabalhadores nesta área (TET) é de extrema importância, para a sua segurança, bem como dos trabalhos que realizam. Esta formação é ministrada em Parques de Formação apropriados, aos trabalhadores que operam nas redes eléctricas em Tensão. Estes Parques são adaptados à realidade das redes eléctricas, considerando as condições de segurança necessárias para realização dos trabalhos (formação). No entanto, estas infraestruturas, em Portugal, não têm enquadramento legal aplicável.

Um dos principais objectivos desta dissertação é dar um forte contributo para a regulamentação deste tipo de instalação eléctrica, onde é realizada uma abordagem a esta temática, com a execução de um projecto de instalação eléctrica de Parque de Formação para Trabalhos em Tensão, adequando este projecto à legislação existente (RTIEBT, RSRDEE, etc..) e propondo alterações conforme as necessidades constatadas durante a execução do projecto, e posterior apresentação junto das entidades governamentais.

Palavras-Chave

Trabalhos em Tensão, Parque de Formação para TET, Regulamentação, Instalações Eléctricas.

Abstract

Regulation is an area of extreme importance for the development of every society, and it main objective is regulating the functioning of a structure, group, or activity. It is transcribed to documents that obey to more or less elaborated structures, according to the type of regulation and the objectives pursued. A general regulation consists in a preamble, general rules, powers, rights, duties, sanctions and final provisions; a partial regulation comprises, to a large extent, only a set of provisions to be fulfilled. The applicability of regulations makes the functioning of societies more secure, reliable, serving as legal support for the options which need to be taken in a particular area, on the other hand, in their absence, it forces the alienation of security, reliability and trust requirements , becoming an anarchy due to lack of regulation.

The Live Working is an area, in the energetic sector, of extreme relevance for the Quality of Service, guaranteeing the continuity of service, minimizing the number of interruptions in the supplying of electricity to customers. The training of workers in this area (Live Working) is extremely important for their safety, as well as the work they do. This training is given in appropriated Training Parks to workers operating in the electrical networks in Voltage. These Parks are adapted to the reality of the electricity networks, considering the safety conditions necessary to carry out the work (training). However, these infrastructures, in Portugal, do not have applicable legal framework.

One of the main objectives of this dissertation is to make a strong contribution to the regulation of this kind of electrical installation, where an approach to this subject is carried out, with the execution of a project of electrical installation of Training Park for Live Work, adapting this project to the existing legislation (RTIEBT, RSRDEE, etc.) and proposing changes according to the needs identified during the execution of the project, and subsequent presentation to government entities.

Keywords

Live Work, Training Park for Live Work, Regulation, Electrical Installations.

Índice

Índice de Figuras

Índice de Tabelas

Siglas e acrónimos

AO	–	Área Operacional
AT	–	Alta Tensão
MT	–	Média Tensão
BT	–	Baixa Tensão
EDP	–	Energias de Portugal
DGEG	–	Direcção Geral de Energia e Geologia
IEC	–	Comissão Electrotécnica Internacional
IP	–	Iluminação Pública
PT	–	Posto de Transformação
PT-AI	–	Posto de Transformação Aéreo com Interruptor
PT-CB	–	Posto de Transformação do tipo Cabine Baixa
QGBT	–	Quadro Geral de Baixa Tensão
QGE	–	Quadro Geral de Entrada
AD	–	Armário de Distribuição
RSRDEEBT	–	Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica de Baixa Tensão
RESP	–	Rede de Distribuição Eléctrica de Serviço Público
RTIEBT	–	Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão

RSLEAT	–	Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão
RSSPTS	–	Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento
TET	–	Trabalhos em Tensão
TET-BT	–	Trabalhos em Tensão de Intervenção em Redes de Baixa Tensão
TET-MT	–	Trabalhos em Tensão de Intervenção em Redes de Média Tensão
TET-AT	–	Trabalhos em Tensão de Intervenção em Redes de Alta Tensão
TET-LZT	–	Limpeza e Pequena Conservação em Tensão de Postos de Transformação
ARC-BT	–	Assistência à Rede de Clientes na Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão
ARC-MT	–	Assistência à Rede de Clientes na Distribuição de Energia Eléctrica em Média Tensão
BTN	–	Baixa Tensão Normal
BTE	–	Baixa Tensão Especial
DCP	–	Dispositivo de Controlo de Potência
DST	–	Descarregador de Sobretensões
OCR	–	Órgão de Corte de Rede

1 Introdução

Nos dias que correm, a energia eléctrica tem um papel fundamental nas nossas vidas, sendo algo que se encontra na base das nossas actividades quotidianas, dos transportes, das indústrias, dos hospitais, e de diversas actividades de lazer. Tem-se vindo a assistir nos últimos anos a vários avanços tecnológicos, graças à exploração das potencialidades da electricidade. Estes avanços modificam as nossas rotinas e hábitos, melhorando por conseguinte a qualidade de vida das pessoas, o que faz com que a electricidade seja hoje em dia, fundamental para o desenvolvimento de novas tecnologias, o que por outro lado torna as pessoas cada vez mais dependentes da energia eléctrica. Desta forma o sector eléctrico vê igualmente o seu crescimento e desenvolvimento depender da inovação tecnológica e da investigação científica, para dar resposta às solicitações a que está sujeito. Este crescimento e desenvolvimento devem ser correlacionados com uma evolução legislativa capaz, que responda à evolução que o sector eléctrico está sujeito.

As entidades intervenientes, no sector energético, na distribuição e transporte de energia eléctrica, têm uma preocupação constante na qualidade de serviço, sabendo que um dos factores de maior importância para os utilizadores, é a continuidade e qualidade de serviço, o que obriga uma maior procura e aperfeiçoamento de técnicas e materiais para os Trabalhos Em Tensão (TET), que têm como objectivo minimizar o impacte das intervenções nas redes de transporte e distribuição energia eléctrica. Dado que as técnicas utilizadas de "TET" permitem, em grande parte evitar situações de interrupções no

fornecimento de energia eléctrica, existe um crescente aumento do número de trabalhos e necessidade da diversidade dos mesmos. Com esta realidade é inevitável uma formação adequada aos profissionais das empresas que operam nesta área, esta formação de componente teórica, e prática intensiva, é ministrada em parques de formação, simulando fisicamente as redes de transporte e distribuição de energia eléctrica (aproximação à realidade).

Actualmente existem vários parques de formação, que ministram este tipo de formação específica, sendo que, as suas instalações eléctricas não se encontram licenciadas para o efeito (Parque de formação para trabalhos em tensão). A falta de licenciamento destas infra-estruturas deve-se à inexistência de legislação específica, a regulamentar pelas entidades governamentais que regulam o sector da energia eléctrica.

Esta dissertação é elaborada tendo como pano de fundo esta temática, sendo apresentada em forma de proposta de legislação a aplicar.

O projecto de instalações eléctricas é um processo que exige, da parte do responsável pelo seu desenvolvimento, um claro e conciso conhecimento do funcionamento, tanto de instalações eléctricas, como das redes eléctricas. Esta área é talvez das mais exigentes de toda a engenharia, obrigando os técnicos que nela operam a uma constante actualização dos seus conhecimentos. De facto, com a evolução sócio económica, é cada vez mais uma exigência que os serviços prestados sejam de qualidade, regra à qual não foge o sector energético. Dado tratar-se de uma área que afecta inequivocamente toda uma sociedade, tanto a nível de segurança das instalações eléctricas, mas também na sua componente socioeconómica, sendo um motor de toda uma sociedade, esta dissertação pretende essencialmente dar um forte contributo para uma posterior elaboração de legislação específica nesta área da engenharia.

Este capítulo aborda, essencialmente a apresentação do tema da dissertação, o seu enquadramento, objectivos propostos e as motivações para a sua elaboração.

1.1 Contextualização

Esta dissertação surge da necessidade de execução de um projecto de instalação eléctrica de parque de formação "TET", neste caso para a empresa TRIFACELOS, Lda. assim como de várias outras organizações detentoras deste tipo de parques de formação, que pretendem efectuar o licenciamento das suas instalações junto da entidade licenciadora (DGEG) e não têm conseguido devido ao facto de inexistência de legislação aplicável.

Um dos principais objectivos desta dissertação é dar um forte contributo para a regulamentação deste tipo de instalação eléctrica, para tal, será efectuada uma abordagem a esta temática, com a execução de um projecto de instalação eléctrica de parque de formação para trabalhos em tensão, adequando este projecto à legislação existente (RTIEBT, RSRDEE, etc..) e propondo alterações conforme as necessidades constatadas durante a execução do projecto, e posterior apresentação junto das entidades governamentais.

1.2 Objectivos

Embora o principal objectivo desta dissertação seja, contribuir para uma regulamentação capaz de dar resposta a este sector energético, serão abordados outros temas com os respectivos objectivos a atingir, sendo eles os seguintes:

- Efectuar uma análise relativa aos trabalhos "TET" em Portugal e países estrangeiros (França, Espanha);
- Levantamento deste tipo de parques em Portugal, efectuando uma caracterização dos mais relevantes;
- O impacto que os trabalhos em tensão têm na Qualidade de Serviço em Portugal;
- Pesquisa de enquadramento legal para as instalações eléctricas de parque de formação TET;
- Realização de projecto/proposta de instalação eléctrica MT e BT para parque de formação para trabalhos TET MT e BT.

1.3 Calendarização

Na tabela 1, é apresentado o desenvolvimento de todas as fases do projecto, assim como as tarefas executadas nas respectivas datas, desde o planeamento, desenvolvimento e apresentação do projecto à empresa até a finalização do desenvolvimento da dissertação que culmina com a apresentação final.

Tabela 1 – Calendarização das fases do projecto

ID	Fases da dissertação	Datas		Duração em dias	Fev-17		Mar-17	Abr-17	Mai-17		Jun-17		Jul-17
		Inicio	Fim		14-20	21-28	01-31	01-28	01-16	17-31	01-06	07-30	30-05
1	Elaboração de proposta de dissertação	14-02-17	20-02-17	6									
2	Pesquisa de legislação aplicável	21-02-17	28-02-17	7									
3	Elaboração de Projecto de instalação eléctrica e apresentação à empresa	01-03-17	28-04-17	58									
4	Pesquisa de legislação aplicável em países estrangeiros	01-05-17	16-05-17	15									
5	Caracterização dos parques de formação TET em Portugal	17-05-17	31-05-17	14									
6	Caracterização das redes MT e BT em Portugal	01-06-17	06-06-17	5									
7	Elaboração da dissertação	07-06-17	05-07-17	28									

1.4 Organização do relatório

A presente dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos. No Capitulo 1, é realizada uma breve abordagem introdutória aos temas a tratar na dissertação, onde é efectuada a contextualização das matérias em análise, motivação para a realização do trabalho, bem como os objectivos propostos a atingir. O Capitulo 2, aborda o enquadramento do âmbito do trabalho, relativamente ao estado da arte, efectuando uma descrição não exaustiva acerca da história dos "TET" até aos dias de hoje, o impacto positivo que os Trabalhos Em Tensão têm nos indicadores da Qualidade de Serviço, apresentando alguns resultados, é realizada a caracterização de alguns Parques de Formação para existentes em Portugal, a entidade que efectua a sua qualificação como infraestrutura necessária a ministrar este tipo de trabalhos, a legislação utilizada em outros países para a regulamentação deste tipo de instalações eléctricas. No Capitulo 3, é apresentado o projecto realizado no âmbito da presente dissertação, onde é exposto as características que este deve deter, justificação da sua elaboração, legislação a aplicar, funcionalidades pretendidas e disposições finais. O Capitulo 4, talvez o mais relevante de toda a dissertação, apresenta a proposta legislativa a aplicar para este tipo de instalações eléctricas, efectuando o seu enquadramento, regulamentação técnica e legal a aplicar em cada uma das componentes que compõem uma instalação eléctrica deste tipo, ou seja, instalação de utilização interior, instalação de clientes e zonas de trabalhos, rede interior de Baixa, Média e Alta Tensão e Subestações, Postos de Transformação e Seccionamento. No Capitulo 5, são apresentadas as conclusões de todo o trabalho realizado e propostas de trabalhos futuros a desenvolver. Na parte final da dissertação são apresentados os anexos considerados relevantes para a realização da dissertação.

2 Enquadramento

A abordagem da presente dissertação para a realização de projectos de instalações eléctricas para trabalhos em tensão, necessita de ter um enquadramento no estado da arte de outras infraestruturas deste género, neste caso de outros países, dado que em Portugal este tipo de instalações eléctricas não têm enquadramento legal. Para isso no presente capitulo, é apresentada uma breve história acerca do início dos trabalhos em tensão até aos dias de hoje, neste caso em França, sendo posteriormente realizada uma análise acerca dos enquadramentos legais que outros países utilizam para o devido enquadramento legal dos seus parques de formação para trabalhos em tensão.

2.1 História dos TET

Estados Unidos da América

A história dos trabalhos em tensão tem a sua origem nos Estados Unidos da América, este país foi pioneiro na utilização deste tipo de técnica, para a realização de trabalhos em linhas em tensão. A partir de 1840, com a expansão significativa do telégrafo utilizando a electricidade, iniciaram a construção de inúmeras linhas assentes em apoios de madeira por todos os Estados Unidos. O termo *"lineman"* foi então utilizado para identificar as pessoas

que realizavam a construção dessas redes em apoios de madeira e realizavam a ligação dos condutores das linhas. Este termo, também é utilizado para denominar as pessoas que estiveram envolvidas na electrificação da década de 90 do século XIX. Estes trabalhos, nas redes de electricidade, tinham um risco muito elevado, devido ao perigo de electrocussão. Nessa altura, este trabalho foi considerado o trabalho mais perigoso que existia. Facto é, que na altura as redes pertenciam a várias empresas privadas, que por razões comerciais, tinham que fornecer energia aos seus clientes, evitando longos períodos de corte, tanto quanto possível. Os primeiros trabalhos em tensão (*Live Working* com esta denominação), começaram na década de 1910 nos EUA. São relatados que as ferramentas utilizadas pelos técnicos eram feitas por eles, que as prendiam nas extremidades das suas varas de madeira seca para a realização de abertura de seccionadores. A partir de 1918, uma empresa de nome *"TIP Tool"* localizada em Illinois nos EUA, começou a fabricar uma gama completa de ferramentas para a realização de trabalhos em redes de baixa tensão à distância, de que haja necessidade de efectuar cortes de energia [1]. Nasce então a ideia de construir ferramentas universais, para uma ampla gama de aplicações.

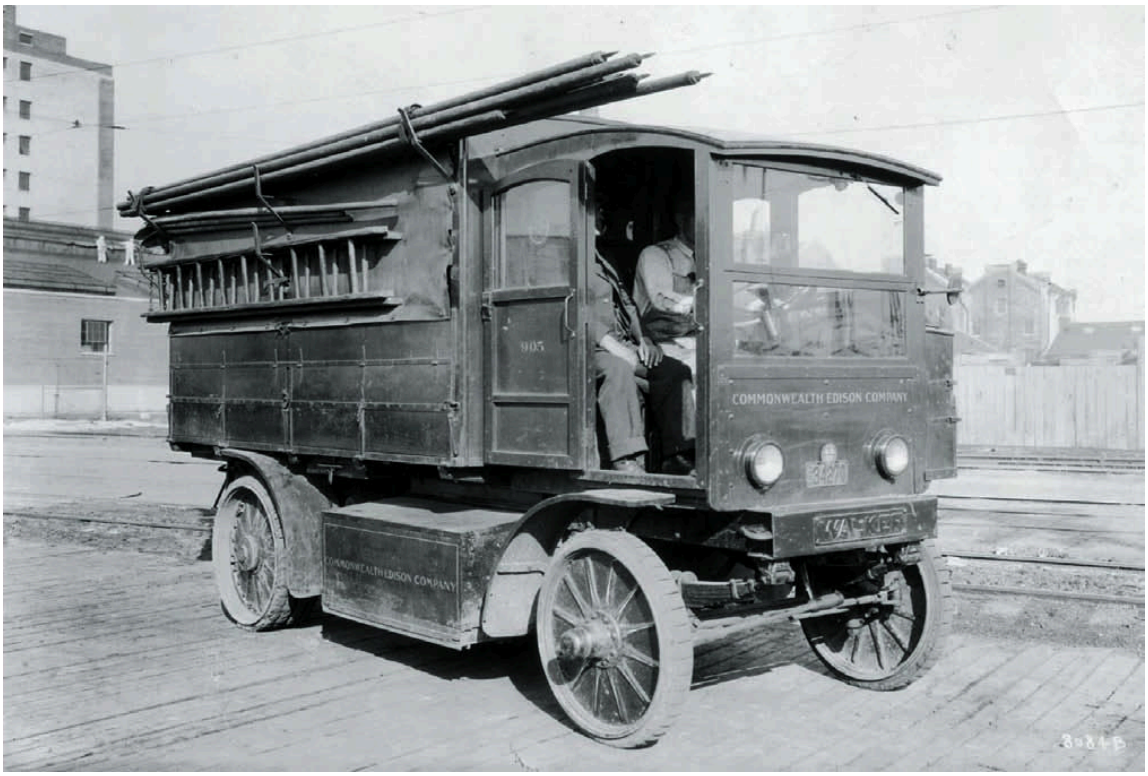


Figura 1 – Veiculo para trabalhos em tensão, propriedade da *"Commonwealth Edison Company, EUA, 1920"* [1].

A partir de 1920, a realização de trabalhos em tensão torna-se possível em tensão de 22 kV, e em 1930 já se tornou possível a realização destes trabalhos com um nível de tensão

de 66 kV. Em 1937, a empresa *"AB Chance"* adquire a *"TIP Tool"*, continuando com a produção e desenvolvimento deste tipo de ferramentas, desenvolvendo estas para trabalhos em tensão para níveis de tensão superiores. Paralelamente a estes trabalhos, a crescente preocupação com a segurança dos *"lineman"* resultou na formação do primeiro sindicato da indústria [1]. Particularmente na década de 1930, isso permitiu os primeiros padrões de segurança e o primeiro programa de treino a serem estabelecidos. Aos poucos, o aperfeiçoamento das ferramentas e equipamentos de protecção tornaram-se uma grande preocupação, devido ao nível de protecção destes ser muito superficial. Em 1938, é realizado o primeiro trabalho em tensão numa rede de 110 kV. E em 1948, na barragem de *"Hoover"* nos EUA, é realizado uma operação de mudança de coluna de suspensão com um nível de tensão de 187 kV. Com o rápido progresso deste tipo de trabalhos, tornou-se possível a realização dos mesmos com um nível de tensão de 345 kV em 1955. A partir de 1959, as varas de madeira passam a ser substituídas por tubos de resina reforçado com fibras unicelulares de vidro epóxi, rígidas e cheios de espuma de poliuretano. Este produto e seu processo de fabrico foram desenvolvidos por um engenheiro de plásticos na empresa *"AB Chance"* nos EUA. Este desenvolvimento, torna-se um marco decisivo no desenvolvimento de equipamentos para os trabalhos em tensão, tornando-os mais confiáveis, do ponto de vista da segurança. Com estes materiais, a partir de 1964, são realizadas as primeiras operações com níveis de tensão de 500 kV, e de 765 kV nos EUA e Canadá [1].

Suécia

Na Suécia, onde a distância entre os centros de produção e os centros de consumo na transmissão de energia eléctrica, é muito extensa, exigindo uma permanente continuidade de serviço. A técnica dos trabalhos em tensão seria desenvolvida neste país a partir de 1950. Os trabalhos realizados incluíam testes aos isoladores, troca de cadeia de isoladores, instalação de amortecedores anti vibração e substituição de anéis de protecção, sendo estes trabalhos realizados em redes com níveis de tensão de 130, 220 e 380 kV. O princípio dos procedimentos para estes trabalhos eram os mesmos utilizados nos EUA. Os trabalhadores subiam os apoios e realizavam o trabalho à distância utilizando ferramentas isolantes.

Figura 2 – Trabalhos em tensão em BT, EUA, 1950s - 1960s [1].

Rússia

Os primeiros trabalhos em tensão na URSS foram realizados durante a última grande guerra, tendo como objectivo a alimentação sem interrupções das indústrias básicas, mantendo-as operacionais apesar da destruição sofrida. Foram elaborados regulamentos muito rigorosos pelo ministério que tutelava a energia, com colaboração das entidades sindicais. Com esta regulamentação, foram obtidos resultados muito positivos, que levaram ao desenvolvimento na utilização deste tipo de trabalho, tornando-se a sua utilização rotineira, já que cerca de metade dos trabalhos de manutenção nas redes era efectuado em tensão. O desenvolvimento de procedimentos operacionais aplicáveis a métodos mistos nas redes, tornou-se possível, com a utilização de uma solução que, consistia em elevar um operador isolado do chão, colocá-lo à tensão do condutor, permitia que o trabalho fosse realizado directamente na linha com ferramentas normais, (Método ao potencial). Com a utilização deste método deixa de ser necessário a manipulação de ferramentas com isolamento especial à distância, conseguindo com isto um aumento considerável da gama de operações que podem ser utilizadas [1].

Na figura 3 e figura 4, são apresentados trabalhos em tensão, numa linha de 110 kV na região de *"Tachkent, União das Republicas Socialistas Soviéticas (URSS)"* em 1958, neste caso, a mudança de uma cadeia de ancoragem e substituição de isolador em tensão respectivamente.

Figura 3 – Substituição de cadeia de ancoragem [1]

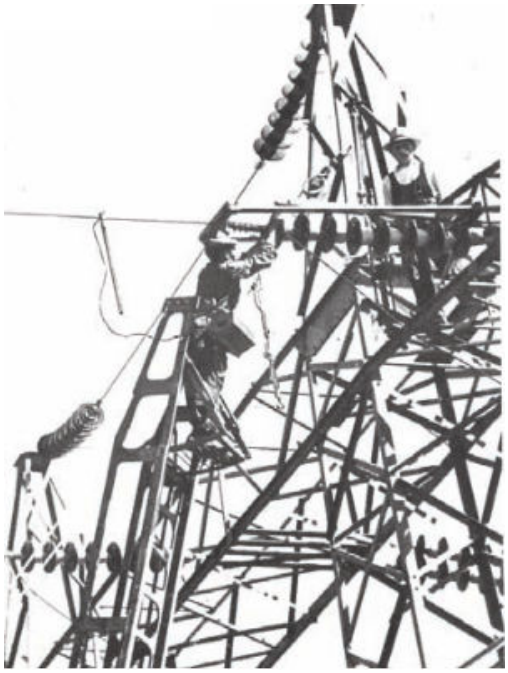


Figura 4 – Substituição de isolador em tensão [1]

A utilização da roupa protectora de cor alaranjada pelos operadores de trabalhos em tensão, foi baseada na cor das mangueiras de pulverização utilizadas originalmente para revestir os condutores de baixa tensão contra o risco de electrocussão. Esta cor alaranjada torna-se mais fácil sua identificação, na utilização nas redes, destacando-se do céu azulado [1].

Figura 5 – Painel publicitário de empresa de fabrico de equipamentos *"Salisbury & Co. Inc."* EUA [1]

<u>França</u>

Na reconstrução da França pós-guerra, houve uma grande necessidade de fornecimento de energia eléctrica, após anos de escassez. Combinando o interesse público e monopolista, nacionalizou-se as suas empresas de electricidade, produção, distribuição e transporte. Desta forma, nasce em 1946 a *"Électricité de France"*. Esta nova empresa pública teve imenso trabalho para realizar nesta altura. A partir da década de 1950, o consumo eléctrico teve um crescimento exponencial, sendo este aumento, consequência do desenvolvimento de todos os sectores, comerciais e industriais, bem como nas próprias famílias, associado à sua vida moderna, sendo cada vez mais um bem indispensável para alguns dos seus usos, criando uma crescente dependência. Esta dependência tornou a base dos utilizadores cada vez mais sensível aos cortes de energia, independentemente da sua causa. A melhoria da continuidade de serviço, tornou-se uma crescente preocupação para todos os distribuidores de energia eléctrica, a principal razão para o desenvolvimento e utilização das técnicas de trabalhos em tensão, que por consequência da sua crescente utilização, reduz os cortes de energia [1].

Estatisticamente, em 1957, as interrupções do serviço foram divididas em dois, entre cortes de energia para o trabalho em tensão e devido a incidentes operacionais. Estes cortes de

energia tornam-se inconvenientes para os clientes, cuja consciência para a qualidade do fornecimento começa a aumentar. Desta forma, a EDF decidiu iniciar missões exploratórias em países que já utilizam essa técnica, particularmente EUA, URSS e Suécia [1]. O objectivo era realizar uma análise, acerca das condições em que estes tipos de trabalhos são realizados, e estudar como poderiam ser aplicados na França. Continuando a abordagem iniciada três anos antes, em 14 de setembro de 1960, a EDF criou o Comité Técnico para estudos de trabalhos em tensão, composto por representantes do sector da energia eléctrica, distribuição, produção, transporte, pesquisa e desenvolvimento e formação profissional, cujo papel foi já considerado de extrema importância para o sector [1]. Posteriormente, o ministério responsável pela energia, nomeou um representante para esse Comité, para lidar com os trabalhos em tensão, os dois departamentos envolvidos, o departamento de distribuição, produção e transoprte, criou grupos de trabalho de acordo com a sua gestão [1]. Estes grupos foram responsáveis por resumir as informações obtidas pelas missões exploratórias, dando inicio ao trabalho de desenvolvimento de métodos e ferramentas adequadas para as redes francesas.

Figura 6 – Substituição de suportes de isoladores em TET utilizando vara de bambo, França, 1960 [1].

Por sugestão do Presidente do Comité Técnico para os estudos de "TET", em 6 de junho de 1962, a direcção geral da EDF, criou a (SERECT) *Section D'études, D'exécution et D'expérimentation Pour le Comité Technique*, tendo como principal tarefa o desenvolvimento de métodos para "TET", ferramentas necessárias para a sua realização e elaboração de manuais de procedimentos para a execução dos trabalhos.

Posteriormente foi criada uma rede experimental (parque de formação) em Ottmarsheim França. Este parque foi desenvolvido com o objectivo desenvolver procedimentos operatórios e também para a realização de treino dos técnicos que operavam em "TET".

Figura 7 – Rede do parque de formação TET, Ottmarsheim, França, 1966 [1]

Actualmente este País é uma referencia a nível da regulamentação deste tipo de trabalhos, e infraestruturas técnicas.

2.2 Trabalhos em tensão

Nos dias de hoje, quando falamos de electricidade, é impensável a existência de qualquer tipo de privação dos clientes da continuidade do serviço, evitando os cortes de energia e mantendo um alto nível de disponibilidade nas redes, garantindo a segurança dos

operadores e de terceiros, adaptando-se continuamente aos desenvolvimentos tecnológicos. Estes são os problemas que os trabalhos em tensão enfrentam. Invisível para os utilizadores, esta técnica é actualmente essencial e faz parte integrante dos requisitos de transporte e distribuição de energia eléctrica das redes. Portugal é um país que não foge a esta regra, procurando através das entidades intervenientes no sector, regulamentar este tipo de actividade, sempre com o objectivo de garantir a continuidade de serviço, respeitando os requisitos que a qualidade de serviço deve ter.

Os trabalhos em tensão, assim chamados em Portugal, têm o seu início no ano de 1978, três anos após a sua formação da empresa designada por (EDP) Electricidade de Portugal, que resultou de uma fusão de treze empresas nacionalizadas três anos antes. Este início dos "TET" em Portugal é iniciado com o envio por parte da EDP, de uma equipa para França com o objectivo de serem formados nesse país. Foi essa equipa formada em França, que reconduziu o conhecimento aí obtido para Portugal, passando estes a formar os trabalhadores que trabalhavam nas redes, eram considerados a elite dos técnicos das redes. Estes técnicos eram formados em parques de formação internos da EDP Distribuição. Com o desenvolvimento deste sector da empresa, neste caso EDP Distribuição, foram passados estes trabalhos a empresas externas, a chamada empreitada contínua, que tem como objectivo a passagem dos trabalhos de manutenção e construção de redes para empresas sucontratadas. Os trabalhos que são realizados na empreitada contínua são os seguintes:

a) Realização de obras na rede de distribuição de energia eléctrica em geral, incluindo a prestação de serviços conexos e o fornecimento de materiais e equipamentos inerentes;
b) Realização de obras de Construção, Reparação e Manutenção de Redes de Alta Tensão, Média Tensão e Baixa Tensão da EDP Distribuição, incluindo a prestação de serviços e o fornecimento de materiais e equipamentos inerentes.

Com isso passa a existir a necessidade de formar novos técnicos externos à empresa (EDP), sendo então construídos, em vários locais do país, pelas empresas que operam na empreitada continua, parques de formação para Trabalhos Em Tensão (TET).

2.2.1 Métodos utilizados em TET

Nos trabalhos "TET", são utilizados vários métodos de, que permitem ao operador a realização de determinada tarefa, minimizando o risco eléctrico. Os métodos existentes são abaixo elencados.

2.2.1.1 Método à distância

O método à distância caracteriza-se, pelo executante manter permanentemente uma distância igual ou superior à distância mínima de aproximação, entre as suas mãos ou qualquer parte do corpo e as peças em tensão na sua envolvente. A sua protecção é garantida por meio de varas ou outros equipamentos dotados de isolamento adequado ao nível de tensão no qual irá realizar a intervenção, com as ferramentas fixadas nas extremidades por equipamentos apropriados. Esta metodologia é realizada com o executante a posicionar-se para além da (DMA) distância mínima de aproximação, sendo esta a distância mínima no ar, medida em relação a peças nuas em tensão com potencial diferente do seu. Esta distância (DMA) é obtida através da conjugação da (t) distância de tensão e da (g) distância de guarda. Sendo a distância (t) a distância que o executante poderá estar em relação às peças nuas em tensão, sendo obtida pela expressão 2.1.

$$t = \frac{U}{2} \tag{2.1}$$

Onde

- t – Distância de tensão, expressa em centímetros, (nunca inferior a 10 cm);
- U – Valor da tensão nominal, expressa em kilovolts

A distância (g) é a distância a considerar para que o executante possa realizar todas as operações, tendo em consideração a movimentação de ferramentas sem ter grande preocupação permanente em respeitar a distância de tensão.

Figura 8 – Trabalhos TET, método à distância [2]

A aplicação deste método preconiza-se pela utilização de ferramentas fixadas na extremidade de varas ou cordas, tendo o isolamento apropriado ao nível de tensão das peças nuas onde é realizado o trabalho. Apenas com utilização destas ferramentas, permite ao executante a intervenção na zona pretendida em segurança. Tendo em consideração as características deste método, é indicado para a realização de trabalhos em redes de MT e AT.

2.2.1.2 Método ao contacto

Neste método, os executantes são levados a entrar na zona limitada pela DMA, passando a existir um contacto efectivo com as peças nuas em tensão, nas quais irão intervir. Neste caso, a protecção é garantida pela utilização de equipamentos de protecção, tais como: luvas isolantes, protectores para os braços e por tapetes isolantes, que serão dotados de isolamento apropriado para o nível de tensão da instalação a intervir. A sua utilização é essencialmente para as redes BT, podendo ser também utilizado em redes de MT.

Figura 9 – Trabalhos TET em BT, método ao contacto

A sua utilização é essencialmente para as redes BT, podendo ser também utilizado em redes de MT.

2.2.1.3 Método ao potencial

A utilização deste método, permite que o executante se coloque ao mesmo potencial das peças nuas em tensão que irá intervir. Este método acarreta elevados riscos, devido ao facto da obrigatoriedade do executante penetrar na zona de tensão, ou seja ao potencial da rede onde tem que intervir.

Figura 10 – Trabalhos TET, método ao potencial

Neste procedimento, há a necessidade imperativa de garantir a DMA, relativa a peças nuas em tensão que tenham potenciais diferentes do seu. A protecção do executante é efectuada através da utilização de equipamentos isolantes, neste caso plataformas elevatórias ou fixas. Devido às características deste método, a sua utilização é usualmente em redes de MT, AT e MAT.

2.2.1.4 Método global

O método global ou método C3M é caracterizado pela combinação dos três métodos anteriores, durante a execução de determinado trabalho. Esta interacção entre os três métodos, exige o cumprimento de procedimentos, estando restringida ao facto de não ser possível a utilização de dois métodos em simultâneo, obrigando à utilização de etapas distintas, apesar de a intervenção ser no mesmo local. Este procedimento é utilizado em redes de MT e AT, sendo no caso de redes AT, apenas utilizado a combinação de procedimentos dos métodos à distância e ao potencial.

2.3 Qualidade de serviço

A utilização dos trabalhos em tensão nas redes, são uma ferramenta preponderante para a melhoria dos indicadores que definem os requisitos da qualidade de serviço. Nesta subsecção, é efectuada uma abordagem sobre o conceito de fiabilidade das redes de distribuição de energia. Os indicadores aqui abordados, procuram traduzir a avaliação da rede, quer do ponto de vista do consumidor, quer da própria rede, quer ainda relativamente à potência cortada e energia não fornecida, efectuando a sua relação com os trabalhos em tensão, não obstante outras situações que influenciam estes, ou seja, as interrupções de fornecimento podem do tipo prevista, consistindo na interrupção do fornecimento de energia para permitir a execução de trabalhos na rede da qual os clientes são informados com antecedência, e do tipo acidental, provocada por defeitos permanentes ou transitórios, ligados na maioria das vezes, a acontecimentos externos, a avarias ou a interferências.

Segundo a ERSE – Entidade Reguladora do Sector Energético [3], a avaliação da continuidade de serviço caracteriza e avalia as situações em que se verifica a interrupção de fornecimento de energia eléctrica aos pontos de entrega de uma rede, sejam clientes ou ligações a outras redes, como é o caso da ligação da rede de transporte à rede de distribuição. Estas interrupções de fornecimento podem ser do tipo previsto ou acidental.

Os indicadores individuais que caracterizam e avaliam a continuidade de serviço em cada um dos pontos de entrega são os seguintes:

- Frequência das interrupções: número acumulado de interrupções sentidas na instalação de cada cliente em cada ano.
- Duração total das interrupções: duração acumulada das interrupções sentidas na instalação de cada cliente em cada ano.

No (RQSS) – Regulamento de Qualidade de Serviço do Sector Energético [4], estão estabelecidos indicadores e padrões anuais associados ao número e à duração das interrupções, bem como ao seu impacto [3].

Os indicadores de continuidade de serviço são gerais se se referirem à totalidade de um sistema, a um conjunto de clientes ou a uma zona geográfica [3], sendo os indicados na tabela 2.

Tabela 2 – Principais Índices de Fiabilidade, ERSE [3]

Indicador geral	**Aplicação geral**			
	Transporte	**Distribuição**		
		AT	**MT**	**BT**
ENF (energia não fornecida)	✓			
TIE (tempo de interrupção equivalente)	✓			
END (energia não distribuída)			✓	
TIEPI (tempo de interrupção equivalente da potência instalada)			✓	
SAIFI (frequência média de interrupções longas)	✓	✓	✓	✓
SAIDI (duração média das interrupções longas)	✓	✓	✓	✓
SARI (tempo médio de reposição de serviço do sistema)	✓			
MAIFI (frequência média de interrupções leves)	✓	✓	✓	

2.3.1 Indicadores da qualidade de serviço

O cálculo dos índices de fiabilidade, de acordo com a sua aplicação nas redes de transporte e distribuição, apresentados na tabela 2 do ponto 2.3 da presente dissertação, são obtidos segundo o RQSS [4], através expressões apresentadas nos pontos seguintes.

2.3.1.1 TIEPI – tempo de interrupção equivalente da potência instalada, expresso em minutos

Tempo de interrupção equivalente da potência instalada na rede MT – Indicador que representa o tempo de interrupção equivalente, referente a interrupções longas, da potência instalada, num determinado período de tempo estabelecido (trimestre ou ano civil) e que é dado pela expressão 2.2.

$$TIEPI = \frac{\sum_{j=1}^{k} \sum_{i=1}^{x} DI_{ij} \times PI_j}{\sum_{j=1}^{k} PI_j} \tag{2.2}$$

Onde:

- DI_{ij} – duração da interrupção longa i no (PdE) – Ponto de Entrega j, em minutos;
- PI_j – potência instalada no $PdE\ j$ (PTC ou PTD), expressa em kVA;
- k – quantidade total de PdE da rede de distribuição (PTC ou PTD);
- x – número de interrupções longas no $PdE\ j$.

2.3.1.2 END – energia não distribuida, expresso em MWh;

Indicador que representa o valor estimado da energia não distribuída nos pontos de entrega, devido a interrupções longas, dado pela expressão 2.3.

$$END = \frac{TIEPI \times ED}{T} \tag{2.3}$$

Onde:

- $TIEPI$ – tempo de duração equivalente da potência instalada, expresso em horas;
- ED – energia não distribuida às redes de distribuição, deduzida dos consumos dos clientes ligados à rede de AT, expresso em MWh;
- T – período de tempo considerado, expresso em horas.

2.3.1.3 MAIFI – frequência média das interrupções breves do sistema na rede;

Indicador que representa o número médio de interrupções breves verificadas na rede, nos pontos de entrega, num determinado período de tempo estabelecido (trimestre ou ano civil), dado pela expressão 2.4.

$$MAIFI = \frac{\sum_{i=1}^{k} BI_J}{k} \tag{2.4}$$

Onde:

- BI_j – numero de interrupções breves dos PdE, no período considerado;
- k – quantidade total de PdE da rede de distribuição.

2.3.1.4 SAIFI – frequência de interrupções longas do sistema na rede;

Indicador que representa o número médio de interrupções longas verificadas nos PdE da rede de distribuição, num determinado período de tempo estabelecido (trimestre ou ano civil), dado pela expressão 2.5.

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^{k} FI_J}{k} \tag{2.5}$$

Onde:

- FI_j – numero de interrupções longas nos PdE, da rede de distribuição, no período considerado;
- k – quantidade total de PdE da rede de distribuição.

2.3.1.5 SAIDI – duração média de interrupções longas do sistema na rede;

Indicador que representa a duração média das interrupções longas verificadas nos PdE da rede de distribuição, num determinado período de tempo estabelecido (trimestre ou ano civil), expresso em minutos, dado pela expressão 2.6.

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^{k} \sum_{i=1}^{x} DI_{ij}}{k} \tag{2.6}$$

Onde:

- DI_{ij} – duração total da interrupção longa i no PdE j, expresso em minutos;

- k – quantidade total de PdE da rede de distribuição;
- x – número de interrupções longas no $PdE\ j$, no período considerado.

2.3.2 Evolução da qualidade de serviço técnico

Com a constante preocupação por parte das partes interessadas, neste caso a EDP Distribuição, os investimentos realizados nas redes, melhoria contínua na qualidade dos serviços técnicos, etc…, têm trazido a este sector, distribuição de energia eléctrica, melhorias substanciais, que permitem disponibilizar aos utilizadores um serviço de qualidade. A quantificação desta qualidade a disponibilizar pode ser observada através dos indicadores da qualidade de serviço, acima elencados. A ERSE, como entidade reguladora tem lançado campanhas que têm permitido a melhoria da qualidade de serviço, como é o caso, *"Qualidade de Serviço Cabe a Todos"* [5], por conseguinte a sensibilização para a necessidade de Manutenção de Postos de Transformação de Clientes assim como o *"Selo da Qualidade e^{+}"*, que têm contribuído para a melhoria dos indicadores, conforme se pode verificar na figura 11.

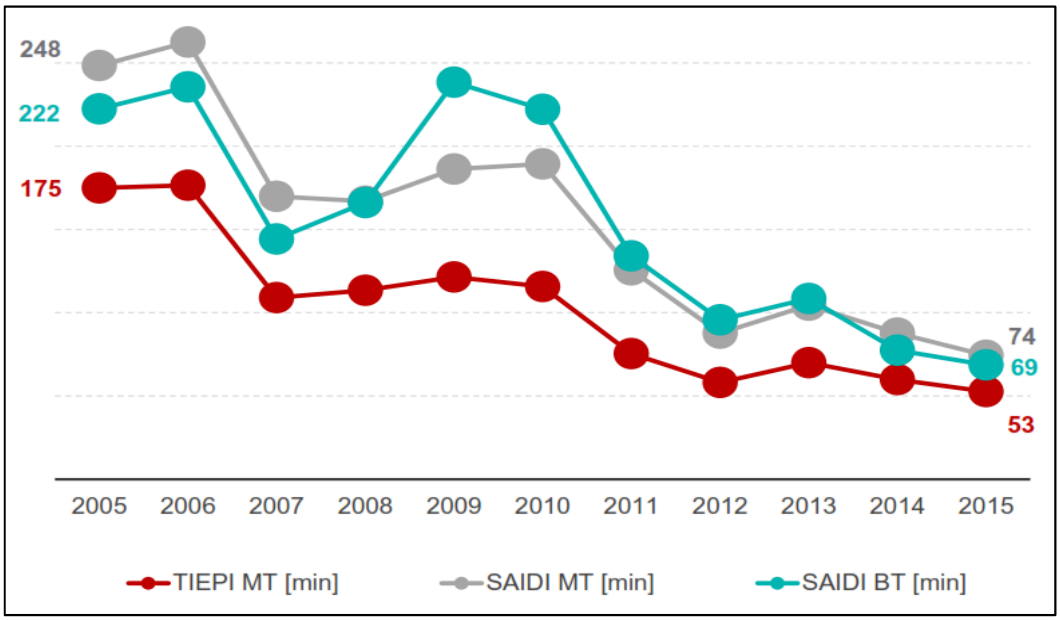


Figura 11 – Evolução dos indicadores de qualidade de serviço, [5]

Fazendo uma análise a estes indicadores, neste caso no intervalo anual entre 2005 e 2015, podem-se observar que houve uma redução de aproximadamente 70 %, dos seguintes indicadores: TIEPI – MT, SAIDI – MT e SAIDI – BT.

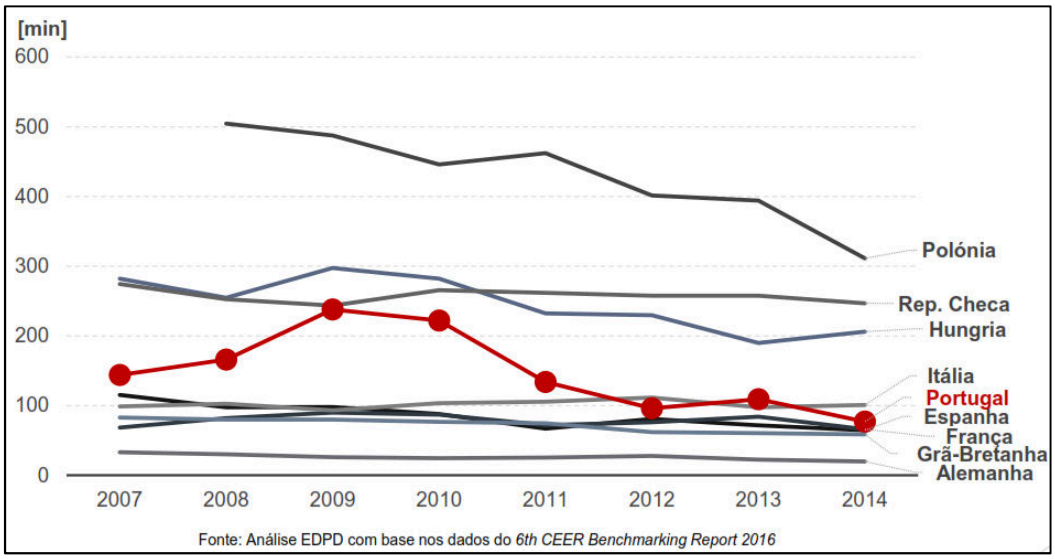


Figura 12 – Evolução do indicador *Benchmarkting – SAIDI – BT*, [5]

Conforme se pode verificar, comparativamente com os Países da Europa enunciados na figura 12, Portugal tem vindo a reduzir os tempos de duração média de interrupções longas nas redes de BT, fruto do trabalho realizado, estando aqui implicito a utilização das técnicas "TET".

2.4 Parques de Formação TET

Os parques de formação para trabalhos em tensão, são infraestruturas preponderantes na preparação dos técnicos que operam nas redes de distribuição e transporte, proporcionando a estes, meios de treino (simulação de redes reais), equipados com dispositivos de protecção adequados à correta segurança dos formandos. Actualmente em Portugal, existem cerca de 18 parques de formação "TET" qualificados, embora existam outros que, ou estão desactivados ou em fase de qualificação, não se encontram quantificados. A qualificação destes parques é realizada por entidade com competência para tal, e realizada considerando o tipo de formação a ministrar. Estes parques encontram-se distribuídos pelo território, desde o Norte ao Sul do país, conforme figura 13. De notar que estes parques pertencem na sua grande maioria a empresas que operam nas redes de distribuição e transporte, subcontratadas pela EDP distribuição ou pela REN, razão pela qual a sua localização, encontram-se nas zonas onde essas empresas intervêm.

Nesta subsecção são apresentados alguns dos parques existentes em Portugal, sendo efectuada a sua caracterização.

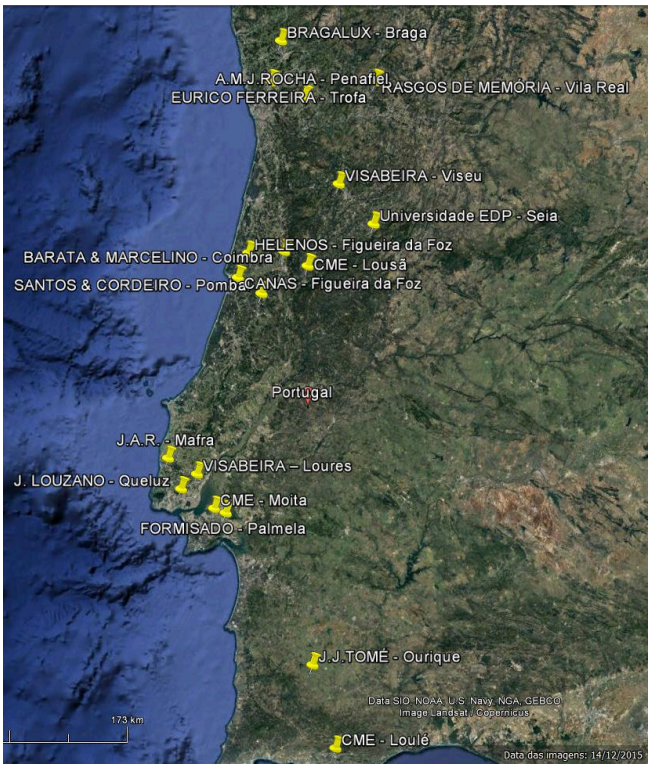


Figura 13 – Mapa da distribuição dos parques qualificados para TET em Portugal

2.4.1 Parque de Penafiel (MJ – Rocha, Lda.)

Este parque pertence à empresa AMJRocha – Instalações eléctricas e localiza-se no Lugar da Carreira do Tiro, na Zona Industrial n.º 2 de Penafiel, 4560-042 Penafiel.

2.4.1.1 A empresa detentora do parque

A AMJRocha – Instalações eléctricas, tem o seu *"Core-business"* assente em duas principais áreas, sendo as seguintes:

1º. Infra-estruturas;
2º. Instalações Especiais.

Desde 2009 que a AMJRocha é uma empresa Qualificada para a realização de obras de construção, reparação e manutenção de redes de distribuição de energia eléctrica da EDP Distribuição – Energia, S.A. Dedica-se à execução de empreitadas nas seguintes Classes de Obra:

- Redes Aéreas e subterrâneas BT, e subterrâneas MT;
- Iluminação Pública;
- Postos de Transformação e Seccionamento;

- Infra-estruturas de urbanizações;
- Obras de natureza não eléctrica, ITUR.

Este parque é operado por outra entidade, neste caso a *"Switch ON"*, que tem como objectivo, organizar, promover e dinamizar o parque de formação, sendo esta uma entidade formadora reconhecida para tal pela AQTSE. Estas infraestruturas estão preparadas para a realização dos seguintes cursos:

- ARC – BT;
- TET – BT;
- TET – LZT;
- Contagens – BTN e BTE;
- Construção de Redes;
- Ligações de meios auxiliares.

2.4.1.2 Características do parque

O Parque de Formação divide-se em duas estruturas fisicamente separadas: o Parque de Trabalhos Práticos e as Instalações de Apoio.

Figura 14 – Zona exterior do parque de formação TET, Penafiel

2.4.1.2.1 Alimentação do parque

O Parque é alimentado em baixa tensão directamente do operador da rede eléctrica, através de um ramal subterrâneo realizado com cabo LSVAV 4 x 16mm^2 entre o (AD) Armário de Distribuição mais próximo e a Portinhola da Instalação de Utilização.

Junto à Portinhola, no interior do Parque, encontra-se o (QGE) Quadro Geral de Entrada da instalação, que possui os equipamentos de corte, comando e protecção adequados para realizar a ligação da Iluminação Publicitária do Parque e do cabo que alimenta em Baixa Tensão a zona de trabalhos práticos.

2.4.1.2.2 Postos de Transformação

Existem dois postos de transformação, um (PT-AI) PT aéreo do tipo AI e um (PT-CB) PT Cabina Baixa, equipados com transformadores de 250 kVA, 15/0,4 kV.

O PT-AI funciona como elevador de tensão, recebendo no secundário a baixa tensão da rede pública e elevando-a para 15 kV. Neste PT foi realizada uma descida a cabo LXHIOZ 1 (be) 1x120 mm2 que alimenta o transformador do PT-CB, onde a tensão é novamente transformada em BT.

No interior do PT-CB encontra-se o Quadro Inversor, onde é possível seleccionar a origem da Baixa Tensão do parque de trabalhos práticos: directamente da rede pública ou transformada pelos transformadores.

A jusante do Quadro Inversor existe um segundo quadro, o Quadro de Protecção, e associado a este o Quadro Selector da Rede, que alimenta o Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) do tipo CA2 existente, de onde derivam as alimentações para a Rede Aérea, Subterrânea e IP do parque de trabalhos práticos.

Todos os circuitos alimentados por este quadro são protegidos por um diferencial de alta sensibilidade (30 mA) e disjuntores adequados à secção dos cabos.

2.4.1.2.3 Rede Subterrânea de Baixa Tensão

A rede Subterrânea desenvolve-se entre o QGBT do PT-CB e os Armários de Distribuição (AD's) e entre estes em cabos LVAV 3 x 185 + 95 mm^2 e LSVAV 4 x 95 mm^2, colocados em caleira, e por isso, acessíveis. Existem duas saídas desde o QGBT para os AD´s, sendo possível a realizar de uma rede em anel.

A partir dos AD´s derivam ramais individuais, em cabo LSVAV 4 x 16 mm^2, que terminam nas portinholas das instalações.

2.4.1.2.4 Rede Aérea de Baixa Tensão

A rede aérea desenvolve-se em duas redes distintas, uma constituída em cabo Torçada do tipo LXS 4 x 70 + 16 mm^2 e uma constituída por linha de cobre nu estabelecida em isoladores, suportadas por apoios de betão distintos para cada uma das redes.

As alimentações das Instalações de Utilização são realizadas a partir das Caixas de Protecção existentes nos apoios ou feitas utilizando ligadores directamente nos cabos.

2.4.1.2.5 Instalações de Utilização

As instalações de Utilização têm início nas Portinholas e Caixa de Contagem, sendo equipadas com Quadro de Entrada com espaço para o (DCP) Dispositivo de Controlo de Potência. Todas possuem corte geral constituído por equipamento diferencial, disjuntores e interruptores adequados às cargas/equipamentos que alimentam.

2.4.1.2.6 Rede de Iluminação Pública

Existem três circuitos independentes de Iluminação Pública (IP) a jusante do QGBT do PT-CB. O primeiro é constituído por duas colunas de IP, o segundo desenvolve-se entre as luminárias que se encontram nos apoios de Rede Aérea e o último nas luminárias colocadas nos pequenos apoios de betão (cortados para facilitar o acesso às luminárias para efeitos de formação, a cerca de 1,5 m do solo).

Figura 15 – Zona de trabalhos na rede subterrânea e apoios de IP pequenos, parque de TET, Penafiel

2.4.1.2.7 Rede de Média Tensão

A rede de média tensão, é constituída por duas redes: subterrânea, com um troço realizado com cabo subterrâneo que interliga os dois PT´s e aérea que se desenvolve em apoios de betão e metálicos em condutor alumínio-aço.

2.4.1.2.8 Instalações de Apoio ao Parque

Quanto às instalações de apoio, são constituídas por uma Sala de Formação, com capacidade para 20 pessoas, Casas de Banho, Balneário e Ferramentaria. A sala de formação está equipada com material pedagógico adequado para o desenvolvimento das acções de formação, nomeadamente computador, videoprojector, e quadro. Existem instalações sanitárias de apoio ao Parque de Formação. Na ferramentaria estão disponíveis os equipamentos e materiais necessários para o desenvolvimento dos trabalhos práticos no Parque.

Estas instalações são alimentadas através do Quadro Geral de Entrada, tendo os circuitos de alimentação as respectivas protecções, diferencial de alta sensibilidade (30 mA) e disjuntores.

2.4.2 Parque de Viseu (Visabeira)

Este parque, pertence à empresa Visabeira Global, localiza-se no Lugar de Couto de Cima, Viseu. Este parque encontra-se preparado para ministrar formação nas áreas de negócio desta empresa, proporcionando aos seus colaboradores a formação necessária nas áreas em que intervêm.

2.4.2.1 A empresa detentora do parque

A Visabeira Global, tem o seu *"Core-business"* assente em várias áreas, sendo as seguintes:

- Telecomunicações;
- Energia, (área em análise);
- Tecnologia;
- Construção.

A Visabeira é uma empresa Qualificada para a realização de obras de construção, reparação e manutenção de redes de distribuição de energia eléctrica da EDP Distribuição – Energia, S.A. Dedica-se à execução de empreitadas nas seguintes Classes de Obra:

- Redes Aéreas e subterrâneas BT, MT, AT e MAT;
- Iluminação Pública;
- Postos de Transformação e Seccionamento;
- Infra-estruturas de urbanizações;

Este parque é reconhecido e qualificado pela AQTSE, para todas as classes de obras, excepto a execução de acessórios para cabos AT. Estas infraestrutura estão preparadas para a realização e avaliação dos seguintes cursos:

- ARC – BT e MT;
- TET – BT, MT e AT;
- TET – LZT;
- Contagens – BTN e BTE;
- Construção de Redes;
- Ligações de meios auxiliares.

2.4.2.2 Características do parque

O Parque de Formação divide-se em duas estruturas fisicamente separadas: o Parque de Trabalhos Práticos e as Instalações de Apoio.

Figura 16 – Sala de formação teórica, Viseu

2.4.2.2.1 Alimentação do parque

O Parque é alimentado em baixa tensão directamente do operador da rede eléctrica, através de um ramal aéreo realizado com cabo LXS 4 x 16mm^2 entre a rede aérea exterior mais próxima e a Portinhola da Instalação de Utilização.

Junto à Portinhola, no interior do Parque, encontra-se o (QGE) Quadro Geral de Entrada da instalação, que possui os equipamentos de corte, comando e protecção adequados para protecção da instalação e do cabo que alimenta em Baixa Tensão a zona de trabalhos práticos (parque exterior).

2.4.2.2.2 Postos de Transformação

Existem dois postos de transformação, um (PT-AI) PT aéreo do tipo AI e um (PT-CB) PT Cabina Baixa, sendo estes equipados com um transformador de 50 kVA e outro de 100 kVA, 30/0,4 kV.

Figura 17 – Interior do PT-CB, transformadores de 50 kVA e 100 kVA, 30/0,4 kV e celas de MT, Viseu

O transformador de 50 kVA funciona como elevador de tensão, recebendo no secundário a rede de alimentação BT do parque e elevando-a para 30 kV. Posteriormente essa rede passa nas celas abertas do PT, que irão alimentar o transformador de 100 kVA em cabo LXHIOZ 1 (be) 1x120 mm2, passando este, a baixar o nível de tensão para 400 V, que alimenta o QGBT do tipo CA2, como se pode verificar na figura 17. Nas celas, a rede que alimenta o transformador de 100 kVA é protegido através do seccionador de corte fusível.

No interior do PT-CB encontra-se o Quadro Parcial do Parque, onde é possível seleccionar a origem de alimentação ao parque, em baixa tensão, alimentado directamente através deste, ou através do transformadores, acima elencados.

A protecção da instalação do parque é realizada no Quadro Parcial do Parque, onde, quando alimentada a rede de BT directamente a este, podendo também alimentar o QGBT do tipo CA2 do PT-CB, de onde derivam as alimentações para a Rede Aérea, Subterrânea e IP do parque de trabalhos práticos, assim como na rede de MT, sendo neste caso equipado com sistema de protecção por medição e monitorização da tensão homopolar de MT, mas efectuando o corte do lado da alimentação em BT.

Figura 18 – Quadro Parcial do Parque, onde são realizadas todas as protecções ao parque, Viseu

Todos os circuitos alimentados por este quadro são protegidos por um diferencial de alta sensibilidade (30 mA) e disjuntores adequados à secção dos cabos.

2.4.2.2.3 Rede Subterrânea de Baixa Tensão

A rede Subterrânea desenvolve-se entre o QGBT do PT-CB e os Armários de Distribuição (AD's) e entre estes em cabos LVAV 3 x 185 + 95 mm^2 e LSVAV 4 x 95 mm^2, colocados em caleira e acessíveis. Existem duas saídas desde o QGBT para os AD´s.

A partir dos AD´s derivam ramais individuais, em cabo LSVAV 4 x 16 mm^2, que terminam nas portinholas das instalações.

2.4.2.2.4 Rede Aérea de Baixa Tensão

A rede aérea desenvolve-se em duas redes distintas, uma constituída em cabo Torçada do tipo LXS 4 x 70 + 16 mm^2 e uma constituída por linha de cobre nu estabelecida em isoladores, suportadas por apoios de betão distintos para cada uma das redes.

As alimentações das Instalações de Utilização são realizadas a partir das Caixas de Protecção existentes nos apoios, ou feitas utilizando ligadores directamente nos cabos.

2.4.2.2.5 Instalações de Utilização

As instalações de Utilização têm início nas Portinholas e Caixa de Contagem, sendo equipadas com Quadro de Entrada com espaço para o (DCP) Dispositivo de Controlo de Potência. Todas possuem corte geral constituído por equipamento diferencial, disjuntores e interruptores adequados às cargas/equipamentos que alimentam.

2.4.2.2.6 Rede de Iluminação Pública

Existem dois circuitos independentes de Iluminação Pública (IP) a jusante do QGBT do PT-CB. O primeiro é constituído por colunas de IP, o segundo desenvolve-se entre as luminárias que se encontram nos apoios de Rede Aérea.

Figura 19 – Zona exterior do parque na imagem rede de IP e zonas de trabalhos de contagens, Viseu

2.4.2.2.7 Rede de Média e Alta Tensão

A rede de média e alta tensão é constituída pelas duas redes seguintes:

1º. Rede de AT, nível de tensão 30 kV:

a. Esta rede é constituída por uma rede subterrânea, com origem no PT-CB, em cabo LXHIO 1x70 mm2, que termina em seccionador de transição para rede aérea, sendo esta constituída por um terno em cabo do tipo ALU-AÇO-160 mm^2, que se desenvolve em apoios metálicos.

2º. Rede de MT, nível de tensão 30 kV:

a. Esta rede é constituída por uma rede aérea em cabo ALU-160 mm^2, co origem no PT-AI, que se desenvolve em apoios de betão e metálicos.

2.4.2.2.8 Instalações de Apoio ao Parque

Quanto às instalações de apoio, são constituídas por uma três salas de formação, com capacidade para 20 pessoas cada, Casas de Banho e Balneário e Ferramentaria, Zona de Lazer e Zona Administrativa. As salas de formação estão equipadas com material pedagógico adequado para o desenvolvimento das acções de formação. Na ferramentaria estão disponíveis os equipamentos e materiais necessários para o desenvolvimento dos trabalhos práticos no Parque.

Estas instalações são alimentadas através do Quadro Geral de Entrada, tendo os circuitos de alimentação as respectivas protecções, diferencial de alta sensibilidade (30 mA) e disjuntores. No Anexo A, é apresentado a planta com a configuração de toda a rede do parque de formação TET da Visabeira.

2.4.3 Parque de Palmela (Formisado, Lda.)

Este parque, pertence à empresa Formisado, localiza-se na Rua da Adiafa, em Palmela a cerca de 4 km da sede da empresa que se localiza na Urbanização Vale de Alecrim lote 128, Palmela. Este parque encontra-se preparado para ministrar formação nas áreas das redes de BT.

2.4.3.1 A empresa detentora do parque

A Formisado, tem o seu *"Core-business"* assente na área da formação, nas vertentes:

- Telecomunicações;
- Energia, (área em análise).

A Formisado é uma empresa Qualificada para a realização de Formação na área da Energia, nas vertentes: obras de construção, reparação e manutenção de redes de

distribuição de energia eléctrica da EDP Distribuição – Energia, S.A. em BT. Este parque da empresa, é reconhecido e qualificado pela AQTSE, para as classes de obras de BT. Estas infraestrutura estão preparadas para a realização e avaliação dos seguintes cursos:

- ARC – BT;
- TET – BT;
- Contagens – BTN;
- Construção de Redes.

2.4.3.2 Características do parque

O Parque de Formação divide-se em duas infraestruturas fisicamente separadas e distadas cerca de 4 km: o Parque de Trabalhos Práticos e as Instalações de Formação Teórico/Pratica.

Figura 20 – Sala de formação teórica/prática, Palmela

2.4.3.2.1 Alimentação do parque

O Parque é alimentado em Baixa Tensão através de um gerador de 25 kVA, saindo deste para um Quadro de Comando, do qual sai um ramal subterrâneo em cabo LSVAV 4 x 16mm^2, para a alimentação do Quadro Geral de Entrada (QGE) e deste para todo o parque. Esta opção de alimentação prende-se com, o facto de não possibilidade de efectuar um pedido de ligação à rede para uma instalação de utilização do tipo "Parque de Formação para Trabalhos em Tensão", também do ponto de vista económico, encontrando-se muito distante da rede de distribuição pública mais próxima (cerca de 500 m).

No interior do Parque, encontra-se o QGE que possui os equipamentos de corte, comando e protecção adequados para protecção da instalação de toda a rede do parque. A partir deste é realizado a protecção de todo o parque, tendo os circuitos de alimentação as respectivas protecções, diferencial de alta sensibilidade (30 mA) e disjuntores.

2.4.3.2.2 Rede Subterrânea de Baixa Tensão

A rede Subterrânea desenvolve-se entre o Quadro Geral do Parque e os Armários de Distribuição (AD's), e entre estes em cabos LSVAV 4 x 95 mm^2, colocados em caleira, acessíveis aos trabalhos a executar.

A partir dos AD´s derivam ramais individuais em cabo LSVAV 4 x 16 mm^2, que terminam nas portinholas das instalações.

Figura 21 – Armário de Distribuição e saída para cliente, Palmela

2.4.3.2.3 Rede Aérea de Baixa Tensão

A rede aérea desenvolve-se em duas redes distintas, uma constituída em cabo torçado do tipo LXS 4 x 70 + 16 mm^2 e uma constituída por linha de cobre nu estabelecida em isoladores, suportadas por apoios de betão distintos para cada uma das redes.

As alimentações das Instalações de Utilização são realizadas a partir das Caixas de Protecção existentes nos apoios ou feitas utilizando ligadores directamente nos cabos.

2.4.3.2.4 Instalações de Utilização

As instalações de Utilização têm início nas Portinholas e Caixa de Contagem, sendo equipadas com Quadro de Entrada com espaço para o (DCP) Dispositivo de Controlo de Potência. Todas possuem corte geral constituído por equipamento diferencial, disjuntores e interruptores adequados às cargas/equipamentos que alimentam.

Figura 22 – Rede aérea de BT, Palmela

2.4.3.2.5 Rede de Iluminação Pública

Existem dois circuitos independentes de Iluminação Pública (IP) a jusante do QGBT do PT-CB. O primeiro é constituído por colunas de IP, o segundo desenvolve-se entre as luminárias que se encontram nos apoios de Rede Aérea.

2.4.3.2.6 Instalações de Apoio ao Parque

Quanto às instalações de apoio, são constituídas por uma sala (ferramentaria) para a colocação de equipamentos, materiais e ferramentas necessários para o desenvolvimento dos trabalhos práticos no Parque.

2.5 A AQTSE

Às naturais necessidades de realização de obras de construção, manutenção e reparação de avarias nas redes de distribuição de energia eléctrica e de gás, têm-se associado significativas evoluções tecnológicas e de respeito pelo ambiente e pelas condições de trabalho e de segurança, bem como uma crescente exigência de eficiência global, relativamente à optimização da utilização dos recursos humanos e dos financeiros. [6]

Relativamente aos recursos humanos, o sector energético tem-se confrontado com a escassez de técnicos habilitados para a realização das tarefas inerentes e a não existência de saídas profissionais, devidamente enquadradas no (CNQ) Catálogo Nacional de Qualificações, não permitindo por isso uma oferta formativa regular, profissionalizante, que possa responder aos desejos de construção de uma carreira técnica no sector, aos jovens estudantes. Neste contexto, na situação particular da EDP Distribuição e dos seus prestadores de serviços técnicos, no domínio das redes eléctricas, partiu-se para o desenvolvimento de um projecto que contribuísse para a resolução destes problemas. [6]

A primeira acção consistiu na contribuição para a criação de cursos técnicos profissionais que venham a permitir dotar o sector de profissionais convenientemente preparados:

- Curso de electricista de redes (9º ano de escolaridade);
- Curso de técnico de redes eléctricas (12º ano de escolaridade).

Estes cursos, aprovados no início de 2013, foram concebidos em estreita articulação com a Agência Nacional para a Qualificação e o Ensino Profissional (ANQEP) e constam já do Catálogo Nacional de Qualificações (CNQ). Esta formação tanto poderá ser ministrada no ensino secundário profissional, a partir do ano lectivo 2014/2015, como através da rede de centros de formação do Instituto de Emprego e Formação Profissional (IEFP). O novo contexto de qualificação permitirá a criação de activos qualificados, com origem nesta área, reduzindo os esforços de requalificação ou adaptação vocacional, a que actualmente se socorre.

Para o desenvolvimento deste objectivo, a Associação para a Qualificação do Sector Energético (AQTSE), contou com a participação activa e empenhada da ANQEP e do IEFP. Concretizada aquela acção, a EDP Distribuição, em parceria com os seus atuais prestadores de serviços técnicos, iniciou o processo oficial de constituição de uma

organização para o desenvolvimento e suporte às preocupações de qualificação do sector, o que veio a acontecer no dia 10 de Janeiro de 2014, dando origem à AQTSE.

2.5.1 Estrutura organizacional

A AQTSE é uma associação de direito privado, sem fins lucrativos, assente na seguinte estrutura orgânica:

- Assembleia Geral;
- Administração;
- Conselho Fiscal;
- Director Executivo.

2.5.2 Perfis técnicos

Os profissionais que operam neste sector (energético), têm a necessidade de corresponder a perfis que definam as suas valências e competências, sendo criados e regulados pela AQTSE, tendo esta nomeado comissões técnicas para a sua elaboração e criação, conforme apresentados na figura 23.

Figura 23 – Perfis criados e regulados pela AQTSE [6]

2.5.3 Caracterização das formações

Para que seja possível que os técnicos obtenham a formação necessária ao perfil pretendido, há a necessidade de enquadrar em acções de formação. Estas acções de formação, promovidas pela AQTSE, têm como base o perfil profissional, publicado em 29 de Janeiro de 2013, no CNQ: Técnico/a de Redes Eléctricas – Nível de Qualificação 4.

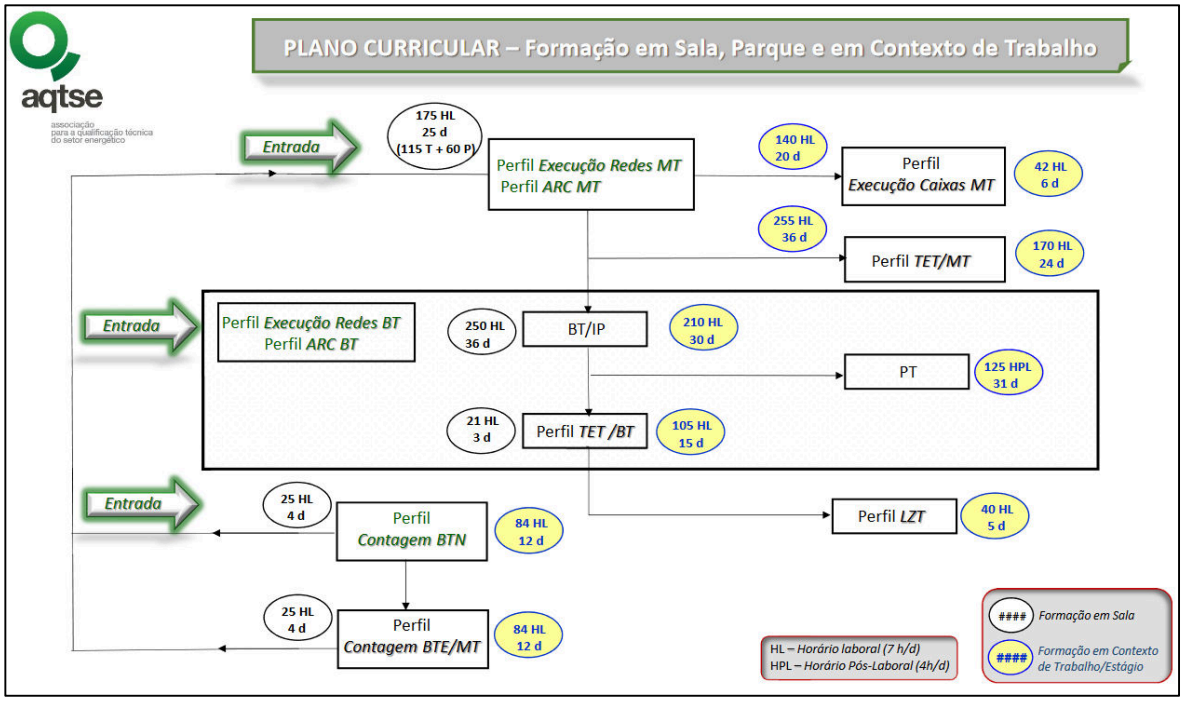


Figura 24 – Plano curricular para a obtenção de perfil pretendido, [6]

As referidas formações têm um carácter modular como se exemplifica para alguns dos perfis, na figura 24, onde são apresentados a quantidade horas em horário laboral (HL) e pós laboral (HPL) que cada perfil tem que realizar em determinada formação. [6]

2.5.4 Os parques de formação

Para que seja possível, ministrar formação correspondente ao perfil reconhecido pela AQTSE, é necessário, que estes sejam realizados em parques de formação com as devidas características, para o tipo de formação a ministrar, sendo que, estes deverão ser qualificados em termos de formação a ministrar. A AQTSE tem qualificado vários parques em Portugal, no entanto, esta qualificação é limitada ao tipo de infraestrutura do parque. De seguida são apresentados alguns dos parques mais relevantes, que estão qualificados pela AQTSE, assim como a respectiva qualificação.

a) **Barata & Marcelino, Lda., localizado em Adémia, Coimbra**

   a. Qualificações: TET-BT Redes; TET-LZT e respectivos Trabalhos em Altura; Acessórios Cabos BT e MT. [6]

Figura 25 – Parque de Formação da Barata & Marcelino, Coimbra [6]

b) **Bragalux, localizado em Mire de Tibães, Braga**

   a. Qualificações: Todas as Classes de Obra. [6]

Figura 26 – Parque de Formação da Bragalux, Braga [6]

c) **Universidade EDP/Escola da Distribuição, localizado em Av. Terras do Sena, Seia.**

   a. Qualificações: Todas as Classes de Obra. [6]

Figura 27 – Parque de Formação Universidade EDP/Escola da Distribuição, Seia [6]

Neste momento, em Portugal existem cerca de 18 parques de formação TET qualificados pela AQTSE. Esta qualificação é apenas na vertente de infraestrutura necessária para ministrar a formação relativa aos perfis criadas para os técnicos.

2.5.5 Requisitos dos parques de formação

Os parques existentes em Portugal têm que obedecer a requisitos funcionais que são definidos pela AQTSE. Estes requisitos são versados em função do tipo de formação a ministrar.

Segundo o descrito no Anexo I *"7/SQF/2013"* Entidades Formadoras do Sistema de Qualificação de Fornecedores da EDP Distribuição Energia, S.A. [7], devem obedecer ao seguinte:

a) Instalações

a. Sala de formação com área mínima por formando de $3m^2$, equipada com cadeiras e mesas com área mínima de $1m^2$ por formando, projector de vídeo, computador, quadro branco e outros meios entendidos necessários, deverão possuir instalações sanitárias.
b. As salas de formação não deverão distar mais de 5km do parque de treinos, quando existir componente prática na mesma formação.

b) Parques

a. O parque TET poderá ser próprio ou de terceiros, neste caso deverão possuir documento escrito que regule a utilização do referido parque (deve ser apresentado acordo escrito);

c) TET BT

a. O parque de treinos deverá permitir realizar todos os trabalhos práticos previstos na caracterização da formação elaborada pela EDP, e dispor de: Instalação de utilização, (quadro de cliente, equipas de contagem BTE e BTN - monofásica e trifásica), rede BT aérea e subterrânea, caixas de distribuição aéreas, armários de distribuição, portinholas, rede de IP. Posto de transformação MT/BT equipado com QGBT tipo AS e tipo cabine; uma das saídas destes quadros deverá ser equipada com um disjuntor diferencial de 300 mA, 10 A, com sensibilidade aos curto-circuitos.

d) **TET LZT**

   a. Para esta acção de formação os trabalhos práticos são realizados em contexto real, em PT da rede de distribuição da EDP. Neste caso a empresa formadora deverá solicitar à EDP Distribuição que lhe faculte as instalações necessárias para a realização dos respectivos trabalhos. Esta formação deverá contemplar pelo menos a realização de 8 trabalhos práticos.

e) **TET MT ou AT**

   a. O parque de treinos deverá permitir realizar todos os trabalhos práticos previstos na caracterização da formação elaborada pela EDP, e dispor de: Posto de transformação BT/MT equipado com um quadro, com um relé homopolar de tensões, actuante sobre um disjuntor de 10 A, que irá efectuar a protecção do parque. A rede aérea terá:
      i. Vãos com comprimento mínimo 40m;
      ii. Apoios com altura entre 10 e 20 m;
      iii. Desníveis, Seccionadores Horizontais e Verticais, DST's e OCR's.
   b. As componentes práticas e de estágio da formação TET-AT serão realizadas em contexto real, na rede de distribuição da EDP. Neste caso a empresa formadora deverá solicitar à EDP Distribuição que lhe faculte as instalações necessárias para a realização dos respectivos trabalhos.

f) **Ferramentas TET**

   a. Estará disponível, durante todo o período de formação, uma dotação completa (conforme DFT aplicável) de ferramentas e equipamentos necessárias a execução da actividade relativa ao curso TET em questão. A dotação de equipamento e ferramentas poderá ser fornecida pela entidade formadora, pelo dono do parque ou pelas empresas a quem se destina a formação. Em qualquer dos casos, a responsabilidade pelo ensaio e o bom estado dos equipamentos e ferramentas é da entidade formadora.

2.6 A legislação dos parques de formação TET, no estrangeiro

Por forma a contextualizar a legislação aplicável a este tipo de instalações eléctricas, em países estrangeiros como França e Espanha, foi realizada uma análise acerca de qual legislação ou normas aplicadas nestes países, sendo esta análise abaixo apresentada.

2.6.1 Legislação aplicável em França

A França, foi dos países que teve uma evolução preponderante neste sector, desenvolvendo documentos normativos para aplicação a estes trabalhos, como é o caso das Condições de Execução dos Trabalhos (CET) em 1971, figura 28.

Figura 28 – Publicação de Condições de Execução de Trabalhos, França 1971, [1]

2.6.1.1 Organismos intervenientes, normalização

Na presente data, a *Union Technique de L'Electricité* (UTE), é uma entidade composta por várias entidades (partes interessadas na área electrotécnica) que representam os interesses franceses em matéria de normalização de electrotecnia [8]. Desde a sua criação em 1907 até 2013, estas partes interessadas, que são a Comissão Electrotécnica Francesa, membro fundador das organizações não-governamentais internacionais de normalização, como a *International Electrotechnical Commission* (IEC) e da *Comité Européen de Normalisation Électrotechnique* (CENELEC), realizaram o trabalhos de normalização deste sector, passando a confiar a partir de Dezembro de 2013, na UTE a missão de membro francês dessas organizações [8]. A partir de 2014, de acordo com a decisão da Assembleia Geral de 14 de Dezembro de 2013, que seguem os acordos de mediação de 4 de Dezembro de 2012 assinado entre a UTE, a Associação Francesa de Normalização (AFNOR) e as autoridades públicas para implementar o Decreto número 2009-697, a AFNOR membro

francês do IEC e CENELEC e da Comissão de Técnica, exemplo Comissão Eléctrica Francesa (CEF), os membros desta comissão são nomeados pelo UTE.

A direcção deste organismo (UTE) é composta por 15 representantes eleitos em Assembleia Geral por eleição dentro de área de intervenção, tal como definido no artigo 6 dos seus estatutos, e repartidos da seguinte forma:

- Fabricantes de equipamentos na área da electrotecnia: 5 representantes;
- Produtores e operadores de produção de energia eléctrica: 3 representantes;
- Instaladores – Prestadores de serviços na área da energia eléctrica: 2 representantes;
- Organismos técnicos no domínio da electrotecnia: 1 representante;
- Usuários/integradores de infra-estruturas, equipamentos, produtos, serviços, tecnologia de engenharia eléctrica, e outros membros: 4 representantes.

Esta entidade tem a seu encargo a elaboração, actualização e interpretação de normas, entre as quais a seguinte:

a) NF C 18-510 F2: *Opérations sur les ouvrages et installations électriques et dans un environnement électrique*
    a. Define e estabelece as regras cumprir para a prevenção do risco eléctrico.

2.6.1.2 Legislação aplicável aos parques

Em termos das instalações eléctricas de parques de formação, neste país, na análise efectuada, identificaram-se alguns documentos normativos que são utilizadas no dimensionamento e elaboração deste tipo de instalações eléctricas. Os documentos normativos (embora existam outros) mais preponderantes para a elaboração de projectos de instalações deste tipo, são os seguintes:

a) NF C 15-100: *Installations électriques à basse tension* [9]
    a. Define e estabelece as regras para instalações eléctricas em locais residenciais em baixa tensão.
b) NF C13-100: *Postes de livraison alimentés par un réseau public de distribution HTA (jusqu'à 33 kV)* [10]
    a. Esta norma define os requisitos de ponto de entrega à rede de instalações como centrais de energia eléctrica, ligação de um utilizador ou produtor, a

partir da rede de distribuição pública a uma tensão nominal superior a 1kV e menor que ou igual a 33 kV e uma intensidade de, no máximo, 630 A.

c) NF C13-200: *Installations électriques à haute tension* [11]

   a. Regras para os locais de produção e instalações industriais, comerciais e agrícolas. Esta norma é aplicável a instalações alimentadas em corrente alternada com uma tensão nominal superior a 1 kV e menor ou igual a 245 kV, a frequência preferida é 50 Hz e 60 Hz. O documento descreve as instalações de produção de energia, instalações industriais, comerciais e agrícolas, bem como as suas posições de entrega, excluindo posições já cobertas pela NF C 13-100. Os edifícios públicos são considerados instalações comerciais. As instalações podem ser alimentadas pela rede pública de transporte; ou por uma rede pública de distribuição; uma fonte independente de produção de energia. Este documento é aplicável a instalações fixas, e também às instalações de temporários ou móveis, para os quais determina regras especiais.

d) NF EN 50110-1: *Exploitation des installations électriques* [12]

   a. Esta norma é aplicável às operações de exploração nas instalações eléctricas ou próximo destas. As operações consideradas vão desde a baixa até a alta tensão. Estes sistemas eléctricos são concebidos para a produção, transporte, processamento, distribuição e uso de energia eléctrica. Algumas destas instalações eléctricas são permanentes e fixas, como um centro de distribuição ou um prédio de escritórios, ou outras instalações temporárias, como em locais de construção, ou instalações móveis, sujeitas a serem movimentadas, como por exemplo, escavadeiras eléctricas em pedreiras ou minas de carvão a céu aberto. Esta norma define os requisitos para garantir a operação segura das instalações eléctricas e trabalhar com elas ou perto delas. Os requisitos aplicam-se a todos os procedimentos operacionais, de trabalho e manutenção. Aplicam-se quando existe um risco de perigo eléctrico a todos os trabalhos não-eléctrico, tal como o trabalho de construção perto de linhas aéreas ou cabos subterrâneos, bem como a trabalhos eléctricos. Esta norma não se aplica a pessoas comuns no uso de instalações e equipamentos que atendem aos padrões relevantes e são projectadas e instalados para ser usado por pessoas comuns.

Em suma, neste país, as instalações desta tipologia (parque de formação TET), são elaboradas segundo as normas acima descritas, entre outras utilizadas na construção, exploração, conservação de redes eléctricas, e no final da sua execução é requerida a inspecção da instalação eléctrica a entidades inspectoras, que validam as condições de exploração da mesma.

2.6.2 Legislação aplicável em Espanha

A Espanha, devido à sua magnitude territorial, tem grande necessidade de utilização das técnicas TET, nas suas redes de distribuição e transporte de energia eléctrica. Tendo esta vindo ao longo dos anos a actualizar os seus documentos normativos para a execução deste tipo de trabalhos, como é o caso do Real Decreto 614/2001, de 8 de Junho, Avaliação e Prevenção do Risco Eléctrico [13], que define (entre outros) quais as técnicas e procedimentos cumprir com vista a minimizar o risco eléctrico.

2.6.2.1 Organismos intervenientes, normalização

A Associação Espanhola de Normalização e Certificação (AENOR) foi criada em 1986, coincidindo com a incorporação da Espanha à Comunidade Económica Europeia, a abertura das fronteiras que se colocava era tanto uma grande oportunidade e um grande desafio para os produtos espanhóis. Até essa data, os trabalhos de normalização foram da responsabilidade do Instituto de Racionalização e Normalização (IRANOR), uma entidade pública criada em 1945 sob o Conselho Superior de Pesquisas Científicas. Neste país, os sectores económicos e da administração pública concordaram com a necessidade de deterem uma organização semelhante às já existentes em outros países europeus. Desta forma, passou para o sector privado as actividades de normalização e de certificação com o estabelecimento de uma organização independente, privada, sem fins lucrativos (AENOR). O objectivo era disseminar a cultura de qualidade entre o tecido produtivo espanhol, a fim de melhorar a sua competitividade [14].

No seu primeiro ano de actividade, criou 24 Comités Técnicos de Normalização, na sua maioria na transferências de competências técnicas da IRANOR, tendo sido um órgão regulador de 7810 normas. Um ano mais tarde, a AENOR assumiu a representação da Espanha perante as organizações europeias internacionais (CEN, CENELEC e ETSI) e internacionais (ISO e IEC) [14].

Em 2017 a mudança de modelo aprovado pelos membros da AENOR, para o qual as actividades são divididas em duas organizações. A Associação Espanhola de Normalização (UNE) desenvolve padronização e cooperação. AENOR, entretanto entidade de negócios, trabalhando nas áreas de avaliação de conformidade e outros serviços relacionados, tais como formação e vendas de publicações [14].

As normas elaboradas pela UNE para a área em análise (instalações eléctricas e redes de distribuição de energia eléctrica), são utilizadas para a elaboração dos Decretos Regulamentares (abaixo apresentados) neste país. Sendo algumas dessas normas, entre outras, as seguintes:

a) UNE 202006:2010: *Electrodos de puesta a tierra para instalaciones de baja tensión. Picas cilíndricas acoplables de acero-cobre y sus accesorios.* [15]
    a. Define quais as características que devem obedecer os eléctrodos de terra seus acessórios.
b) UNE 2012008:2012: *Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Requisitos constructivos de los conjuntos para obras (CO).* [15]
    a. Define quais os requisitos construtivos que os quadros eléctricos devem obedecer.

2.6.2.2 Legislação aplicável aos parques

Na análise realizada, em Espanha, foram identificados alguns documentos legislativos que são utilizados para os cálculos, dimensionamento e elaboração de projectos de instalações do tipo parque de formação TET. Os documentos legislativos (embora existam outros) mais preponderantes para a elaboração de projectos deste tipo, são os seguintes:

a) Real Decreto 337/2014, de 9 de Maio: *Aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23 (BOE 09.06.14)* [16]
    a. Este decreto define as condições técnicas e de segurança para instalações eléctricas de alta tensão.
b) Real Decreto 223/2008, de 15 de Fevereiro: *Aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09. (BOE 19.03.08)* [16]

a. Define as condições técnicas e de segurança para instalações de linhas eléctricas de alta tensão.

c) Real Decreto 842/2002, de 2 de Agosto: *Aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (BOE 18.09.02) e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT51.* [16]

   a. Define as condições técnicas e aplicar às instalações eléctricas de baixa tensão. Nestas instalações eléctricas de baixa tensão estão contempladas as redes de distribuição aéreas e subterrâneas de baixa tensão.

Em resumo, neste país, as instalações desta tipologia (parque de formação TET), são elaboradas segundo Decretos Regulamentares aprovados pelo Governo Espanhol, um pouco como se processa no enquadramento em Portugal, para a área das instalações eléctricas. O cálculo, dimensionamento e elaboração dos projectos, de construção, exploração, conservação de redes e instalações eléctricas, são realizados com enquadramento nos Decretos Regulamentares acima apresentados (embora existam outros), e no final da sua execução é requerida a inspecção da instalação eléctrica a entidades inspectoras, que validam as condições de exploração para a sua entrada em exploração.

2.7 Conclusão

Neste Capitulo, evidencia-se a importância e a evolução dos "TET" ao longo dos anos, a sua importância no desenvolvimento das condições de segurança de pessoas e bens, conseguindo paralelamente a isto, melhorar a Qualidade de Serviço, através da redução do número de interrupções no fornecimento de energia aos consumidores de energia eléctrica. Nos parques existentes em Portugal, é notório que têm condições de segurança necessárias para a função que foram concebidos, não conseguindo o seu licenciamento devido ao facto de inexistência legislativa para este sector. No actual enquadramento legislativo e normativo dos países estrangeiros analisados, denota-se que têm uma forma de enquadrar este tipo de instalações muito diferente da utilizada em Portugal, embora estas normas e legislação não tenham enquadramento específico, as mesmas são validadas devido à possibilidade de nestes países aceitarem uma instalação dimensionada com enquadramentos normativos e legislativos desagregados, ou seja, dimensionar a instalação

enquadrando-a em cada uma das suas componentes, Redes de BT e MT, Instalação de Utilização de BT, Postos de Seccionamento e Transformação, funcionando como um todo.

3 Projecto de parque de formação MT e BT, elaborado

O projecto elaborado é levado a efeito pela empresa TRIFACELOS, Lda. é o culminar de um dos grandes objectivos desta empresa, fornecer aos seus colaboradores, e outros que a ela se associem, formação de qualidade em contexto prático próximo do real, para trabalhos em tensão, em infraestruturas que permitam um grau elevado de segurança, fiabilidade e qualidade.

Neste capítulo, é apresentado de uma forma geral, a apresentação da empresa promotora, o trabalho desenvolvido na elaboração do projecto, opções tomadas, configuração pretendida, em função dos trabalhos de formação a realizar.

3.1 A empresa promotora (TRIFACELOS, Lda.)

A TRIFACELOS, Lda., empresa sediada em Barcelos, na Rua do Parque Industrial nº 306, 4750-549 Manhente, tem o seu *"Core-business"* assente em duas principais áreas, sendo as seguintes:

1º. Infra-estruturas;
2º. Instalações Especiais.

Desde 2007 que a TRIFACELOS, Lda. é uma empresa Qualificada para a realização de obras de construção, reparação e manutenção de redes de distribuição de energia eléctrica da EDP Distribuição – Energia, S.A. Dedica-se à execução de empreitadas nas seguintes Classes de Obra:

- Redes Aéreas e subterrâneas BT, e subterrâneas MT;
- Iluminação Pública;
- Postos de Transformação e Seccionamento;
- Infra-estruturas de urbanizações;
- Colocação, manutenção, parametrização de contadores.
- Obras de natureza não eléctrica, ITUR.

3.2 Formações a ministrar no parque

O parque de formação será construído e dimensionado para que seja possível a realização dos seguintes tipos de trabalhos:

- Trabalhos em Tensão (TET) de intervenção em Redes de Baixa Tensão;
- Limpeza e pequena conservação em tensão de postos de transformação;
- Trabalhos em Altura;
- Acessórios Cabos de baixa tensão e média tensão;
- Contagem de energia em baixa tensão normal e especial;
- Assistência à Rede e Clientes na Distribuição de Energia Eléctrica em baixa e média tensão;
- Operadores de grupos electrogéneos com facilidades de paralelo à rede.

3.3 Legislação aplicável

O enquadramento legal para infraestruturas deste tipo é inexistente na actual legislação, embora alguma da legislação abaixo elencada se encontre revogada, ela é considerada pelo facto de deter uma adequação mais correta para o enquadramento pretendido, sendo considerados os enquadramentos seguintes:

- RESP: Rede de Distribuição Eléctrica de Serviço Público;
- RTIEBT: Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão;
- RSRDEEBT: Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctricas em Baixa Tensão;
- RSLEAT: Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão;
- RSSPTS: Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento;

Pelas normativas:

- CEI 60298 – *A.C metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV;*
- IEC 259 – *Environmental Requirements for Electromechanical and Electronic Equipment*;
- DIN 43625 – *DIN Dimensioned IEC Fuses for Transformer Protection*;
- CEI 60076 – *Power transformers*;
- DIN 43671 – *Copper bus bars; design for continuous current*
- CEI 183 – *Guide to the selection of high-voltage cables*

Documentos da EDP:

- DMA-C68-010/N – Materiais para protecção mecânica de redes (Tubos corrugados para redes subterrâneas);
- DMA-C63-201/N – Materiais para redes - Aparelhagem BT (Fusíveis BT);
- DMA-C62-801/N – Materiais para derivações e entradas BT (Armários de distribuição);
- DMA-C68-040/N – Materiais para protecção mecânica de redes (Placas PPC);
- DMA-C67-205/N – Apoios para Linha Eléctricas (Postes de betão para redes BT)

- DMA-C67-215/N – Apoios para linhas aéreas (Postes de betão para redes MT)
- DIT-C14-100/N – Ligações de clientes de BT
- DRE-C11-040/N – Guia Técnico de Terras.

3.4 Justificação do projecto

Este projecto justifica-se tendo em vista o grau de complexidade que as infra-estruturas deste tipo detêm, obrigando a um correto dimensionamento de todos os seus sistemas de protecção. Estas infra-estruturas, em momentos diferentes (no contexto de formação) sofrem alterações ao seu tipo de configuração, devendo em todos estes casos, os sistemas de protecção serem ajustados, garantindo um grau de segurança e fiabilidade constante.

3.5 Conceitos gerais

O projecto elaborado refere-se, às infra-estruturas eléctricas de alimentação de um parque de formação para trabalhos em tensão (MT e BT), tendo como objectivo o dimensionamento de todas as canalizações de Média e Baixa Tensão, equipamentos associados a esta rede e os seus dois postos de transformação. Estas infraestruturas serão dimensionadas de forma a garantir segurança, qualidade e fiabilidade de serviço a todos os seus utilizadores (formadores e formandos), através da alimentação da rede de distribuição de baixa tensão.

O parque de formação desenvolve-se no exterior das instalações da empresa (TRIFACELOS), não havendo nenhum tipo de interligação das infraestruturas eléctricas do parque de formação com as infraestruturas eléctricas do edifício da empresa.

O Parque de Formação divide-se em duas infraestruturas fisicamente separadas:

- Parque de Trabalhos Práticos – Projecto elaborado;
- Instalações de apoio (Sala de formação), no interior das instalações da empresa, (não pertencendo à instalação eléctrica do parque de formação).

3.6 Funcionalidades do parque

Como já referido o parque de formação desenvolve-se no exterior das instalações da TRIFACELOS, contendo várias tipos de infra-estruturas eléctricas, (RESP – BT, RESP –

MT e instalação de utilização BT) que em momentos diferentes poderão ter funcionalidades diferentes, através de selecção realizada no quadro de comandos da instalação.

3.6.1 Postos de transformação

Serão instalados dois postos de transformação no interior do parque, um do tipo cabine baixa e outro do tipo AI. Estes postos de transformação (PT) irão servir para elevar o nível de tensão de 400 V para 15 kV da rede de MT do parque, ou através de alteração na configuração da instalação eléctrica do parque receber alimentação em MT 15 kV, (no caso do PT-AI). Os PT's e os seus equipamentos, serão do mesmo tipo que os utilizados nas redes de distribuição de energia eléctrica.

No caso do PT de cabine baixa, este será inserido na sala técnica a construir no parque de formação, que terá uma tipologia que permitirá a realização de formação de trabalhos TET, em postos de transformação do tipo subterrâneos. A sala técnica contempla umas escadas de acesso exterior à cobertura, que por sua vez terá uma porta do tipo alçapão com escadas no interior da sala técnica para descida, assim como um corredor no seu interior simulando as galerias dos PT's subterrâneos.

3.6.2 Rede de MT

O parque será dotado de uma rede de Média Tensão (MT) subterrânea e aérea, utilizando diferentes tipos de apoios usados nas redes de distribuição de MT, sendo alimentada através do QGE em baixa tensão. Esta rede terá uma configuração em anel, permitindo, com a inserção de seccionadores de rede de MT, o desenvolvimento de trabalhos pretendidos nesta rede, ou seja, seccionamento de rede em diversos pontos, para intervenções a frio (sem tensão).

3.6.3 Rede de BT

A rede de distribuição BT do parque será composta por rede subterrânea, com a utilização de armários de distribuição, iluminação pública com a aplicação de colunas com diferentes tipos de luminárias, rede aérea, com o emprego de diferentes tipos de apoios, sendo colocadas em alguns destes apoios luminárias para iluminação pública.

3.6.4 Rede de Clientes BT

Serão colocadas várias tipologias de alimentação a clientes, em Baixa Tensão Normal (BTN) e Baixa Tensão Especial (BTE), alimentados dos armários da rede subterrânea, sendo as quantidades e tipologias, as seguintes:

- 8 – Alimentações a moradias de clientes BTN que compreendem:
    - Portinhola, caixa de DCP, quadro de cliente com a colocação de 3 tomadas monofásicas do tipo Shucko e 1 tomada trifásica.
- 2 – Alimentações dos AD, com a transição subterrâneo/aéreo com a descida a moradias de clientes BTN que compreendem:
    - Caixa de DCP, quadro de cliente com a colocação de 3 tomadas monofásicas do tipo Shucko e 1 tomada trifásica.
- 2 – Alimentações do tipo edifício colectivo que compreendem:
    - Caixa de portinhola, quadro de coluna com: caixa de corte de entrada, caixa de barramento geral e caixa de colunas, com diferentes tipos de seccionadores de saída para fracções.
- 1 – Alimentação do tipo BTE que compreende:
    - Caixa de portinhola, caixa de TI's, caixa de equipamento de contagem, quadro de cliente, 3 tomadas monofásicas do tipo Shucko e 1 tomada trifásica.

O facto das saídas dos quadros das instalações de cliente apenas contemplarem tomadas, tem exclusivamente como objectivo, possibilitar a inserção de cargas nas instalações, simulando o fluxo de correntes e quedas de tensão nas redes.

3.6.5 Quadro de Comandos

O quadro de comandos, que compreende um sistema de comandos realizado através de contactores comandados por um selector de 6 posições, que irá permitir seleccionar as opções de tipo de alimentação ao parque, sendo essas as seguintes:

- Posição 0: Parque Desligado;
- Posição 1: Alimentação ao QGBT do PT-CB em BT;
- Posição 2: Alimentação ao QGBT (PT-AI e PT-CB) em BT;

- Posição 3: Alimentação ao Transformador do PT-CB em BT;
- Posição 4: Alimentação ao Transformador do PT-AI (com alimentação a partir do PT-CB em MT);
- Posição 5: Alimentação ao Transformador do PT-CB e QGBT do PT-CB em BT.

O objectivo é a realização dos vários tipos de trabalhos (TET), no parque com o máximo de segurança possível, ou seja, alimentar a configuração que melhor se adapta ao tipo de formação a ministrar, considerando em todas as situações a sua correta protecção.

3.7 Disposições finais

Todo o restante projecto, memória descritiva e justificativa, onde são apresentados todos os cálculos e dimensionamentos realizados, opções tomadas, peças desenhadas, e restante elementos do projecto, é apresentado em pasta anexa, de título *"Projecto de Parque de Formação para Trabalhos em Tensão – MT e BT"*.

3.8 Conclusão

Com a realização deste projecto, é possível demonstrar o grau de complexidade que as infraestruturas deste tipo detêm. Ao longo da sua elaboração foram ultrapassadas algumas dificuldades, que poderiam colocar em causa a funcionalidade de toda a instalação, nomeadamente, na alimentação da rede de MT, realizada ao secundário do transformador, que através de consulta ao fabricante *"EFACEC"* alertou para o cuidado com a corrente de magnetização do mesmo, que é cerca de 5 vezes a sua corrente nominal, obrigando por isso a alteração de tipo de transformador, ou seja, de potência inferior, 25 kVA (estava previsto 100 kVA). Estas infraestruturas foram igualmente dimensionadas, tendo em consideração as propostas técnicas e legais elaboradas, a obrigatoriedade de colocação de botoneiras de emergência de corte à instalação junto das zonas de trabalhos, o próprio sistema de terras (terra único) que permitirá uma instalação com uma correcta equipotencialidade em conjunto com a respectiva protecção diferencial de alta sensibilidade, e sistema de iluminação de emergência em caso de falha de alimentação.

Com tudo isto, desenvolveu-se um projecto capaz de responder às solicitações que estará sujeito, em termos de configurações possíveis das infraestruturas, tendo em simultâneo a

sua correcta protecção de toda a instalação, mas também o seu enquadramento legal aplicável.

4 Projecto de Instalações eléctricas para Trabalhos em Tensão – Condições Técnicas e Legais (proposta)

Como já referido na presente dissertação, a legislação do sector eléctrico não contempla expressamente os requisitos que estas infraestruturas devem deter para a sua ligação eléctrica à rede do Sistema Eléctrico de Serviço Público (SEP). O presente capítulo é elaborado tendo em consideração a análise de um conjunto de regras que, dentro do enquadramento legal aplicável, respondam quer às necessidades dos promotores quer às preocupações no que se refere à regulamentação técnica e de segurança aplicáveis, da

entidade licenciadora Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG). A elaboração deste capítulo é realizada em forma de proposta. Proposta esta, que tem o objectivo a uniformização no tratamento destes processos, propondo princípios orientadores e regras gerais destinadas aos promotores deste tipo de infra-estruturas e às demais entidades envolvidas, propondo a existência de requisitos necessários à elaboração, e aprovação do respectivo projecto de infraestruturas eléctricas, o seu estabelecimento e posterior entrada em exploração.

4.1 Enquadramento

As infra-estruturas com esta tipologia (instalações eléctricas para parques de formação TET), têm vários tipos de enquadramentos legais, que deverão ser respeitados, sendo nesta secção elencados. A legislação a aplicar é abaixo enunciada, em forma de proposta.

4.1.1 Regulamentação Técnica e Legal a Aplicar

4.1.1.1 Entidade Licenciadora

Para o licenciamento de Projecto de instalações eléctricas de parques de formação para TET, a submeter às entidades competentes, deverá ser elaborado de acordo com o disposto no Decreto de Lei n.º 517/80, com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 101/2007 [17], e mais recentemente pelo Decreto-Lei 96/2017 de 10 de Agosto, [18].

Para efeitos de licenciamento ou aprovação, as instalações eléctricas de parques de formação para TET, deverão ser classificadas como do seguinte tipo:

- Tipo D – instalações alimentadas por uma rede de distribuição de serviço público de baixa tensão, com incorporação de instalação de média, alta ou muito alta tensão, alimentadas através da instalação de utilização em baixa tensão, ou com fonte de alimentação própria. Este enquadramento do tipo de classificação (D) é inexistente, trata-se apenas de uma proposta.

A entidade apreciadora do Projecto de Licenciamento, deverá ser a DGEG que se encontra sob a tutela do Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento.

4.1.1.2 Composição da documentação do projecto de licenciamento

A documentação que os Projectos de Licenciamento deste tipo de instalações eléctricas deverão conter, são os seguintes:

- Termo de Responsabilidade:
  - Este documento é elaborado pelo projectista, onde ele declara a autoria do projecto e que nele são observadas as disposições regulamentares em vigor, bem como outra legislação aplicável;
- Documentação do Projectista:
  - Comprovativo da inscrição na Ordem (OE ou OET);
  - Comprovativo de inscrição na Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG).
- Ficha de Identificação do Projecto de Instalação Eléctrica:
  - Descrição sumária da instalação, identificação do requerente e técnico responsável pela elaboração do projecto.
- Ficha Eletrotécnica:
  - Neste documento é indicada constituição do imóvel e a potência prevista para a instalação, que servirá de base para o dimensionamento do ramal de alimentação da instalação. Com base na potência definida o operador de rede de distribuição viabilizará ou não a alimentação da instalação de utilização.
- Memória Descritiva e Justificativa;
  - Descrição de toda a instalação eléctrica, seus requisitos, funcionalidades, enquadramentos legais aplicáveis, respectivas justificações e cálculos.
- Peças Desenhadas (incluindo plantas de localização).

É apresentado o projecto desenvolvido em pasta anexa de título *"Parque de Formação para Trabalhos em Tensão – MT e BT"*, relativa à instalação eléctrica de parque de formação para trabalhos em tensão, onde é apresentado toda a documentação constituinte para este tipo de projecto.

4.1.1.3 Instalação destinada a alimentação das infraestruturas

A instalação destinada à alimentação da infra-estrutura ou outras instalações de utilização, devem ser concebidas de acordo com as Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de

Baixa Tensão (RTIEBT), aprovado pela Portaria n.º 949-A/2006, de 11 de setembro, nos termos do artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 226/2005, de 28 de dezembro, [18].

4.1.1.4 Rede de distribuição interior de energia eléctrica em baixa tensão

A rede interior de distribuição de energia eléctrica em baixa tensão (canalizações principais e ramais) destinada à alimentação das diversas instalações colectivas e ou de utilização, deve ser concebida de acordo com o seguinte:

- RSRDEEBT – Regulamento de Segurança das Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão aprovado pelo Decreto Regulamentar n.º 90/84, de 26 de dezembro, [19];
- RSICEE – Regulamento de segurança de Instalações Colectivas de Edifícios e Entradas, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 740/74, de 26 de dezembro, [20].

4.1.1.5 Rede de distribuição interior de energia eléctrica em alta tensão

A rede interior de distribuição de energia eléctrica em média e alta tensão, deve ser concebida de acordo com o seguinte:

- RSLEAT – Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão, aprovado pelo Decreto Regulamentar n.º 1/92, de 18 de fevereiro, [21];
- RSSPTS – Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 42895, de 31/03/60, alterado pelo Decreto Regulamentar n.º 14/77, de 18 de fevereiro, com a alteração à sua redacção pelo Decreto Regulamentar 56/85, de 06 de setembro [22].

4.1.1.6 Normas a cumprir para os materiais e equipamentos

Os materiais e os equipamentos a serem aplicados neste tipo de infraestruturas devem obedecer aos requisitos e características descritas nos documentos seguintes:

- Documentos Normativos:
    - CEI 60298 – *A.C metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*;
    - IEC 259 – *Environmental Requirements for Electromechanical and Electronic Equipment*;
    - DIN 43625 - *DIN Dimensioned IEC Fuses for Transformer Protection*;

- CEI 60076 - *Power transformers*;
- DIN 43671 - *Copper bus bars; design for continuous current;*
- CEI 183 – *Guide to the selection of high-voltage cables.*

- Documentos da EDP:
  - DMA-C68-010/N – Materiais para protecção mecânica de redes (Tubos corrugados para redes subterrâneas);
  - DMA-C63-201/N – Materiais para redes - Aparelhagem BT (Fusíveis BT);
  - DMA-C62-801/N – Materiais para derivações e entradas BT (Armários de distribuição);
  - DMA-C68-040/N – Materiais para protecção mecânica de redes (Placas PPC);
  - DMA-C67-205/N – Apoios para Linha Eléctricas (Postes de betão para redes BT)
  - DMA-C67-215/N – Apoios para linhas aéreas (Postes de betão para redes MT)
  - DIT-C14-100/N – Ligações de clientes de BT
  - DRE-C11-040/N – Guia Técnico de Terras.

4.2 Instalação de utilização

A instalação de utilização deverá obedecer aos requisitos elencados nas subsecções abaixo apresentadas.

4.2.1 Classificação da instalação

A instalação deverá ser classificada em duas vertentes que irá determinar a concepção da instalação eléctrica e o tipo de equipamentos a instalar. De acordo com as RTIEBT a classificação é efectuada considerando o seguinte [18]:

- Classificação dos locais quanto à sua utilização;
- Classificação dos locais considerando as influências externas.

4.2.1.1 Classificação da instalação quanto à sua utilização

A classificação deste tipo de infra-estruturas, tendo em consideração a sua utilização, deverá ser enquadrada na secção 801.4.2 *"Locais afectos a serviços eléctricos"*, das RTIEBT, [18].

4.2.1.2 Classificação considerando às influências externas

A selecção e instalação de equipamentos, quanto às influências externas, que estarão sujeitos, deverão obedecer ao disposto na secção 522 *"Selecção e instalação em função das influências externas"*, das RTIEBT, [18].

4.2.1.3 Índice de Protecção

O Índice de Protecção corresponde a um código IP, relativo a protecção contra a penetração de corpos sólidos e líquidos nos diversos equipamentos eléctricos. Este código IP, é constituído por 2 algarismos, correspondendo o 1º ao grau de protecção contra corpos sólidos e o 2º ao grau de protecção contra líquidos. De acordo com a norma NP EN 60529 [23], são apresentados na tabela 3, os diversos índices de protecção, que deverá este tipo de instalação adoptar.

Tabela 3 – Índice de protecção contra a penetração de corpos sólidos e líquidos [23].

Índice de Protecção	**Protecção Contra Corpos Sólidos**		**Protecção contra Líquidos**	
IP	**0**	Sem protecção	**0**	Sem protecção
	1	Protecção contra corpos estranhos de grande dimensão, diâmetro ≥ 50mm	**1**	Protecção contra queda vertical de gotas de água
	2	Protecção contra corpos estranhos tamanho médio, diâmetro ≥ 12mm	**2**	Protecção contra gotas de água caindo obliquamente até 15°
	3	Protecção contra corpos estranhos de pequena dimensão, diâmetro ≥ 2,5mm	**3**	Protecção contra água pulverizada até 60° com a vertical
	4	Protecção contra corpos estranhos granulados, diâmetro ≥ 1mm	**4**	Protecção contra salpicos de água com todas direcções
	5	Protecção contra acumulação de pó	**5**	Protecção contra jactos de água

	6	Protecção contra penetração de pó	**6**	Protecção contra inundação
			7	Protecção para imersão
			8	Protecção para submersão

Para a determinação do índice de protecção a adoptar em cada local, devem ser verificados as seguintes influências externas:

- Competência das pessoas;
- Natureza dos produtos tratados ou armazenados;
- Presença de água;
- Presença de corpos sólidos.

4.2.1.4 Código IK

O grau de protecção contra acções mecânicas externas (impactos), são indicados pelo código IK. Na tabela 4, encontram-se os códigos IK segundo as normas EN 50102 [24], e entretanto substituída pela norma EN 62262, que deve suportar a escolha do mesmo para determinado local.

Tabela 4 – Graus de protecção contra acções mecânicas Código IK [24].

Código IK	Energia de Impacto (Joules)	Impacto Equivalente
IK01	0,15	Queda de objecto de 200 g de altura igual a 7,5 cm
IK02	0,2	Queda de objecto de 200 g de altura igual a 10 cm
IK03	0,32	Queda de objecto de 200 g de altura igual a 17,5 cm
IK04	0,5	Queda de objecto de 200 g de altura igual a 25 cm
IK05	0,7	Queda de objecto de 200 g de altura igual a 35 cm
IK06	1	Queda de objecto de 500 g de altura igual a 20 cm
IK07	2	Queda de objecto de 500 g de altura igual a 40 cm
IK08	5	Queda de objecto de 1,7 kg de altura igual a 29,5 cm
IK09	10	Queda de objecto de 5 kg de altura igual a 20 cm

IK10	20	Queda de objecto de 5 kg de altura igual a 40 cm

4.2.1.1 Classificação em função da lotação

Os edifícios (parque de formação TET) deverão ser classificados em função da sua lotação, sendo obtido através das categorias descritas na tabela 5, onde N corresponde ao número de ocupantes espectáveis no edifício, conforme o descrito na secção 801.2.0 *"Classificação dos estabelecimentos recebendo público em função da sua lotação"* das RTIEBT, [18].

Tabela 5 – Categorias das instalações em função da lotação [18].

Categoria	Lotação (N)
1ª	$N > 1000$
2ª	$500 < N \leq 1000$
3ª	$200 < N \leq 500$
4ª	$50 < N \leq 200$
5ª	$N \leq 50$

No cálculo da lotação são incluídas todas as pessoas afectas aos serviços (formadores, formandos e administrativos), que se possam encontrar em qualquer um dos locais que constituem o edifício.

O cálculo do número de ocupantes do edifício é obtido através do descrito na subsecção seguinte.

4.2.1.1.1 Lotação espectável

A lotação espectável para este tipo de infra-estruturas deverá obedecer ao disposto no 801.2.3.0.2 *"O número de ocupantes a considerar deve, em função do tipo de local"* das RTIEBT, [18] no descrito nas alíneas seguintes:

a) Locais sem lugar ou postos de trabalho, fixos:

O previsto no projecto de arquitectura, não devendo ser inferior ao produto da área interior desses locais pelo índice de ocupação indicado na tabela 6.

Tabela 6 – Índice de ocupação (pessoas/m^2) por local – locais sem lugar ou postos de trabalho, fixos [18].

Locais	Índice de ocupação (pessoas/m^2)
Espaços de ensino não especializado	0,7
Salas de reunião, de estudo ou de leitura	0,5
Salas de convívio e refeitórios	1
Gabinetes	0,1
Secretarias	0,2
Bares (zona de consumo)	2

b) Locais com lugar ou postos de trabalho, fixos:

O correspondente aos lugares ou aos postos de trabalho, definido no projecto de arquitectura.

c) Locais com zonas destinadas a ocupantes em pé:

O previsto no projecto de arquitectura, não devendo ser inferior ao produto da área interior desses locais pelo índice de ocupação indicado na tabela 7.

Tabela 7 - Índice de ocupação (pessoas/m^2) por local – locais com zonas destinadas a ocupantes em pé [18].

Locais	Índice de ocupação (pessoas/m^2)
Zonas de acesso a balcões de serviço de refeitórios	3
Outras zonas destinadas a ocupantes em pé	

Os valores obtidos pela aplicação da regra indicada nesta secção devem ser arredondados para o inteiro superior.

4.2.1.2 Locais com risco de incêndio

Em edifícios do tipo parque de formação TET, deverão ser considerados como locais com risco de incêndio do tipo BE2 [18], nomeadamente os seguintes:

a) os locais de arquivo ou de armazenamento de papel;
b) os locais de reprografia, de impressão, de encadernações, etc.;
c) os economatos;
d) os locais de arquivos informáticos;
e) os armazéns anexos às salas polivalentes.

Nestes locais, os materiais dos invólucros aplicados nos equipamentos eléctricos, deverão suportar as temperaturas mais elevadas que sejam susceptíveis de se produzirem nesses equipamentos, devendo os mesmos respeitar o descrito na secção 422.6 das RTIEBT.

4.2.1.3 Iluminação

Os sistemas de iluminação para as instalações do tipo parque de formação TET, deverão obedecer aos dispostos nas subsecções seguintes.

4.2.1.3.1 Iluminação Normal

Nos edifícios do tipo parque de formação TET, os equipamentos de iluminação normal deverão, em regra, ser do tipo fixo, obedecendo ao disposto na secção 801.2.3.2 *"Aparelhos de iluminação"* das RTIEBT [18].

4.2.1.3.2 Iluminação de Segurança

A iluminação de segurança a estabelecer para nos edifícios do tipo parque de formação TET, deverá em função da categoria do edifício, obedecer ao tipo apresentado na tabela 8, em conformidade com o disposto na secção 801.2.3.2 *"Iluminação de segurança"* das RTIEBT [18].

Tabela 8 – Tipo de iluminação de segurança em função da categoria do edifício [18].

Categoria do edifício				
1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
C	C	C	C	D

Para os tipos de iluminação de segurança apresentadas na tabela 8, C e D, deverão obedecer ao disposto nas RTIEBT, nomeadamente nas subsecções seguintes:

- 801.2.1.5.3.4.3 *"Iluminação de segurança do tipo C"* [18]*;*
- 801.2.1.5.3.4.4 *"Iluminação de segurança do tipo D"* [18].

4.2.1.4 Tomadas

Os circuitos de alimentação às tomadas, nos edifícios do tipo parque de formação TET, deverão ser:

- Distintos dos circuitos destinados a outros fins;
- Protegidos por dispositivos diferenciais de alta sensibilidade;
- Conservados desligados quando desnecessários.

Conforme descrito na secção 801.2.3.3 *"Tomadas"* das RTIEBT, sendo que as tomadas nas zonas acessíveis a pessoas externas ao estabelecimento deverão, ser do tipo *"tomadas com obturadores*", em conformidade com o disposto na secção 801.2.1.6 "Tomadas" das RTIEBT [18].

4.2.2 Potência contratável

O cálculo da potência contratável, para este tipo de edifício, deverá ter como base a expressão 3.1:

$$P_C = P_{inst} \times K_u \times K_s \tag{3.1}$$

Onde:

- $P_C - Potência\ a\ contratar;$
- $P_{inst} - Potência\ instalada;$
- $K_u - Factor\ de\ utilização;$
- $K_s - Factor\ de\ simultaneidade.$

Para a obtenção dos valores factor de utilização e simultaneidade, deverá ser observado o disposto nas secções 216.1 *"Factor de utilização"* e 216.2 *"Factor de simultaneidade"*, respectivamente, das RTIEBT [18].

O valor da potência mínima contratável para edifícios do tipo parque de formação TET, deverá ser de 20,70 kVA, sendo este um requisito recomendado pela AQTSE.

4.2.3 Protecções

Os sistemas de protecção a adoptar para os edifícios do tipo parque de formação TET, deverão obedecer ao descrito nas subsecções abaixo elencadas.

4.2.3.1 Protecções contra sobrecargas

As regras para o cálculo da protecção contra sobrecargas, obrigando a cumprir a existência de coordenação entre os condutores e os respectivos dispositivos de protecção, para as canalizações, deverão obedecer ao descrito na secção 433.2 *"Coordenação entre os condutores e os dispositivos de protecção"* [18], satisfazendo o descrito abaixo.

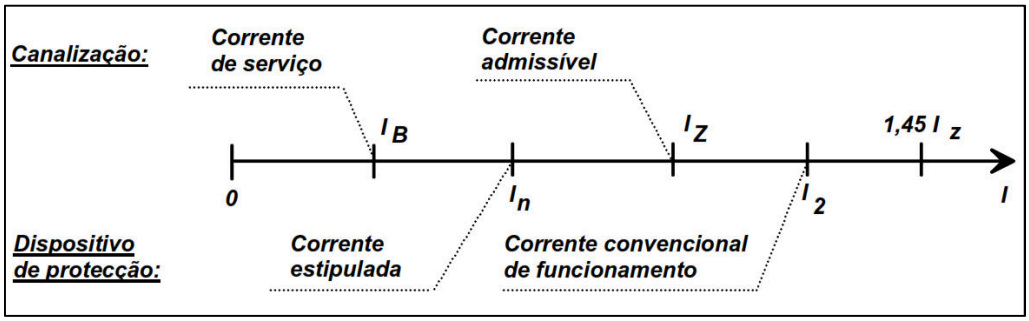


Figura 29 – Condições a satisfazer para a coordenação da protecção contra sobrecargas [18]

Para que um dispositivo de protecção garanta a protecção de uma canalização contra as sobrecargas é necessário verificarem-se as condições das expressões 3.2 e 3.3, [18]:

a) $I_B \leq I_n \leq I_z$: (3.2)

b) $I_2 \leq 1{,}45 \times I_z$. (3.3)

Onde:

- I_B – corrente de serviço do circuito, em amperes;
- I_z – corrente admissível na canalização, em amperes;
- I_n – corrente estipulada do dispositivo de protecção, em amperes;
    - Para os dispositivos de protecção reguláveis, I_n é a corrente de regulação seleccionada.
- I_2 – corrente convencional de funcionamento, em amperes:

- Na prática I_2 é igual:
  - À corrente convencional, no tempo convencional, para os disjuntores;
  - À corrente de fusão, no tempo convencional, para os fusíveis do tipo gG.

Em certos casos, esta regra não garante uma protecção completa (por exemplo, as sobreintensidades prolongadas inferiores a I_2), e não conduz necessariamente à solução mais económica, pelo que se pressupõe que o circuito seja concebido de modo a que as sobrecargas de reduzido valor e de longa duração não se produzam habitualmente [18].

4.2.3.2 Protecção contra contactos indirectos

A protecção contra contactos indirectos deverá ser garantida através do corte automático da alimentação, devendo os dispositivos de corte automático, independentemente do esquema de ligação à terra, ser diferenciais [18], devendo cumprir com tudo o descrito na secção 801.5.9 *"Dispositivos de protecção contra os contactos indirectos por corte automático da alimentação"* das RTIEBT, [18].

Os dispositivos automáticos de protecção contra as correntes residuais diferenciais, deverão ser de alta sensibilidade, ou seja, não superior a $I_{\Delta N} = 30\ mA$, justificando-se pelo facto dos equipamentos e canalizações deste tipo de instalação (parque de formação TET) estarem sujeitos ao seguinte:

a) as canalizações que alimentam as zonas de trabalho ou aparelhos móveis ou portáteis, onde o seu uso ou o envelhecimento desses cabos possam provocar a deterioração do isolamento ou a rotura do condutor de protecção sem que esses defeitos sejam detectados;
b) protecção das instalações, em que as condições de utilização dos equipamentos sejam severas, por exemplo, quando os riscos de humidade prejudicam o bom isolamento dos equipamentos.
c) os próprios trabalhos de TET (contexto de formação), onde são efectuadas reconfigurações das canalizações, podendo originar deterioração dos isolamentos dos condutores sem que sejam detectados, ou nos instantes em que estão ser desenvolvidos esses trabalhos, poder uma qualquer massa ser exposta a um potencial diferente do seu (potencial de referência da terra).

4.2.3.3 Protecção contra curto-circuitos

Nas instalações eléctricas do tipo parque de formação TET, deverá ser prevista a instalação de dispositivos de protecção que tenham capacidade de interromper as correntes de curto-circuito antes que estas se possam tornar perigosas em virtude dos efeitos térmicos e mecânicos que se produzem nos condutores e nas ligações, [18]. Sendo que, para a determinação dessas correntes de curto-circuito presumidas, assim como, as características dos dispositivos de protecção a adoptar, deverá ser cumprido tudo o disposto na secção 434 *"Protecção contra os curtos-circuitos"* das RTIEBT, [18].

4.2.4 Queda de tensão

A queda de tensão máxima admissível nos vários pontos da instalação de utilização não deverá ultrapassar os valores descritos nas subsecções seguintes.

4.2.4.1 Queda de tensão máxima à entrada da instalação

Para o cumprimento da queda de tensão máxima admissível na instalação, a secção dos condutores a utilizar nos diferentes troços das instalações deverão ser tais que não sejam excedidos os valores de queda de tensão seguintes, [18]:

a) 1,5 %, para o troço da instalação entre os ligadores de saída da portinhola e a origem da instalação eléctrica (de utilização), no caso de instalações individuais;
b) 0,5 %, para o troço correspondente à entrada ligada a uma coluna (principal ou derivada) a partir de uma caixa de coluna, no caso das instalações não individuais;
c) 1,0 %, para o troço correspondente à coluna, no caso das instalações não individuais;

Para o cumprimento da queda de tensão máxima deverá ser observado tudo o disposto na secção 803.2.4.4 *"Quedas de tensão"* das RTIEBT, [18].

4.2.4.2 Queda de tensão nos limites da instalação

O valor relativo à da queda de tensão nos limites das instalações eléctricas, ou seja, entre a origem da instalação e qualquer ponto de utilização, expressa em função da tensão nominal da instalação, não deverá ser ultrapassar os valores indicados na tabela 9, conforme o disposto na secção 525 *"Quedas de tensão"* das RTIEBT, [18].

Tabela 9 – Quedas de tensão máximas admissíveis [18].

Utilização	Iluminação	Outros Usos
A - Instalações alimentadas directamente a partir de uma rede de distribuição (pública) em baixa tensão	3 %	5 %
B - Instalações alimentadas a partir de um Posto de Transformação MT/BT(1)	6 %	8 %
(1) – Sempre que possível, as quedas de tensão nos circuitos finais não deverão exceder os valores indicados para a situação A. As quedas de tensão deverão ser determinadas a partir das potências absorvidas pelos aparelhos de utilização com os factores de simultaneidade respectivos ou, na falta destes, das correntes de serviço de cada circuito.		

Para canalizações em que a secção do condutor de fase seja igual à do condutor neutro, as quedas de tensão podem ser determinadas a partir das expressões 3.4 e 3.5 [19].

$$u = b \times \left(\rho_1 \times \frac{L}{S} \times cos\varphi + \lambda \times L \times sen\varphi\right) \times I_b \tag{3.4}$$

$$\Delta u = 100 \times \frac{u}{U_0} \tag{3.5}$$

Onde:

- u – é a queda de tensão, expressa em volts;
- Δu – é a queda de tensão relativa, expressa em percentagem;
- U_0 – é a queda de tensão entre fase e neutro, expressa em volts;
- b – é um coeficiente igual a 1 para os circuitos trifásicos e a 2 para os monofásicos (os circuitos trifásicos com o neutro complementar desequilibrado, isto é, com uma só fase carregada, são considerados como sendo monofásicos);
- ρ_1 – é a resistividade dos condutores à temperatura em serviço normal, isto é, 1,25 vezes a resistividade a 20 °C (0,0225 Ω.mm^2/m para o cobre e 0,036 Ω.mm^2/m para o alumínio);
- L – é o comprimento simples da canalização, expresso em metros;
- S – é a secção dos condutores, expressa em milímetros quadrados;
- $cos\varphi$ – é o factor de potência (na falta de elementos mais precisos, pode ser usado o valor de $cos\varphi$ = 0,8 e , consequentemente $sen\varphi$ = 0,6);

- λ – é a reactância linear dos condutores (na falta de outras indicações pode ser usado o valor de 0,08 mΩ/m);
- I_b – é a corrente de serviço, expressa em amperes.

4.2.5 Esquema de ligação à terra TT

O esquema de ligação á terra a utilizar nos parques de formação TET, deverá ser o TT, devido ao facto de o mesmo permitir alguma "liberdade" em termos de reconfiguração da rede e respectivo ajuste dos circuitos de protecção da instalação, embora em casos devidamente justificados poderá ser utilizado o esquema de ligação à terra TN, devendo neste caso obedecer ao disposto na secção 312.2.1 *"Esquema TN em corrente alternada"* das RTIEBT [18]. O esquema de TT tem um ponto da alimentação ligado à terra, sendo as massas da instalação eléctrica ligada a eléctrodos de terra electricamente distintos do eléctrodo de terra de alimentação, conforme a figura 30, e em conformidade com o descrito na secção 312.2.2 *"Esquema TT em corrente alternada"* das RTIEBT [18].

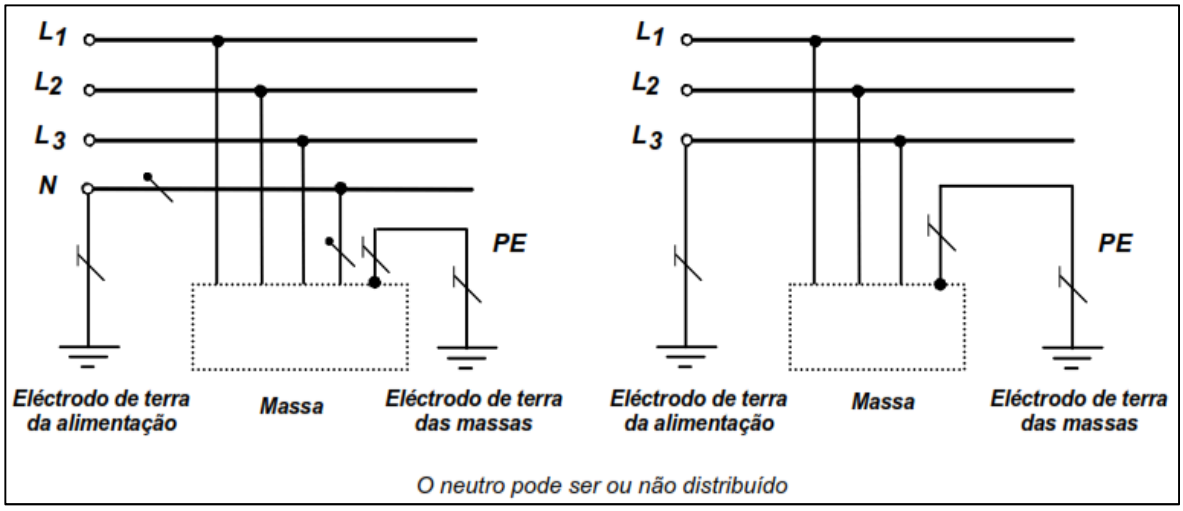


Figura 30 – Esquema de ligação TT em corrente alternada [18].

4.2.6 Terras

A instalação das terras, suas ligações, eléctrodos, características e interligações com outras instalações, nas instalações dos parques de formação TET, deverão obedecer a tudo o disposto na secção 542 *"Terras"* das RTIEBT [18].

4.2.7 Origem da instalação

A instalação deverá ter a sua origem conforme o disposto na alínea a) ou b) da secção 141 *"Origem das Instalações"* das RTIEBT.

4.2.8 Constituição dos Quadros

Os quadros deverão ser montados em fábrica ou ser concebido e executado conforme o disposto nas RTIEBT nomeadamente na secção 558 *"Conjuntos de Aparelhagem"*, deverá deter invólucro construído em material isolante não propagador de chama, fixada a estrutura rígida de perfilados, garantindo um grau de protecção não inferior ao correspondente à classificação do local onde serão instalados.

4.2.8.1 Materiais e equipamentos dos quadros

Os materiais e equipamentos empregues nos quadros eléctricos deverão obedecer às regras e aos documentos normativos seguintes;

- Interruptores: CEI 947-3 e CEI 669-1;
- Interruptores diferenciais: EN 61008-1;
- Disjuntores: EN 60.898 e EN 947.2;
- Porta fusíveis: CEI 269-1 2.

4.2.9 Canalizações

O modo de instalação das canalizações deverá ser seleccionado conforme o descrito na secção 132.7 *"Modo de instalação das canalizações"* das RTIEBT.

4.2.9.1 Dispositivos de Protecção

Os dispositivos de protecção a considerar neste tipo de infra-estruturas deverão ter características de acordo com a função a desempenhar, ou seja, a protecção contra os efeitos seguintes:

- das sobreintensidades (sobrecargas e curto-circuitos);
- das correntes de defeito à terra;
- das sobretensões;
- dos abaixamentos e das faltas de tensão.

Correspondendo ao descrito nas alíneas a), b), c) e d) da secção 132.8 *"Dispositivos de protecção"* das RTIEBT.

4.2.9.2 Dispositivos de corte de emergência

Uma vez que este tipo de infraestruturas detêm várias zonas de trabalho (trabalhos em tensão), em que essas zonas se encontram no exterior, estando distadas do quadro geral a uma distância considerável, para que seja possível em tempo útil, efectuar um corte de emergência, as mesmas deverão ser dotadas de dispositivos de corte de emergência facilmente reconhecível e rapidamente manobrável, que possibilite, em caso de perigo, interromper um circuito ou circuitos da instalação, conforme descrito na secção 132.9 *"Dispositivos para corte de emergência"* das RTIEBT.

Os dispositivos a utilizar para o corte de emergência da instalação, deverão obedecer aos critérios enunciados na secção 464 *"Corte de emergência, incluindo paragem de emergência"* das RTIEBT.

4.2.9.3 Ligações Equipamentos de Utilização

A ligação dos equipamentos de utilização deverá obedecer ao disposto na secção 559 *"Equipamentos de utilização"* das RTIEBT.

4.2.10 Esquemas identificativos da instalação

Deverá existir um esquema identificativo da configuração de toda a instalação do parque, afixado em local apropriado, recomenda-se ao lado do quadro geral de entrada, que facilite a identificação inequívoca de toda a rede do parque, suas protecções e configurações possíveis, uma vez que o parque poderá estar sujeito a ser operado por diferentes técnicos (formadores) internos ou externos.

4.3 Instalações (de cliente) das zonas de trabalhos

Sendo um dos principais objectivos dos parques de formação para trabalhos em tensão, proporcionar diferentes tipologias de instalações eléctricas, aumentando a qualidade da formação ministrada, essas mesmas tipologias deverão obedecer aos critérios expostos nesta secção da presente dissertação.

Os requisitos das instalações eléctricas e equipamentos das instalações de cliente das zonas de trabalhos TET, deverão obedecer ao exposto da presente dissertação, nomeadamente nos pontos seguintes:

- 3.2.1 *"Classificação da instalação";*
- 3.2.1.3 *"Índice de Protecção";*
- 3.2.1.4 *"Código IK";*
- 3.2.1.2 "*Locais com Risco de Incêndio";*
- 3.2.1.3.1 *"Iluminação Normal";*
- 3.2.1.4 *"Tomadas";*
- 3.2.3 *"Protecções";*
- 3.2.5 *"Origem da instalação";*
- 3.2.7 *"Canalizações".*

4.3.1 Entradas colectivas

As instalação de entradas colectivas nos parques de formação TET, têm unicamente o objectivo de simulação dos quadros de coluna e as respectivas colunas, podendo ou não ser efectuado a rede individual de cliente, ficando ao encargo do projectista a sua consideração. Os equipamentos e dimensionamento deste tipo de instalação deverão ser realizados em conformidade com o disposto na secção 803 *"Instalações Colectivas e Entradas"* das RTIEBT [18].

4.4 Rede de distribuição interior de energia eléctrica em baixa tensão

As redes de distribuição de energia eléctrica interior de baixa tensão dos parques de formação TET, serão realizadas com o mesmo objectivo descrito no artigo 3º *"Definições"* do RSRDEBT [19], que descreve que, uma rede de distribuição de energia eléctrica em baixa tensão ou simplesmente rede de distribuição é uma instalação eléctrica de baixa tensão destinada ao transporte de energia eléctrica a partir de um posto de transformação ou de uma central geradora, constituída por canalizações principais e ramais. Assim, a partir do quadro de baixa tensão dos postos de transformação, encontram-se estabelecidos um conjunto de canalizações eléctricas que podem ligar directamente a uma portinhola, um quadro de colunas, um aparelho de corte de entrada de uma instalação de utilização, ou alimentar armários de distribuição. A partir destes, estabelecem-se ramais, que segundo o

artigo 3º *"Definições"* do RSRDEBT, são canalizações eléctricas sem qualquer derivação, que partem do quadro de um posto de transformação, do quadro de uma central geradora ou de uma canalização principal e terminam numa portinhola, quadro de colunas ou aparelho de corte de entrada de uma instalação de utilização [19].

Estas redes de distribuição interior dos parques de formação TET, deverão ser do tipo aéreas e subterrâneas, dimensionadas em conformidade com o exposto nesta secção da presente dissertação, onde são elencados os requisitos de instalação e dos equipamentos, indo ao encontro dos requisitos obrigatórios descritos no (RSRDEBT) Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctricas em Baixa Tensão.

4.4.1 Características particulares das redes aéreas

Na instalação e construção das redes aéreas dos parques de formação TET, deverão ser observados o descrito nas subsecções seguintes.

4.4.2 Redes aéreas em condutores nus

As redes aéreas em condutores nus deverão ser estabelecidas por forma a possibilitar a simulação da rede existente.

4.4.2.1 Condutores nus

Deverão ser utilizados condutores de secção e características iguais ao seguinte:

a) Canalizações principais:
   - Cobre secção mínima – 10 mm^2;
   - Alumínio secção mínima – 20 mm^2;

em conformidade com o disposto no artigo 18º *"Secção nominal dos condutores de fase"* do RSRDEBT [3].

4.4.2.2 Disposição dos condutores

Os condutores deverão ser suportados por isoladores de porcelana, vidro, resina cicloalifática ou outros materiais isolantes equivalentes, fixados em postes de betão, e com dois tipos de disposição "Quincôncio" e "Esteira Vertical ou Horizontal", em conformidade com o descrito no artigo 39º do RSRDEBT [19].

O condutor neutro, no seu estabelecimento em Quincôncio ou em Esteira Vertical deverá ser colocado da forma seguinte:

a) A um nível inferior ou, pelo menos, igual ao do condutor de fase mais baixo, devendo o condutor de iluminação pública ser intercalado entre o neutro e os demais condutores [19].
b) Ao nível mais elevado ou, pelo menos, igual ao do condutor de fase mais alto, devendo o condutor de iluminação pública ocupar a posição inferior [19].

O condutor neutro deverá ser suportado em isolador de cor castanha ou diferente do de fase, para uma maior facilidade na sua identificação.

4.4.3 Redes aéreas em condutores isolados em cabo torçada

O estabelecimento da rede aérea em cabo torçada em parque de formação TET, deverá ser efetuado de forma a permitir as diferentes disposições existentes nas redes de distribuição aéreas.

4.4.3.1 Condutores em cabo torçada

Nas redes aéreas interior estabelecida em condutores em cabo torçada, os condutores a utilizar deverão ser do tipo polietileno reticulado (PEX), ou seja, LXS (com alma condutora de alumínio) ou XS (com alma condutora em cobre). Os condutores deverão deter inscrição com tinta indelével, para as fases, "L1", "L2", "L3", para o condutor de iluminação pública "IP1" e "IP2" para os casos de necessidade de dois circuitos de iluminação pública e o condutor neutro a indicação do fabricante. Estes condutores, na sua colocação, deverá ser observado o disposto no artigo 42º *"Colocação de condutores em feixe (torçada) "* do RSRDEBT [19].

4.4.3.2 Fixação dos condutores

A fixação dos condutores isolados em feixe torçada e os cabos auto-suportados ou suspensos de fiadores deverão ser fixados às superfícies de apoio por meio de dispositivos adequados. Estes dispositivos deverão, fixa-los de forma segura, não permitindo, em condições normais, o seu deslizamento nem o deterioramento do isolamento dos condutores ou da bainha dos cabos, conforme o disposto no artigo 24º *"Materiais dos*

dispositivos de fixação" e características em conformidade com o artigo 25º *"Características dos dispositivos de fixação"* do RSRDEBT [19].

4.4.4 Apoios da rede

Os apoios a utilizar nas redes interiores dos parques de formação TET, deverão obedecer ao descrito nas secções abaixo elencadas.

4.4.4.1 Materiais dos apoios

Os materiais empregues nos apoios, serão de aço, betão armado ou pré esforçado, de madeira ou de outros materiais de resistência mecânica adequada, sendo que o tipo de apoio a empregar deverão ser aprovados pela fiscalização do governo. Estes apoios deverão obedecer ao descrito no artigo 26º *"Materiais dos postes"* do RSRDEBT [19].

4.4.4.2 Fundação para os apoios

Os apoios serão implementados directamente no solo ou consolidados por fundações adequadas de modo a ficar assegurada a sua estabilidade, tendo em conta a natureza do solo e as acções intervenientes, devendo observar-se na sua implantação o seguinte [19]:

a) Os apoios metálicos serão encastrados em maciços de betão;
b) Os apoios de betão armado ou pré-esforçado poderão ser implantados directamente no solo;
c) Os apoios de madeira deverão ser, em regra, implantados directamente no solo ou fixados a dispositivos apropriados.

A profundidade de fundação para os apoios implementados directamente ao solo deverá obedecer à expressão 3.6, [19].

$$h = \frac{H}{10} + 0{,}5 \tag{3.6}$$

Onde:

- h – é a profundidade mínima da fundação do apoio, expressa em metros;
- H – é a altura total do apoio, expressa em metros.

Na implantação dos apoios deverão observar-se o descrito no artigo 27º *"Fundações de postes"* do RSRDEBT [19].

4.4.4.3 Condições de estabelecimento dos apoios e equipamentos

As condições de estabelecimento dos apoios, deverão obedecer ao elencado nas subsecções seguintes.

4.4.4.3.1 Segurança mecânica

O dimensionamento dos condutores e outros elementos das redes de distribuição interna dos parques de formação TET, deverão ser realizados para resistir às acções intervenientes no RSLAT - Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão, salvo o seguinte:

a) A pressão dinâmica do vento, que terá 75 % do valor fixado naquele Regulamento;
b) A temperatura mínima fora das zonas de gelo será de 0 °C em vez de -5 °C.

Devendo ser observado o descrito no artigo 36º *"Segurança mecânica"* do RSRDEBT [19].

4.4.4.3.2 Distâncias mínimas

As distâncias a observar na construção das redes de distribuição interna dos parques de formação TET, deverão estar em cumprimento com o disposto no artigo 37º *"Distâncias mínimas"* do RSRDEBT [19], assim como às distâncias elencadas no ponto 4.5.5 da presente dissertação, e as das alíneas seguintes:

a) **Distância entre linhas de baixa tensão e de alta tensão**
   Segundo o artigo 92º *"Distâncias entre linhas de baixa tensão e de alta tensão"* do RSRDEBT, no cruzamento de linhas de baixa tensão e de alta tensão deverão observar-se a distância mínima segundo a expressão 3.7, [19].

$$D = 1{,}5 + \frac{U + 0{,}5.L}{100} \tag{3.7}$$

   Sendo que o valor de D não deverá ser inferior a 2 m, em que:

   - D – é a distância expressa em metros;

- *U* – é a tensão nominal expressa em kilovolts da linha de alta tensão;
- *L* – é a distância em metros entre o ponto de cruzamento e o apoio mais próximo da linha de alta tensão.

b) Distância dos condutores ao solo

A distancia mínima dos condutores ao solo não deverá exceder os 5 m, conforme o disposto no artigo 47º *"Distância dos condutores ao solo"* do RSRDEBT [19].

c) Distâncias dos condutores a edifícios

As distâncias dos condutores aos edifícios, deverão obedecer a tudo o descrito no artigo 48º "Distância dos condutores nus e dos isolados em feixe (torçada) aos edifícios" do RSRDEBT [19].

d) Distância dos condutores a árvores

Os condutores nus não deverão ter distâncias em relação a árvores que não seja de prever o escalamento por necessidade de trabalhos inerentes às próprias árvores de 1 m e a árvores que seja de prever o escalamento por necessidade de trabalhos e a ramadas, latadas ou parreiras de 2 m. Os condutores isolados em feixe (torçada) e os cabos auto-suportados ou suspensos de fiadores poderão ser estabelecidos com distâncias diferentes das fixadas anteriormente, mas de forma que as árvores ou o seu tratamento fito-sanitário não possam danificar o isolamento dos condutores ou a bainha dos cabos. Obedecendo ao descrito no artigo 49º *"Distância dos condutores a árvores e ramadas, latadas ou parreiras"* do RSRDEBT [19].

4.4.4.3.3 Vãos máximos

Os vão máximos, das redes de distribuição interior dos parques de formação TET, não deverão, em regra exceder os 50 m, no entanto nos casos devidamente justificados esse valor poderá ser ultrapassado.

4.4.4.3.4 Ligação dos condutores

A ligação dos condutores deverá ser efectuada por meio de ligadores apropriados, robustos que sejam resistentes à corrosão pelos agentes corrosivos, devendo assegurar um contacto eléctrico eficiente para que, a sua temperatura, em serviço normal, não exceda a dos condutores, devendo estar em conformidade com o artigo 44º *"Ligação de condutores"* do RSRDEBT [19].

4.4.4.4 Caixas de protecção e seccionamento

As caixas de protecção e seccionamento a aplicar na rede aérea de distribuição dos parques de formação TET, deverão obedecer ao disposto no artigo 8º *"Aparelhos de corte, comando ou protecção"* do RSRDEBT [19].

4.4.5 Redes subterrâneas

As redes subterrâneas de distribuição de energia eléctrica em baixa tensão dos parques de formação TET, deverão obedecer ao exposto nas subsecções abaixo.

4.4.5.1 Tipos de condutores a utilizar

Os condutores a utilizar nas redes subterrâneas de baixa tensão deverão ser do tipo policloreto de vinilo (PVC) e do tipo polietileno reticulado (PEX), e deverão obedecer a tudo o exposto no artigo 53º *"Tipos de condutores"* do RSRDEBT [19]. Devendo ser utilizados segundo o documento normativo da EDP distribuição *"Cabos isolados de baixa tensão"* DMA-C33-200N [25], os seguintes tipos de cabos expostos na tabela 10.

Tabela 10 – Lista de cabos normalizados [25].

CABOS **NÃO ARMADOS**		CABOS **ARMADOS**	
ISOLAÇÃO DE **PVC**	ISOLAÇÃO DE **PEX**	ISOLAÇÃO DE **PVC**	ISOLAÇÃO DE **PEX**
VV 2x1,5	XV 2x1,5	VAV 2x2,5	XAV 2x2,5
VV 3x1,5	XV 3x1,5	VAV 4x2,5	XAV 4x2,5
VV 3G1,5	XV 3G1,5	VAV 4G2,5	XAV 4G2,5
VV 2x2,5	XV 2x2,5	VAV 2x6	XAV 2x6
VV 3x2,5	XV 3x2,5	VAV 4x6	XAV 4x6
VV 3G2,5	XV 3G2,5	VAV 4G6	XAV 4G6
VV 4x2,5	XV 4x2,5	VAV 2x10	XAV 2x10
VV 4G2,5	XV 4G2,5	VAV 4x10	XAV 4x10
VV 10x2,5	XV 10x2,5	VAV 4G10	XAV 4G10
VV 4x4	XV 4x4	VAV 2x16	XAV 2x16
VV 2x6	XV 2x6	VAV 3x16+10	XAV 3x16+10
VV 4x6	XV 4x6	VAV 3x25+16	XAV 3x25+16
VV 4G6	XV 4G6	LVAV 3x150+70	LXAV 3x150+70
VV 4x10	XV 4x10	LVAV 3x185+95	LXAV 3x185+95
VV 4G10	XV 4G10	LSVAV 2x16	LSXAV 2x16
VV 1G25	XV 1G25	LSVAV 4x16	LSXAV 4x16
VV 1G35	XV 1G35	LSVAV 2x35	LSXAV 2x35
VV 1x35	XV 1x35	LSVAV 4x35	LSXAV 4x35
LVV 1x400	LXV 1x400	LSVAV 4x50	LSXAV 4x50
LSVV 1x380		LSVAV 4x95	LSXAV 4x95

4.4.5.2 Canalizações enterradas no solo

Mo estabelecimento e colocação das canalizações enterradas no solo deverão obedecer ao exposto nas alíneas seguintes:

a) **Condições de estabelecimento**

   Os cabos a utilizar nas canalizações instaladas directamente ao solo, deverão deter resistência mecânica suficiente, ou deverão ser protegidos contra avarias ocasionadas pela compressão ou pelo abatimento de terras, pelo contacto de corpos duros ou pelo choque de ferramentas metálicas, devendo ainda ser dotados de bainha resistente à corrosão provocada pelo terreno, e estar em conformidade com o exposto no artigo 55º "Condições de estabelecimento" do RSRDEBT [19].

b) **Colocação da canalização**

   A sua colocação deverá ser efectuada pelo assentamento dos condutores no fundo de valas convenientemente preparado, devendo os cabos ser envolvidos em areia adequada ou em terra fina ou cirandada. Em opção ao anteriormente exposto os cabos poderão ser enfiados em manilhas de betão, tubos de fibrocimento ou de material plástico, blocos de betão perfurados ou em materiais equivalentes que permitam a protecção suplementar contra acções mecânicas não inferior à da classe M7, conforme o exposto no artigo 56º *"Colocação das canalizações"* do RSRDEBT [19].

4.4.5.3 Localização e instalação das canalizações enterradas

A localização e instalação das canalizações enterradas (cabos enfiados ou não em tubos), deverão ser a uma profundidade de enterramento mínima de 0,7 m, excepto no caso de travessias de auto-estradas, ruas ou caminhos que deverão obedecer ao seguinte:

a) A profundidade de enterramento dos cabos não será inferior a 1 m;
b) As travessias deverão ser realizadas, tanto quanto possível, perpendicularmente ao eixo das vias.

Os tubos a utilizar, deverão ser resistentes e duráveis, tanto no que respeita aos seus elementos constituintes assim como às suas ligações, impedindo a entrada de detritos e deter dimensões que permitam o fácil enfiamento e desenfiamento dos cabos sem

danificação dos pavimentos, devendo obedecer a tudo o exposto no artigo 57º *"Localização das canalizações enterradas"* do RSRDEBT [19].

4.4.5.4 Ligações das canalizações enterradas

As ligações das canalizações enterradas deverão ser realizadas em caixas que garantam o isolamento e a estanqueidade do cabo ou outro dispositivo adequado, deverá ainda assegurar-se a continuidade das bainhas metálicas e das armaduras dos cabos, quando existam, se não houver contra-indicações por motivo de corrosão electrolítica, em conformidade com o disposto no artigo 59º *"Ligações de canalizações enterradas*" do RSRDEBT [19].

4.4.5.5 Câmaras de visita

Nas canalizações não instaladas directamente ao solo (entubadas), deverão ser previstas câmaras de visita convenientemente localizadas e distadas, por forma a garantir o fácil enfiamento e desenfiamento dos cabos, conforme o exposto no artigo 60º *"Câmaras de visita"* do RSRDEBT [19].

4.4.6 Quadros, caixas, armários e portinhola

As características e localização dos quadros, caixas, armários e portinholas, nos parques de formação TET, deverão obedecer ao exposto nas subsecções seguintes.

4.4.6.1 Características

As estruturas de suporte ou os invólucros dos quadros deverão ser de material que possua características adequadas, podendo ser ou não isolantes, no caso dessas estruturas e invólucros serem de material condutor, as partes activas dos aparelhos montados nos quadros deverão ser convenientemente isoladas dos mesmos. Os invólucros dos quadros deverão possuir protecção contra a corrosão adequada ao local em serão instalados, deverão ainda estar em conformidade com o disposto no artigo 64º *"Características"* do RSRDEBT [19].

4.4.6.2 Localização dos quadros de armários

Os quadros dos armários das redes de distribuição interior dos parques de formação para TET, deverão ser instalados em locais definidos (zona de trabalho), de forma a não

perturbarem a regular circulação dos veículos e das pessoas, conforme disposto no artigo 65º *"Localização dos quadros de armários"* do RSRDEBT [19].

4.4.6.3 Localização das portinholas e características

A localização das portinholas quando existam, deverão ser instaladas em local apropriado e de fácil acesso, aos trabalhos a realizar (formação), no interior ou no exterior dos edifícios, conforme o disposto no artigo 66º *"Localização das portinholas"* do RSDEBT [19].

As características das portinholas, tipos de condutores, bases de fusíveis a aplicar neste tipo de instalação (parque de formação TET), deverão obedecer ao apresentado na tabela 11, em conformidade com disposto no documento normativo *"DIT-C14-100/N"* [26] da EDP distribuição.

Tabela 11 – Tipos de portinholas, condutores e fusíveis aplicar [26].

Designação	Corrente nominal (estipulada) (A)	Cabos de entrada (a usar nos ramais)		Fusíveis			Capacidade de ligação (mm²)	
		Derivação	Designação	N.º	Tamanho	I_n [1] (A)	Fases	Neutro
P25	25	Subterrânea	LSVAV 2x16	1	10x38	25	1,5 a 16 [2]	1,5 a 16 [2]
P50	50	Aérea	LXS 2x16	1	14x51	50	2,5 a 16 [2]	2,5 a 16 [2]
		Subterrânea	LSVAV 2x16			50		
P100	100	Aérea	LXS 2X16	3	22x58	63	4 a 50 [2]	4 a 50 [2]
			LXS 4X16			63		
			LXS 4X25			80		
		Subterrânea	LSVAV 2X16			80		
			LSVAV 4X16			80		
			LSVAV 4X35			100		
P400	400	Subterrânea	LSVAV 4X95	3	2	200	Al: 70 a 300 Cu: 50 a 240	Al: 70 a 150 Cu: 50 a 120
			LVAV 3X185+95			315		

(1) Calibre (corrente estipulada) do fusível (elemento de substituição) a usar na protecção do cabo de entrada contra as sobrecargas.

Para as portinholas P25 e P50, os valores indicados correspondem aos valores da corrente nominal (estipulada) das bases de fusíveis.

Os fusíveis (elementos de substituição) devem ser da categoria de utilização gG.

(2) Aplicável a condutores rígidos (de cobre ou de alumínio) com os diâmetros mínimos e máximos indicados na EN 60228.

4.4.7 Instalações de Iluminação pública

A instalação de iluminação pública nos parques de formação TET, deverão obedecer ao exposto nas subsecções abaixo.

4.4.7.1 Características das colunas e baços de luminárias

As características das colunas e braços de luminárias, em conformidade com tudo o disposto no artigo 67º *"Colunas e braços de candeeiros"* do RSRDEBT [19], deverão obedecer ao seguinte:

a) As colunas e os braços de luminárias serão de material resistente às acções dos agentes atmosféricos ou devidamente protegidos contra essas acções, dimensionados de forma a resistirem às solicitações previstas, designadamente à acção do vento, e não deverão permitir a entrada de chuva nem a acumulação de água de condensação;
b) As colunas deverão possuir uma abertura de acesso a, pelo menos 0,50 m acima do solo, dotada de porta ou tampa que feche com toda a segurança, permitindo apenas a sua abertura com meios especiais e que vede a entrada de água proveniente de jactos (IPx5);
c) Os aparelhos de protecção e de comando dos candeeiros deverão ficar instalados em quadros devidamente dimensionados, os quais deverão estar alojados, em regra, no interior do espaço protegido pela porta ou tampa referidos na alínea anterior.

4.4.7.2 Colocação das luminárias

As luminárias deverão, em conformidade com o disposto no artigo 69º *"Colocação dos candeeiros"* do RSRDEBT [19], ser fixadas às superfícies de apoio de modo a oferecerem as necessárias condições de segurança. No caso de serem instaladas sobre apoios de linhas aéreas em condutores nus, as mesmas e seus acessórios deverão ser colocados a uma distância não inferior a 1 m dessas linhas.

4.4.7.3 Electrificação das luminárias

Na electrificação das luminárias deverão observar-se, conforme o disposto no artigo 70º *"Electrificação dos candeeiros"* do RSRDEBT [19], o seguinte:

a) Deverão ser utilizados condutores isolados em feixe (torçada) ou cabos de tensão nominal não inferior a 450 V/750 V;
b) A secção mínima deverá ser de 1,5 mm^2, se em condutor de cobre;
c) Não deverão ser utilizados condutores com emendas;

d) Os condutores deverão ser ligados por forma a não exercer esforços de tracção sobre os ligadores;
e) Nas entradas das luminárias, os condutores isolados ou os cabos deverão ser protegidos por meio de peças adequadas, em material isolante.

4.4.7.4 Ligações à terra

As luminárias, as colunas e os apoios quando metálicos, deverão ser ligadas à terra da instalação interior do parque de formação, por forma a garantir a equipotencialidade das mesmas. Na implementação e instalação das terras deverá ser observado o disposto no ponto 3.2.6 da presente dissertação.

4.4.8 Protecções

Os sistemas de protecção a adoptar para as redes de distribuição interiores dos parques de formação TET, deverão obedecer ao descrito nas subsecções abaixo elencadas.

4.4.8.1 Protecções contra sobrecargas

As características de funcionamento dos aparelhos de protecção contra sobrecargas, em conformidade com o disposto no artigo 128º *"Características de funcionamento das protecções contra sobrecargas"* do RSRDEBT [19], deverão satisfazer simultaneamente as expressões 3.8 e 3.9.

a) $I_f \leq 1{,}45 \times I_z$; (3.8)

b) $I_s \leq I_n \leq I_z$; (3.9)

Onde:

- I_f – é intensidade de corrente convencional de funcionamento do aparelho de protecção, em amperes;
- I_z – é a intensidade de corrente máxima admissível na canalização, em amperes;
- I_s – é a intensidade de corrente de serviço da canalização, em amperes;
- I_n – é a intensidade nominal do aparelho de protecção, em amperes;

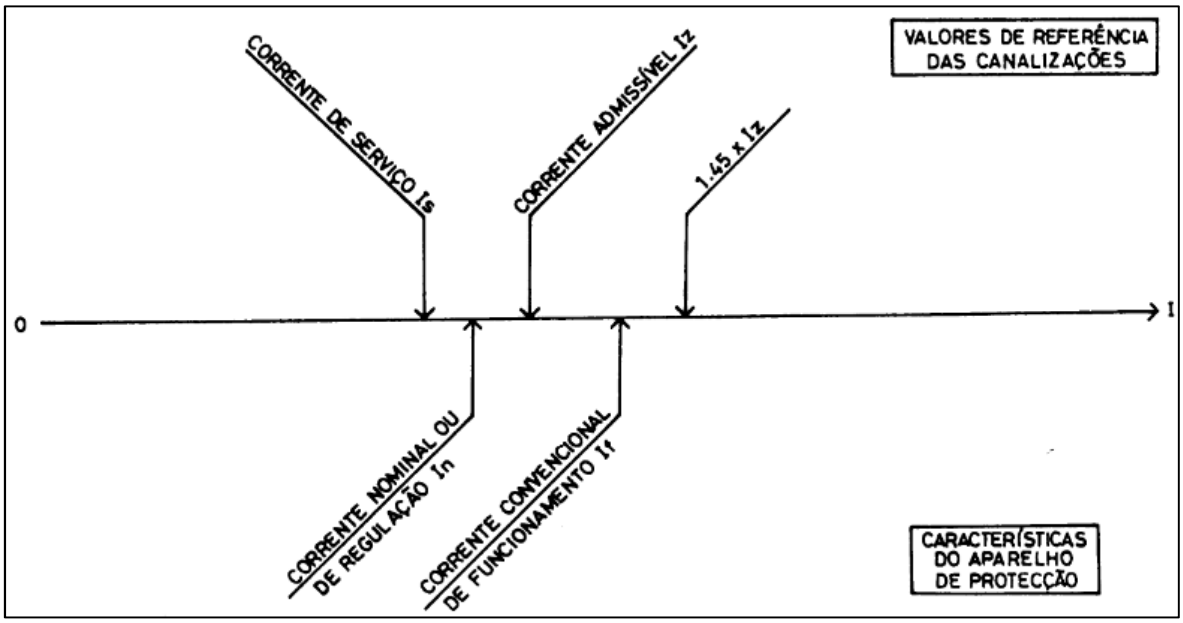


Figura 31 - Condições a satisfazer para a coordenação da protecção contra sobrecargas redes BT [19].

Por forma a obedecer à coordenação da protecção contra sobrecargas acima exposto, deverão ser utilizados as protecções, em conformidade com os tipos de condutores e fusíveis utilizados nas redes de distribuição de baixa tensão pela EDP Distribuição [26], em função dos tipos de canalizações seguintes, sendo neste caso apresentados também os comprimentos máximos das canalizações em função das quedas de tensão:

a) Cabos subterrâneos, armados normalizados em Portugal para redes subterrâneas (0,6/1 kV) e respectivos comprimentos máximos para uma queda de tensão de 1 % e 8 % Cabos enterrados directamente ao solo.

Tabela 12 – Cabos enterrados directamente ao solo [26].

S (mm²)	R 20ºC	R 70ºC	X	Z	P.L	Iz	In=Is	L máx (m)							
	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	kW.km	A	A	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%
LSVAV 2 x 16 *	1,910	2,292	0,100	2,332	0,227	95	80	12	25	37	49	62	74	86	99
LSVAV 4 x 16 *	1,910	2,292	0,100	2,332	0,686	90	80	12	25	37	50	62	75	87	99
LSVAV 4 x 25	1,200	1,440	0,100	1,480	1,081	110	100	16	31	47	63	78	94	110	125
LSVAV 4 x 35 *	0,868	1,042	0,100	1,082	1,479	130	100	21	43	64	86	107	129	150	172
LSVAV 4 x 50	0,641	0,769	0,100	0,809	1,977	150	125	23	46	69	92	115	138	160	183
LSVAV 4 x 70	0,443	0,532	0,100	0,572	2,799	195	160	25	51	76	101	127	152	177	203
LSVAV 4 x 95 *	0,320	0,384	0,100	0,424	3,774	235	200	27	55	82	109	137	164	191	219
LSVAV 3 x 120 + 70	0,253	0,304	0,100	0,344	4,657	270	200	34	67	101	135	169	202	236	270
LSVAV 3 x 150 + 70	0,206	0,247	0,100	0,287	5,571	310	250	32	65	97	129	161	194	226	258
LSVAV 3 x 185+ 95 *	0,164	0,197	0,100	0,237	6,757	355	315	31	62	93	124	155	187	218	249

Tabela 13 – Cabos enterrados no solo mas com tubo ou cabos à vista sobre abraçadeiras [26].

S (mm²)	R 20°C	R 70°C	X	Z	P.L	Iz	In=Is	L máx (m)							
	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	kW.km	A	A	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%
LSVAV 2 x 16 *	1,910	2,292	0,100	2,332	0,227	71	63	16	31	47	63	78	94	110	125
LSVAV 4 x 16 *	1,910	2,292	0,100	2,332	0,686	68	50	20	40	60	80	99	119	139	159
LSVAV 4 x 25	1,200	1,440	0,100	1,480	1,081	83	63	25	50	75	99	124	149	174	199
LSVAV 4 x 35 *	0,868	1,042	0,100	1,082	1,479	98	80	27	54	80	107	134	161	188	214
LSVAV 4 x 50	0,641	0,769	0,100	0,809	1,977	113	100	29	57	86	115	143	172	201	229
LSVAV 4 x 70	0,443	0,532	0,100	0,572	2,799	146	125	32	65	97	130	162	195	227	260
LSVAV 4 x 95 *	0,320	0,384	0,100	0,424	3,774	176	160	34	68	103	137	171	205	239	273
LSVAV 3 x 120 + 70	0,253	0,304	0,100	0,344	4,657	203	160	42	84	127	169	211	253	295	337
LSVAV 3 x 150 + 70	0,206	0,247	0,100	0,287	5,571	233	200	40	81	121	161	202	242	283	323
LSVAV 3 x 185+ 95 *	0,164	0,197	0,100	0,237	6,757	266	250	39	78	118	157	196	235	274	313

Nas tabelas 12 e 13, são considerados o seguinte:

- S – Secções e tipo dos cabos normalizados (* - secções em uso na EDP Distribuição), em mm^2;
- $R_{20\,°C}/R_{70°C}$ – Resistência do cabo a 20 °C e a 70 °C (70 °C – temperatura máxima no isolamento – PVC);
- X – Admitância do cabo;
- Z – Impedância;
- $P.L$ – Momento eléctrico (U^2/Z);
- I_z – Corrente máxima admissível no cabo, nas condições de instalação;
- I_n – Corrente estipulada do fusível para proteger os cabos contra sobreintensidades ($I_f \leq 1{,}45 \times I_z$ e $I_f = 1{,}6 \times I_n$), que deverá ser superior ou igual a I_s;
- I_s – Corrente de serviço (corrente de funcionamento do cabo);
- $L_{máx.}$ – Comprimento máximo do cabo para uma queda de tensão de 1% a 8% e para uma corrente igual a I_s ($I_n\ fus$).

b) Condutores isolados em feixe (torçada) normalizados em Portugal para redes aéreas (0,6/1 kV) e respectivos comprimentos máximos para uma queda de tensão de 1 % e 8 %.

Tabela 14 – Condutores isolados em feixe (torçada) em rede aérea [26].

S (mm2)	$R_{20°C}$ Ω/km	$R_{50°C}$ Ω/km	X Ω/km	Z Ω/km	P.L kW.km	I_Z A	$I_n=I_S$ A	$L_{máx}$ (m)							
								1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%
LXS 2 x 16 *	1,910	2,150	0,100	2,190	0,242	85	63	17	33	50	67	83	100	117	133
LXS 4 x 16 *	1,910	2,150	0,100	2,190	0,731	75	63	17	34	50	67	84	101	118	134
LXS 4 x 25 *	1,200	1,340	0,100	1,380	1,159	100	80	21	42	63	84	105	126	147	168
LXS 4 x 50 *	0,641	0,716	0,100	0,756	2,116	150	125	25	49	74	98	123	147	172	196
LXS 4 x 70 *	0,443	0,495	0,100	0,535	2,991	190	160	27	54	81	108	135	163	190	217
LXS 4 x 95 *	0,320	0,357	0,100	0,397	4,030	230	200	29	58	88	117	146	175	204	234

Na tabela 14 são considerados o seguinte:

- S – Secções e tipo dos condutores normalizados, constantes no Guia de Redes em condutores de torçada em BT, editado pela DGE e Quadro 3.13 do RSRDEEBT (* - secções em uso na EDP Distribuição), em mm^2;
- $R_{20\,°C}/R_{50°C}$ – Resistência do cabo a 20 °C e a 50 °C (50 °C – temperatura máxima da torçada em rede aérea tensa em apoios);
- X – Admitância do cabo;
- Z – Impedância;
- $P.L$ – Momento eléctrico (U^2/Z);
- I_z – Corrente máxima admissível no cabo, nas condições de instalação;
- I_n – Corrente estipulada do fusível para proteger os cabos contra sobreintensidades ($I_f \leq 1{,}45 \times I_z$ e $I_f = 1{,}6 \times I_n$), que deverá ser superior ou igual a I_s;
- I_s – Corrente de serviço (corrente de funcionamento do condutores);
- $L_{máx.}$ – Comprimento máximo do cabo para uma queda de tensão de 1% a 8% e para uma corrente igual a I_s ($I_n\ fus$) para o $P.L$ calculado.

4.4.8.2 Protecções contra curto-circuitos

As protecções contra curto-circuitos da rede de distribuição interior em baixa tensão dos parques de formação TET, deverão ser determinadas de modo que a corrente de curto-circuito seja cortada antes de a canalização possa atingir a sua temperatura limite admissível. Para a sua determinação, deverá ser efectuada através da comparação entre a característica de funcionamento do aparelho de protecção e a característica de fadiga térmica da canalização, considerando-se cumprido este disposto, se o tempo de corte do aparelho de protecção for inferior ao calculado pela expressão 3.9.

$$\sqrt{t} = k \times \frac{S}{I_{cc}} \tag{3.9}$$

Onde:

- t – é o tempo de corte do aparelho de protecção, expresso em segundos, com o máximo de 5 s;
- k – é uma constante, cujo valor é:
    - Para condutores com alma de cobre isolada a policloreto de vinilo: 115;
    - Para condutores nus de cobre: 159;
    - Para condutores com alma de alumínio isolado a policloreto de vinilo: 74;
    - Para condutores com alma de alumínio isolado a borracha natural, borracha butílica, polietileno reticulado ou etileno-propileno: 87;
    - Para condutores nus de alumínio: 104;
    - Para condutores nus de liga de alumínio: 97;
    - Para ligações dos condutores de cobre soldadas a estanho (correspondente a uma temperatura de 160 °C): 115.
- S – é a secção dos condutores, expressa em mm2;
- I_{cc} – é a corrente de curto-circuito mínima, isto é, a corrente que resulta de um curto-circuito franco verificado no ponto mais afastado do circuito considerado, expressa em amperes.

A tudo o exposto acima deverá ser respeitado o disposto no artigo 130º *"Características de funcionamento das protecções contra curto-circuitos"* do RSRDEEBT [19].

4.4.8.2.1 Localização dos aparelhos de protecção contra curto-circuitos

Os aparelhos de protecção contra curto-circuitos deverão ser localizados nos pontos onde a corrente máxima admissível de uma canalização sofrer redução em resultado de uma mudança da sua secção nominal, da natureza, do tipo ou do modo de estabelecimento, sendo que os aparelhos de protecção poderão ainda, ser colocados em qualquer ponto do percurso da canalização desde que se verifiquem, em conformidade com tudo o disposto no artigo 131º *"Localização dos aparelhos de protecção contra curto-circuitos"* do RSRDEEBT [19], simultaneamente as condições seguintes:

a) Os aparelhos de protecção a montante possuírem características de funcionamento tais que protejam contra curto-circuitos a canalização situada a jusante da mudança de secção nominal, da natureza, do tipo ou do modo de estabelecimento;
b) O comprimento da canalização situada a jusante da secção nominal S_2 não seja superior ao que é determinado pela figura 32.

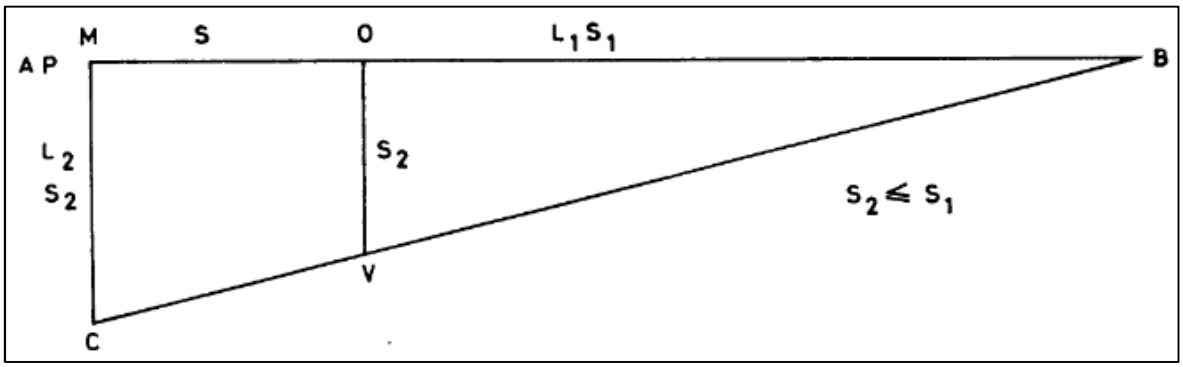


Figura 32 – Localização do aparelho de protecção e comprimento máximo da canalização [19].

Onde:

- AP – é o aparelho de protecção;
- $MB = L_1$ – é o comprimento máximo da canalização de secção nominal S_1 protegida contra curto-circuitos pelo aparelho AP colocado em M;
- $MC = L_2$ – é o comprimento máximo da canalização de secção nominal S_2 protegida contra curto-circuitos pelo aparelho AP colocado em M;
- O comprimento máximo da canalização derivada em O, de secção nominal S_2, protegida contra curto-circuitos pelo aparelho colocado em M é dado pelo comprimento OV.

4.4.8.3 Coordenação entre a protecção contra sobrecargas e contra curto-circuitos

A coordenação entre a protecção contra sobrecargas e curto-circuitos, deverá ser realizada por forma a garantir que, o poder de corte de um aparelho com protecção contra sobrecargas deverá ser pelo menos igual à corrente de curto-circuito previsível no ponto da rede onde for estabelecido, assegurando a protecção contra curto-circuitos da canalização situada a jusante. Deverá ser observado o disposto no artigo 132º *"Coordenação entre a protecção contra sobrecargas e protecção contra curto-circuitos"* do RSRDEEBT [19].

4.4.9 Protecção das pessoas e ligações à terra

Na protecção das pessoas e ligações à terra, no caso de ser adoptado o esquema TT (recomendado), deverá ser observado o disposto no ponto 3.2.6 *"Terras"* da presente dissertação. No caso de ser adoptado o esquema TN, deverá ser observado tudo o disposto no capítulo XIV *"Protecção das pessoas e ligações à terra"* do RSRDEEBT [19].

4.5 Rede de distribuição interior de energia eléctrica em alta tensão

As redes de distribuição de energia eléctrica interior de alta tensão dos parques de formação TET, serão realizadas com o objectivo de proporcionar aos seus utilizadores (formadores e formandos) uma infraestrutura que corresponda aos requisitos definidos no RSRLEAT, em condições de qualidade e segurança necessária para a realização dos trabalhos em tensão (formação), no alinhamento do descrito no artigo 1º *"Objectivo"* do RSRLEAT [21]. Estas redes deverão ser do tipo aéreas e subterrâneas (abaixo designadas abreviadamente como "Linhas"), podendo ainda contemplar a inclusão de linhas de telecomunicações adstritas à exploração das linhas eléctricas de alta tensão estabelecidas nos mesmos apoios, e em conformidade com tudo o exposto no artigo 2º *"Campo de aplicação"* do RSRLEAT [21]. As mesmas, deverão ser dimensionadas em conformidade com o exposto nesta secção da presente dissertação, onde são elencados os requisitos de instalação e dos equipamentos, indo ao encontro dos requisitos obrigatórios descritos no (RSRLEAT) Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão.

4.5.1 Disposições gerais

No estabelecimento das redes interiores e alta tensão dos parques de formação TET, deverão ser observados os critérios abaixo elencados.

4.5.1.1 Condições de estabelecimento

As linhas deverão ser estabelecidas de modo a eliminar todo o perigo previsível para as pessoas e acautelando possíveis danos em bens materiais, não devendo perturbar a livre e regular circulação nas vias particulares, não prejudicar outras linhas de telecomunicações ou causar danos às canalizações de água, gás ou outras, conforme disposto no artigo 5º *"Condições gerais de estabelecimento das linhas"* do RSRLEAT [21]. Estas linhas deverão ser restringidas ao espaço delimitado pelo parque de formação TET.

4.5.1.2 Materiais a empregar

Os materiais a empregar nas linhas, nomeadamente: condutores, isoladores, apoios e outros elementos, assim como os materiais que os constituem, deverão obedecer às disposições do RSRLEAT, e ainda às normas e especificações nacionais ou, na sua falta, às do Comité Europeu de Normalização Electrotécnica (CENELEC), às da Comissão Electrotécnica Internacional (CEI) ou a outras aceites pela DGEG, devendo os materiais ser coerentes entre si, conforme disposto no artigo 8º *"Materiais"* do RSRLEAT [21].

4.5.2 Acção dos agentes atmosféricos sobre as linhas

Para o dimensionamento das linhas aéreas, há a necessidade de ter em consideração as influências que os agentes atmosféricos têm nestas. Nesta subsecção são apresentados essas influências.

4.5.2.1 Acção do vento

Para o cálculo das linhas aéreas, o vento deverá ser considerar-se actuando numa direcção horizontal e a força proveniente da sua acção considerar-se-á paralela àquela direcção e será determinada pela expressão:

$$F = a \times c \times q \times s \tag{3.10}$$

Onde:

- F – é a força proveniente do vento, em newtons (N);
- a – é o coeficiente de redução;
- c – é o coeficiente de forma;
- q – é a pressão dinâmica do vento, em pascals (Pa);
- s – é a área da superfície batida pelo vento, em metros quadrados (m^2).

Devendo para isoladores e estruturas, a superfície batida pelo vento ser, a da projecção dessa superfície num plano normal à direcção do vento, e para condutores e cabos de guarda, a da respectiva secção longitudinal de área máxima, devendo estar em conformidade com o disposto no artigo 10º *"Acção do vento"* do RSRLEAT [21].

4.5.2.2 Vento máximo, vento reduzido

O vento a considerar-se, em conformidade com o disposto no artigo 12º *"Vento máximo habitual, vento reduzido"* do RSRLEAT [21], para o cálculo das linhas, será o vento máximo habitual, (definido no ponto 3.5.2.2 da presente dissertação), excepto nos casos seguintes:

a) No cálculo mecânico dos condutores e dos cabos de guarda, na hipótese de temperatura mínima, em que deverá considerar-se a pressão dinâmica do vento reduzido;
b) No cálculo da distância entre os condutores e os apoios, em que deverá considerar-se metade da pressão dinâmica do vento máximo habitual;
c) No cálculo da distância entre os condutores, nas vizinhanças de linhas aéreas de alta tensão com linhas com linhas aéreas de alta ou de baixa tensão ou com linhas de telecomunicações em apoios diferentes, em que deverá considerar-se metade da pressão dinâmica do vento máximo habitual.

4.5.2.3 Pressão dinâmica do vento

Os valores da pressão dinâmica do vento a considerar, em função da altura acima do solo em que se encontra o elemento da linha sobre o qual se pretende calcular a acção do vento, serão para os escalões de altura que se consideram, os indicados na tabela 15, em conformidade com o disposto no artigo 13º *"Pressão dinâmica do vento"* do RSRLEAT [21].

Tabela 15 – Altura acima do solo e respectiva pressão dinâmica a considerar [21].

Altura acima do solo (m)	**Pressão dinâmica, *q* (Pa)**	
	Vento máximo habitual	**Vento reduzido**
Até 30	750	300
De 30 a 50	900	360
Acima de 50	1050	420

4.5.2.4 Coeficiente de redução

Os valores de coeficiente de redução (a) a considerar, em conformidade com o disposto no artigo 14º *"Coeficiente de redução"* do RSRLEAT [21], deverão ser os seguintes:

a) 0,6 – nos condutores e nos cabos de guarda;
b) 1 – nos apoios, nas travessas e nos isoladores.

4.5.2.5 Coeficiente de forma

Os valores do coeficiente de forma (c) a considerar, em conformidade com o disposto no artigo 15º *"Coeficiente de forma"* do RSRLEAT [21], deverão ser os seguintes:

a) Para os cabos de guarda e os isoladores, os apresentados na tabela 16.

Tabela 16 – Coeficientes de forma para condutores, cabos e isoladores [21].

Tipos de elementos a considerar	Diâmetro em (mm)	Coeficiente de forma (c)
Condutores nus e cabos de guarda	Até 12,5	1,2
	Acima de 12,5 e até 15,8	1,1
	Acima de 15,8	1,0
Cabos isolados em feixe (torçada)	-	1,3
Cabos auto-suportados e cabos tipo 8	-	1,8
Isoladores	-	1,0

b) Para os apoios e travessas, os apresentados na tabela 17.

Tabela 17 – Coeficientes de forma para estruturas [21].

Tipo de estrutura	Constituição		Coeficiente de forma (c)
Estruturas	Secção circular	→	0,60
		→	
	Secção quadrada	→	1,75
	Secção rectangular	→	1,85 1)
		→	1,40 2)
	Perfil corrente de postes de betão armado	→	1,60 3)
		→	1,40 4)
	Perfil metálico de abas largas (Perfil Grey)	→	1,55
		→	1,05
	Perfil metálico normal	→	2,00
		→	1,70
	Perfil metálico normal	→	1,80
		→	2,05
		→	1,40
	Perfil metálico de abas iguais (cantoneira)	→	1,90
		→	1,70
	Perfil metálico de abas (desiguais)	→	2,00
		→	2,00
Estruturas reticuladas	Base quadrada ou rectangular, de faces opostas idênticas constituídas por perfis metálicos normais	Vento normal à face	$3{,}2 - 2{,}8.\frac{S_c}{S_t}$ 5)
	Base quadrada ou rectangular, de faces opostas idênticas constituídas por tubos metálicos normais	Vento fraco à face	$2{,}24 - 1{,}96.\frac{S_c}{S_t}$ 5)
Outras estruturas	Perfis metálicos normais	→	1,25
		→	1,50
	Perfis metálicos normais ligados por barras ou cantoneiras	→	2,60 6)

Sendo considerado, na tabela acima o seguinte:

a) Quando a estrutura tiver vazios na face maior, o coeficiente de forma reduz-se a 1,60;
b) Quando a estrutura tiver vazios na face maior, o coeficiente de forma reduz-se a 1,30;
c) Quando a estrutura tiver vazios na alma, o coeficiente de forma reduz-se a 1,50;
d) Quando a estrutura tiver vazios na alma, o coeficiente de forma reduz-se a 1,30;
e) S_c é a área da superfície dos cheios da face considerada, S_t é a área delimitada pelo contorno exterior da face considerada (área total). Estas fórmulas são aplicáveis para valores de S_c compreendidos entre 10 % e 60 % de S_t. Estes coeficientes de forma têm em consideração a acção do vento sobre todas as faces da estrutura.
f) Este valor é aplicável quando $\frac{a}{h}$ a meio do poste é aproximadamente igual a 4.

4.5.2.6 Acção do gelo

Para o cálculo dos condutores e dos cabos de guarda das linhas aéreas, a manga de gelo a considerar, deverá ser de pelo menos 10 mm e uma densidade de 0,9 em conformidade com o disposto no artigo 16º *"Acção o gelo"* do RSRLEAT [21].

4.5.3 Condutores e cabos de guarda para linhas aéreas

Os condutores e cabos de guarda para linhas eléctricas dos parques de formação TET, deverão obedecer ao descrito nas subsecções abaixo.

4.5.3.1 Tipos e materiais dos condutores

Os tipos e materiais dos condutores a aplicar nas linhas aéreas deverão ser, em conformidade com o disposto na Secção I *"Tipos de materiais dos condutores"* do RSRLEAT [21], dos seguintes:

a) Os tipos de condutores a empregar deverão ser constituídos por condutores nus multifilares (cabos nus) ou por cabos isolados.
b) Os materiais e constituição dos condutores nus, deverão ser:
    a. De cobre, alumínio, ou de suas ligas, ou de outros materiais que possuam características eléctricas e mecânicas, e resistência às acções das intempéries;
    b. Os condutores nus de aço não inoxidável deverão ser protegidos contra a corrosão;

c. Nas linhas aéreas só será permitida a utilização de condutores nus sob a forma de cabos.

c) Os materiais dos cabos isolados deverão ter constituição adequada às solicitações eléctricas, mecânicas e químicas a que possam vir a estar sujeitos.

4.5.3.2 Aquecimento dos condutores

Na determinação da secção dos condutores das linhas aéreas dever-se-á atender às correntes máximas admissíveis em regime permanente, às correntes de sobrecarga e às correntes de curto-circuito, para que o aquecimento daí resultante não seja exagerado para os materiais que constituem os condutores, conforme disposto no artigo 20º *"Aquecimento dos condutores"* do RSRLEAT [21].

4.5.4 Resistência mecânica

Para o cálculo da resistência mecânica dos condutores das linhas eléctricas dos parques de formação TET, deverá ser observado o descrito nas subsecções abaixo.

4.5.4.1 Hipóteses de cálculo

Para o cálculo dos condutores nus das linhas eléctricas, considerando a hipótese mais desfavorável, em conformidade som o disposto com artigo 21º *"Hipóteses de cálculo"* do RSRLEAT [21], obtido para as hipóteses seguintes:

a) Fora de zona de gelo:
   1. Temperatura de $+15°C$ e vento máximo habitual;
   2. Temperatura de $-5°C$ e vento reduzido;

b) Em zonas de gelo:
   1. Temperatura de $+15°C$ e vento máximo habitual;
   2. Temperatura de $-10°C$, manga de gelo e vento reduzido actuando sobre os condutores e cabos guarda com manga de gelo.

4.5.4.2 Força de rotura dos condutores e dos tensores

A força de rotura dos condutores nus das linhas não deverá ser inferior a 5 kN, para os tensores das linhas em cabo isolado a força de rotura não deverá ser inferior a 40 kN, conforme disposto no artigo 23º *"Força de rotura dos condutores e dos tensores"* do RSRELAT [21].

4.5.4.3 Tensões máximas de tracção

Para as hipóteses de cálculo mais desfavorável, considerada no ponto 3.5.4.2 da presente dissertação, as tensões máximas de tracção admissíveis para os condutores nus e para os tensores das linhas não deverão ser superiores ao quociente das suas tensões de rotura por 2,5, conforme disposto no artigo 24º *"Tensões máximas de tracção"* do RSRELAT [21].

4.5.5 Distâncias de segurança a respeitar

Para a construção e execução das linhas eléctricas dos parques de formação TET, deverão ser respeitadas as distâncias de segurança descritas nas subsecções abaixo.

4.5.5.1 Distâncias dos condutores ao solo

Com excepção de outros casos descritos na presente dissertação em que a distância se preveja maior, deverá observar-se, entre os condutores nus das linhas e o solo, nas condições de flecha máxima, desviados ou não pelo vento, em conformidade com o descrito pelo artigo 27º *"Distância dos condutores ao solo"* do RSRELAT [21], uma distância não inferior à dada pela expressão 3.11.

$$D = 6{,}0 + 0{,}005 \times U \tag{3.11}$$

Onde:

- D – é a distância, arredondada ao decímetro, expressa em metros;
- U – é a tensão nominal da linha, expressa em kilovolts.
- Recomenda-se que o valor da distância D, nas condições acima elencadas, não seja inferior a 7 m.

4.5.5.2 Distância dos condutores às árvores

A distância dos condutores nus das linhas, nas condições de flecha máxima, desviados ou não pelo vento, e as árvores, deverá observar-se, em conformidade com o descrito pelo artigo 28º *"Distância dos às árvores"* do RSRELAT [21], uma distância não inferior à dada pela expressão 3.12.

$$D = 2{,}0 + 0{,}0075 \times U \tag{3.12}$$

Onde:

- D – é a distância, arredondada ao decímetro, expressa em metros;
- U – é a tensão nominal da linha, expressa em kilovolts.
- O valor da distância D, nas condições acima descritas, não deverá ser inferior a 2,5 m.

Para além do respeito da distância D, dos condutores nus das linhas e as árvores, deverá ser observado o seguinte:

a) Estabelecer-se ao longo das linhas uma faixa de serviço com uma largura de 5 m, dividida ao meio do eixo da linha, na qual se efectuará o corte e decote de árvores necessários para tornar possível a sua montagem e conservação.
b) Para efeitos de aplicação da alínea a), por forma a garantir a segurança de exploração das linhas, deverá ser definida a zona de protecção com as larguras seguintes:
    a. 15 m, para linhas de 2ª classe;
    b. 25 m, para linhas de 3ª classe de tensão nominal igual ou inferior a 60 kV;
    c. 45 m, para linhas de 3ª classe de tensão nominal superior a 60 kV.

4.5.5.3 Distância dos condutores aos edifícios

Na proximidade dos edifícios, as linhas deverão ser estabelecidas por forma a observar-se, em conformidade com tudo o disposto no artigo 29º *"Distância dos condutores aos edifícios"* do RSRELAT [21], nas condições de flecha máxima, o seguinte:

a) Em relação a coberturas, chaminés e todas as partes salientes susceptíveis de serem normalmente escaladas por pessoas (externas ao parque de formação TET), os condutores nus deverão ficar, desviados ou não pelo vento, a uma distância não inferior à dada pela expressão 3.13.

$$D = 3{,}0 + 0{,}0075 \times U \tag{3.13}$$

Onde:

- D – é a distância, arredondada ao decímetro, expressa em metros;
- U – é a tensão nominal da linha, expressa em kilovolts.
- O valor da distância D, nas condições acima descritas, não deverá ser inferior a 4 m.

4.5.5.4 Distância dos condutores entre si

Os condutores nus deverão ser estabelecidos por forma a não se aproximarem perigosamente, atendendo às oscilações provocadas pelo vento, em conformidade com tudo o disposto no artigo 31º *"Distância entre os condutores"* do RSRELAT [21], não devendo entre eles observar-se uma distância inferior à dada pelas expressões, 3.14 e 3.15:

– Para linhas de 2ª classe:

$$D = 0{,}75 \times k \times \sqrt{f + d} + \frac{U}{200} \tag{3.14}$$

– Para linhas de 3ª classe:

$$D = k \times \sqrt{f + d} + \frac{U}{150} \tag{3.15}$$

Onde:

- D – é a distância, arredondada ao decímetro, expressa em metros;
- U – é a tensão nominal da linha, expressa em kilovolts.
- f – é a flecha máxima dos condutores, expressa em metros;
- d – é o comprimento da cadeia de isoladores susceptíveis de oscilarem transversalmente à linha;
- 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.

No entanto em qualquer das situações acima descritas o valor não deverá ser inferior ao seguinte:

a) 0,45 m, para linhas de 2ª classe;
b) 1 cm/kV, com um mínimo de 0,5 m, para linhas de 3ª classe.

4.5.5.5 Distância entre os condutores e os apoios

A distância entre condutores nus das linhas e os apoios, em conformidade com o disposto no artigo 33º "Distância entre os condutores e os apoios" do RSRELAT [21], deverá ser verificada nas duas hipóteses seguintes:

a) Condutores em repouso, à temperatura mais desfavorável;
b) Condutores desviados sob a acção do vento referido no ponto 3.5.2.2 da presente dissertação.

Esta distância D, não deverá ser inferior à obtida através das expressões 3.16 e 3.17.

– Para condutores nus em repouso:

$$D = 0{,}10 + 0{,}0065 \times U \tag{3.16}$$

– Para condutores nus desviados pelo vento:

$$D = 0{,}0065 \times U \tag{3.17}$$

Onde:

- D – é a distância, arredondada ao decímetro, expressa em metros;
- U – é a tensão nominal da linha, expressa em kilovolts.
- O valor da distância D, nas condições acima descritas, não deverá ser inferior a 0,15 m.

4.5.6 Fixação dos condutores nus aos isoladores

Para a construção e execução das linhas eléctricas dos parques de formação TET, na fixação dos condutores nus aos isoladores, deverão ser respeitadas as disposições descritas nas subsecções abaixo.

4.5.6.1 Materiais dos acessórios de fixação

Os materiais de fixação dos condutores aos isoladores deverão ser de material que, em contacto com os condutores nus ou com outros acessórios, não origine corrosão, esses materiais dos acessórios, quendo de ferro ou de aço não inoxidável, deverão ser protegidos contra a corrosão por meio de um revestimento eficaz, conforme o descrito no artigo 34º *"Materiais dos acessórios de fixação"* do RSRELAT [21].

4.5.6.2 Fixação dos condutores nus e isoladores

Na fixação dos condutores nus aos isoladores deverão ser utilizados o seguinte:

a) Isoladores rígidos, conforme artigo 35º *"Fixação dos condutores nus e isoladores rígidos"* do RSRELAT [21]:

Fixação por meio de filaças outros acessórios de fixação apropriados.

b) Isoladores de cadeia, conforme artigo 36º *"Fixação dos condutores nus a isoladores de cadeia"* do RSRELAT [21]:

Fixação por meio de pinças ou outros acessórios de fixação apropriados.

4.5.6.3 Características dos acessórios de isoladores de cadeia

Os acessórios de isoladores de cadeia, deverão possuir, força de rotura não inferior a 2,5 vezes a máxima força a que possam estar sujeitos pela acção dos condutores, conforme descrito no artigo 37º *"Características dos acessórios de isoladores de cadeia"* do RSRELAT [21].

4.5.7 Cabos de guarda

Na instalação de cabos de guarda para a construção e execução das linhas eléctricas dos parques de formação TET, em termos das suas características, estabelecimento, e sua resistência mecânica, deverão obedecer a tudo o descrito na secção VII *"Cabos de guarda"* do RSRELAT [21].

4.5.8 Isoladores e travessas isolantes para as linhas aéreas

Na utilização de isoladores e travessas para a construção e execução de linhas eléctricas dos parques de formação TET, em termos de materiais dos isoladores, suas características, tipo de utilização e utilização das travessas, deverão ser observados, a tudo o disposto na secção VIII *"Isoladores e travessas para as linhas eléctricas"* do RSRELAT [21].

4.5.9 Apoios para linhas aéreas

Na utilização de apoios para as linhas aéreas para a construção e execução dos parques de formação TET, deverão ser respeitadas as disposições descritas nas subsecções abaixo.

4.5.9.1 Disposições gerais

A instalação dos apoios deverá obedecer ao seguinte:

a) Materiais, conforme o disposto no artigo 51º *"Materiais dos apoios"* do RSRELAT [21]:

Os apoios serão de aço, betão armado ou de madeira, carecendo o emprego de outros materiais de autorização prévia da DGEG.

b) Tensões de segurança, conforme o disposto no artigo 52º *"Tensões (mecânicas) de segurança"* do RSRELAT [21]:

As tensões de segurança a adoptar para os materiais dos apoios serão os indicados nas normas nacionais para os materiais nelas considerados ou, na sua falta, as adoptadas nas estruturas constituídas por esses materiais em situações equivalentes.

c) Protecção dos apoios contra a degradação, conforme o disposto no artigo 53º "Protecção dos apoios contra a degradação" do RSRELAT [21]:

Os apoios deverão ser protegidos, quando necessário, contra a corrosão e outras formas de degradação.

d) Numeração dos apoios, conforme o disposto no artigo 54º *"Numeração dos apoios"* do RSRELAT [21]:

1. Os apoios deverão possuir uma inscrição, durável e visível, com o número indicativo da sua posição na linha;
2. Quando os apoios possuírem maciço de betão, poderá a inscrição referida no ponto anterior fazer-se no próprio maciço, desde que seja durável e visível.

e) Sinalização de segurança, conforme o disposto no artigo 55º *"Sinalização de segurança"* do RSRELAT [21]:

Nos apoios das linhas deverão ser afixadas, em locais bem visíveis, uma ou mais placas de sinalização de segurança, de dimensões apropriadas.

4.5.10 Resistência mecânica dos apoios das linhas em condutores nus

Para o cálculo da resistência mecânica dos apoios das linhas em condutores nus, deverão ser observados as hipóteses de cálculo por tipo de posição de apoio, elencados nas subsecções abaixo.

4.5.10.1 Apoios de alinhamento

Para os apoios de alinhamento das linhas em condutores nus, em conformidade com tudo o disposto no artigo 56º *"Hipóteses de cálculo dos apoios de alinhamento"* do RSRELAT [21], deverão ser utilizadas as hipóteses de cálculo, em função dos tipos de acções, as abaixo descritas:

a) Acções normais:
    a. Hipótese 1:
        i. A sobrecarga de vento acentuando, normalmente à direcção da linha, sobre o apoio, as travessas e os isoladores e sobre os condutores e os cabos de guarda nos dois meios vãos adjacentes ao apoio;
        ii. Simultaneamente, a resultante das componentes horizontais das tracções dos condutores e dos apoios de guarda;
        iii. Simultaneamente, o peso próprio do apoio, das travessas, dos isoladores, dos condutores e dos cabos de guarda.
    b. Hipótese 2:
        i. A força horizontal, de valor igual a um quinto do da resultante das forças provenientes da acção do vento normal à direcção da linha sobre os condutores e os cabos de guarda nos dois meios vãos adjacentes ao apoio, actuando no eixo do apoio, na direcção da linha, à altura daquela resultante;
        ii. Simultaneamente, o peso próprio do apoio, das travessas, dos isoladores, dos condutores e dos cabos de guarda.
b) Acções excepcionais – não serão de considerar neste tipo de apoio.

4.5.10.2 Apoios de ângulo

Para os apoios de ângulo das linhas em condutores nus, em conformidade com tudo o disposto no artigo 57º *"Hipóteses de cálculo dos apoios de ângulo"* do RSRELAT [21], deverão ser utilizadas as hipóteses de cálculo, em função dos tipos de acções, as abaixo descritas:

a) Acções normais:
    a. Hipótese 1:
        i. A sobrecarga de vento actuando, segundo a direcção da bissectriz do ângulo, sobre o apoio, as travessas e os isoladores e sobre os condutores e os cabos de guarda nos meios vãos adjacentes ao apoio;
        ii. Simultaneamente, a resultante das componentes horizontais das tracções exercidas pelos condutores e pelos cabos de guarda à

temperatura de + 15 °C, com vento actuando segundo a direcção da bissectriz do ângulo;

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

b. Hipótese 2:

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

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

c) Acções excepcionais – não serão de considerar neste tipo de apoio.

4.5.10.3 Apoio de derivação

Para os apoios de derivação das linhas em condutores nus, em conformidade com tudo o disposto no artigo 58º *"Hipóteses de cálculo dos apoios de derivação"* do RSRELAT [21], deverão ser utilizadas as hipóteses de cálculo, em função dos tipos de acções, as abaixo descritas:

b) Acções normais:

a. Hipótese 1:

i. A sobrecarga de vento actuando, normalmente à direcção da linha principal se o poio for de alinhamento ou segundo a direcção da bissectriz do ângulo, sobre o apoio, as travessas e os isoladores e sobre os condutores e os cabos de guarda da linha principal nos meios vãos adjacentes ao apoio;

ii. Simultaneamente, a sobrecarga de vento actuando, com a direcção anteriormente considerada, sobre os condutores e os cabos de guarda no meio vão adjacente das linhas derivadas;

iii. Simultaneamente, a resultante das componentes horizontais das tracções exercidas pelos condutores e pelos cabos de guarda da linha principal e das linhas derivadas à temperatura de + 15 °C, com vento actuando segundo a direcção atrás considerada;

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

b. Hipótese 2:

i. A sobrecarga de vento actuando, na direcção da linha principal se o apoio for de alinhamento ou segundo a normal da bissectriz do ângulo da linha principal se o apoio for de ângulo, sobre o apoio, as travessas e os isoladores e sobre os condutores e os cabos de guarda da linha principal nos dois meios vãos adjacentes ao apoio;

ii. Simultaneamente, a sobrecarga de vento actuando, com a direcção anteriormente considerada, sobre os condutores e os cabos de guarda no meio vão adjacente das linhas derivadas;

iii. Simultaneamente, a resultante das componentes horizontais das tracções exercidas pelos condutores e pelos cabos de guarda da linha principal e das linhas derivadas à temperatura de + 15 °C, com vento actuando segundo a direcção atrás considerada;

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

d) Acções excepcionais – não serão de considerar neste tipo de apoio.

4.5.10.4 Apoios de fim de linha

Para os apoios de fim de linha das linhas em condutores nus, em conformidade com tudo o disposto no artigo 59º *"Hipóteses de cálculo dos apoios de fim de linha"* do RSRELAT [21], deverão ser utilizadas as hipóteses de cálculo, em função dos tipos de acções, as abaixo descritas:

a) Acções normais:

a. Hipótese 1:

i. A sobrecarga de vento actuando, normalmente à direcção da linha, sobre o apoio, as travessas e os isoladores e sobre os condutores e os cabos de guarda da linha principal no meio vão adjacente ao apoio;

ii. Simultaneamente, a resultante das tracções exercidas pelos condutores e pelos cabos de guarda à temperatura de + 15 °C, com vento actuando segundo a direcção atrás considerada;

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

b) Acções excepcionais:

a. Hipótese 2:

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

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

4.5.10.5 Zonas de gelo

No estabelecimento de linhas de parques de formação TET, em zonas de gelo, os postes deverão ser calculados tomando e conta os esforços suplementares daí resultantes, conforme o disposto no artigo 65º *"Zonas de gelo"* do RSRELAT [21].

4.5.10.6 Dimensionamento das travessas

As travessas deverão ser dimensionadas para as solicitações que os condutores lhe transmitirem nas hipóteses de cálculo dos respectivos apoios, em conformidade com tudo o descrito no artigo 66º *"Dimensionamento das travessas"* do RSRELAT [21].

4.5.11 Fundações dos apoios

Para o cálculo das fundações dos apoios das linhas em condutores nus, deverão ser observados o disposto nas subsecções abaixo.

4.5.11.1 Fundações de postes

Os postes deverão ser implantados directamente ao solo ou consolidados por fundações adequadas, de modo a ficar assegurada a estabilidade correspondente às solicitações actuantes e à natureza do solo, em conformidade com o disposto no artigo 73º *"Fundações de postes"* do RSRELAT [21], sendo que, na sua implantação deverão obedecer à profundidade de enterramento resultante obtida expressão 3.18.

$$h_e = 0{,}10 \times H + 0{,}50 \tag{3.18}$$

Onde:

- h_e – é a profundidade de enterramento, arredondada ao decímetro, expressa em metros;
- H – é a altura total do poste, expressa em metros.
- Para postes de altura total superior a 15 m admitir-se-ão profundidades de enterramento menores à resultante da expressão anterior, mas nunca inferior a 2 m, desde que seja devidamente justificada a estabilidade de poste.

4.5.11.2 Cálculo de fundações

As fundações dos apoios das linhas dos parques de formação TET, em conformidade com o disposto no artigo 74º *"Cálculo das fundações"* do RSRELAT [21], deverão ser calculadas tendo em consideração o seguinte:

a) Nas fundações cuja estabilidade se basear principalmente nas reacções verticais do terreno deverá considerar-se um coeficiente de segurança ao derrubamento, a justificar conforme o método utilizado, não inferior a:
    a. 1,5, para solicitações normais;
    b. 1,25, para solicitações excepcionais.
b) Nas fundações cuja estabilidade se basear principalmente nas reacções horizontais do terreno a inclinação dos apoios, em consequência do deslocamento das fundações, não deverá ser superior a 1 %.

Deverão ser avaliadas as características do terreno nos locais de implantação ou, no caso de não se dispor das características, poderão ser utilizados os valores indicados no quadro 5.1 *"Características de terreno para efeitos de cálculo de fundações"* do RSRELAT [21].

4.5.12 Linhas subterrâneas e acessórios

Na construção e execução de linhas subterrâneas e respectivos acessórios dos parques de formação TET, deverão ser respeitadas as disposições descritas nas subsecções abaixo.

4.5.12.1 Disposições comuns

A instalação das linhas subterrâneas e seus acessórios dos parques de formação TET, deverão obedecer ao seguinte:

a) Características dos cabos, conforme o disposto no artigo 75º *"Características dos cabos"* do RSRELAT [21]:
    1. Os cabos a utilizar nas linhas subterrâneas deverão deter isolamento adequado às características da rede, ser dotados de bainha metálica, blindagem ou armadura, ter resistência mecânica suficiente para suportar as acções a que possam estar submetidos e ser dotados de bainha exterior resistente à corrosão.
    2. As secções das almas condutoras deverão ser escolhidas tendo em consideração as correntes em regime permanente e as correntes defeito previsíveis, bem como os materiais usados no isolamento dos cabos e os tempos de actuação das protecções.
    3. As restantes componentes de um cabo subterrâneo susceptíveis de serem percorridas por correntes de defeito deverão poder suportar essas correntes nas condições referidas no ponto anterior.
b) Disposições a considerar, conforme o disposto no artigo 76º "Disposições gerais" do RSRELAT [21]:
    1. O raio de curvatura dos cabos, quando instalados, não deverá ser inferior a 10 vezes o seu diâmetro exterior. Se os cabos forem isolados por material impregnado por líquido e tiverem bainha de chumbo, o raio de curvatura atrás referido não deverá ser inferior a 15 vezes o seu diâmetro exterior.
    2. Quando forem utilizados cabos unipolares, as braçadeiras e tubos que não envolvam o conjunto dos cabos de todas as fases que constituem o circuito não deverão ser de, nem conter, material magnético.
c) Ligações dos cabos subterrâneos e caixas, conforme o disposto no artigo 77º *"Caixas e ligações dos cabos subterrâneos"* do RSRELAT [21]:
    1. As caixas de cabos subterrâneos deverão garantir o isolamento e a estanquidade dos cabos e assegurar a continuidade das suas armaduras, bainhas e blindagens, metálicas, quando existam. Dispensar-se-á esta continuidade se houver contra-indicação por motivo de corrosão

electrolítica e quando as caixas forem especificamente concebidas para permitirem a sua separação.

2. As ligações (junções e derivações) de cabos subterrâneos deverão ser realizados em caixas que obedeçam ao disposto no número anterior, podendo, porém, empregar-se outro sistema apropriado à natureza do cabo.
3. As extremidades dos cabos, quando não terminarem em aparelhos, quadros ou caixas de fim de cabo, deverão ser dotadas de acessórios apropriados, com vista a evitar possíveis deteriorações ou avarias.

d) Plantas das linhas, conforme o disposto no artigo 78º *"Plantas das linhas subterrâneas"* do RSRELAT [21]:

A entidade detentora da instalação do parque de formação TET, deverá possuir plantas e outros desenhos das linhas subterrâneas, actualizados e pormenorizados, que permitam a fácil localização dos cabos no terreno.

4.5.13 Linhas enterradas

As linhas enterradas, em termos do seu estabelecimento, profundidade de enterramento e sua correta sinalização, dos parques de formação TET, deverão ser respeitadas as disposições descritas nas subsecções abaixo.

4.5.13.1 Estabelecimento

No estabelecimento das linhas enterradas, em conformidade com o disposto no artigo 79º *"Condições de estabelecimento"* do RSRELAT [21], deverá ser observado o seguinte:

a) Os cabos deverão assentar em fundo de valas convenientemente preparado. Os cabos nas valas deverão ficar envolvidos em areia adequada, ou em terra fina ou cirandada;
b) Os cabos que não tenham armadura, quando enterrados directamente no solo, deverão ser instalados de forma que sejam satisfeitas as condições do número anterior e ainda ser protegidos por dispositivos que lhes assegurem uma protecção mecânica suplementar, não inferior à classe M_7, contra as avarias que lhes poderão ocasionar abatimentos de terra, o contacto com corpos duros e o choque com ferramentas manuais;
c) Em opção ao indicado no número anterior, os cabos poderão ser enfiados em manilhas de betão, em tubos ou condutas de betão ou de fibrocimento ou de

material plástico, em blocos de betão perfurados ou em matérias equivalentes que assegurem uma protecção mecânica não inferior à da classe M_7;

d) Se a canalização for constituída por cabos unipolares formando um sistema trifásico, estes deverão ser agrupados por forma a reduzirem ao mínimo a sua impedância.

4.5.13.2 Profundidade de enterramento

A profundidade de enterramento dos cabos, em conformidade com o disposto no artigo 80º *"Profundidade de enterramento dos cabos"* do RSRELAT [21], deverá obedecer ao seguinte:

a) A profundidade mínima de enterramento dos cabos, quer enterrados directamente ao solo, quer instalados em tubos ou em condutas, deverá ser, para os cabos de linhas de 2ª classe, de 1 m quando montados sob faixas de rodagem e de 0,7 m em todos os outros locais. Os cabos de linhas de 3ª classe deverão ser enterrados a uma profundidade mínima de 1,2 m quando montados sob faixas de rodagem e de 1 m em todos os outros casos;

b) As profundidades indicadas no número anterior poderão ser reduzidas em casos especiais em que a dificuldade de execução o justifique, sem prejuízo da conveniente protecção dos cabos;

c) A posição relativa das canalizações eléctricas enterradas em relação aos edifícios e às demais canalizações que possam existir nas proximidades (água, esgotos, telecomunicações e gás) deverá ser fixada na respectiva especificação técnica.

4.5.13.3 Sinalização

A sinalização de cabos enterrados, em conformidade com o disposto no artigo 81º *"Sinalização de cabos enterrados"* do RSRELAT [21], deverá obedecer ao seguinte:

a) Os cabos enterrados deverão ser sinalizados por meio de dispositivo de aviso colocado por cima deles, pelo menos a:
    a. 0,1 m, se constituído por tijolos ou por placas de betão, de lousa ou de materiais equivalentes;
    b. 0,2 m, se constituído por redes metálicas plastificadas ou de material plástico, de cor vermelha.

b) Nos cabos instalados de acordo com a alínea c) do ponto 3.5.13.1 da presente dissertação, poderá dispensar-se a colocação do dispositivo de aviso referido na alínea anterior;
c) Se na mesma vala houver vários cabos, estes deverão ser identificáveis de maneira inequívoca para que possam individualizar-se com facilidade em todo o percurso.

4.5.14 Transição linha aérea para linha subterrânea

Na junção de uma linha aérea com uma linha subterrânea deverão ser colocados descarregadores de sobretensões, a fim de evitar a transição de sobretensões, conforme o disposto no artigo 83º *"Transição de linha aérea-linha subterrânea"* do RSRELAT [21].

4.5.15 Terras

As ligações à terra das linhas de instalações de parque de formação TET, deverão obedecer ao disposto nas subsecções seguintes.

4.5.15.1 Ligação à terra dos apoios metálicos e de betão armado

A ligação à terra dos apoios metálicos e de betão armado, em conformidade com o disposto no artigo 147º *"Ligações à terra dos apoios metálicos e de betão armado"* do RSRELAT [21], deverão obedecer ao seguinte:

a) Os apoios metálicos e de betão armado deverão ser individualmente ligados à terra por intermédio de eléctrodo de terra. Sendo que nos casos devidamente justificados, os eléctrodos de terra dos apoios deverão ser interligados a anel de terra da infraestrutura eléctrica do parque de formação, tendo neste caso o anel de terra um valor igual ou inferior a 1 Ω, em todos os restantes casos o valor da resistência de terra do eléctrodo do apoio não deverá ser superior a 20 Ω.
b) Os suportes metálicos dos isoladores, no caso de apoios de betão armado, deverão ser ligados à terra dos próprios apoios.

4.5.15.2 Ligação à terra dos cabos isolados

A ligação à terra dos cabos isolados deverá, em conformidade com o disposto no artigo 149 *"Ligação à terra dos cabos isolados"* do RSRELAT [21], obedecer ao seguinte:

a) As blindagens equipotenciais de cada um dos cabos de fase deverão ser ligadas à terra em cada extremidade de linha, assim como em cada poste no qual haja uma junção ou uma derivação;
b) O tensor de aço deverá ser ligado à terra em cada extremidade da linha, assim como em cada amarração. As ligações à terra das bainhas e do tensor não deverão distar entre si mais de 1 km.

4.5.15.3 Ligação à terra de aparelhagem de corte ou de manobra

A ligação à terra de aparelhagem de corte ou de manobra, conforme o disposto no artigo 150º *"Ligação à terra de aparelhagem de corte ou de manobra"* do RSRELAT [21], deverá obedecer ao seguinte:

a) A estrutura metálica dos aparelhos de corte ou de manobra estabelecidos em apoios deverá ser ligada à terra dos apoios ou dos componentes metálicos dos isoladores;
b) Na base do apoio deverá existir, ligada à terra do apoio, uma malha ou plataforma equipotencial com o punho de comendo da aparelhagem de corte ou de manobra e colocada por debaixo deste punho.

4.5.15.4 Ligações à terra das blindagens e das armaduras

As ligações à terra das blindagens, armaduras e as bainhas metálicas dos cabos, assim como as caixas de fim de cabo, quando metálicas, e os descarregadores de sobretensões, montados em apoios, deverão ser efectuadas à do próprio apoio, conforme o disposto no artigo 151º *"Ligações à terra das blindagens, das armaduras, das bainhas metálicas e das caixas terminais dos cabos isolados e dos descarregadores de sobretensões, montados em apoios"* do RSRELAT [21].

4.5.15.5 Características dos condutores de terra

As características dos condutores de terra deverão, em conformidade com o disposto no artigo 152º "Características dos condutores de terra" do RSRELAT [21], obedecer ao seguinte:

a) Os condutores de terra deverão ser de cobre, aço galvanizado ou de outro material adequado, resistente à corrosão pelo terreno, de boa condutibilidade eléctrica e amplamente dimensionados para as correntes de terra previsíveis;

b) Os condutores de terra dos descarregadores de sobretensões, bem como a sua protecção mecânica, quando exista, não poderão ser de material magnético.

4.5.15.6 Dimensões mínimas dos condutores de terra

Os condutores de terra, não deverão ter secção nominal inferior a 16 mm^2, fora do solo, nem inferior a 35 mm^2, na parte enterrada, se de cobre, ou no caso de outro material, deverão ter pelo menos secção electricamente equivalente. Quando se utilizarem condutores sob a forma de fita, a sua espessura não deverá ser inferior a 2mm para o cobre e a 3 mm para o aço galvanizado, conforme o disposto no artigo 153º *"Dimensões mínimas dos condutores de terra"* do RSRELAT [21].

4.5.15.7 Ligação dos condutores de terra aos eléctrodos de terra

Na ligação dos condutores de terra aos eléctrodos de terra, conforme o disposto no artigo 155º *"Ligação dos condutores de terra aos eléctrodos de terra"* do RSRELAT [21], deverá ser observado o seguinte:

a) Os eléctrodos de terra deverão ser dotados de ligadores robustos destinados a receber o condutor de terra, fixados aos eléctrodos por processo que garanta a continuidade e a permanência da ligação;
b) Os ligadores deverão ser soldados aos eléctrodos de terra por meio de soldadura adequada ou fixados por rebitagem ou por meio de aperto mecânico de construção robusta e com dispositivo de segurança contra desperto acidental;
c) Quando a ligação do condutor de terra ao eléctrodo for efectuada por meio de soldadura adequada, poderá dispensar-se a existência de ligadores;
d) A ligação dos condutores de terra aos eléctrodos deverá ainda ser efectuada para que:
    a. Se garanta que a natureza ou o revestimento desses elementos não dê origem a corrosão electrolítica, quando na ligação intervenham metais diferentes em contacto;
    b. A zona de ligação esteja isolada da humidade por uma camada protectora constituída por material impermeável e durável (massa isolante e tinta plástica), sempre que se receie a possibilidade de corrosão electrolítica.

4.6 Subestações, postos de transformação e seccionamento

Como já anteriormente referidos, as redes de distribuição de energia eléctrica interior de alta tensão dos parques de formação TET, serão realizadas com o objectivo de proporcionar aos seus utilizadores (formadores e formandos) uma infraestrutura que corresponda aos requisitos definidos neste caso ao RSSPTS [22], em condições de qualidade e segurança necessária para a realização dos trabalhos em tensão (formação), no alinhamento do descrito no artigo 1º *"Objectivo"* do RSSPTS [22]. As instalações dos parques de formação TET, aqui nesta secção designadas abreviadamente por "instalações" obedecerão ao RSSPTS [22], tendo como descrito no artigo 2º *"Campo de aplicação"* do mesmo regulamento, aplicação às subestações e aos postos de transformação e de seccionamento a estabelecer nos parques de formação TET. As instalações, deverão ser dimensionadas em conformidade com o exposto nesta secção da presente dissertação, onde são elencados os requisitos de instalação e dos equipamentos, indo ao encontro dos requisitos obrigatórios, na parte aplicável e às demais prescrições em vigor, descritos no (RSSPTS) Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento.

4.6.1 Definições

Conforme o disposto no ponto 1.3 "Definições" do RSSPTS [22], há algumas definições que têm que ser tomadas em consideração para as instalações, neste caso as dispostas nos pontos seguintes.

4.6.1.1 Subestação

Uma subestação é uma instalação de alta tensão destinada a algum ou alguns dos fins, conforme descrito no artigo 5º *"Subestação"* do RSSPTS [22], seguintes:

a) Transformação da corrente eléctrica por um ou mais transformadores estáticos, quando o secundário de um ou mais desses transformadores se destine a alimentar postos de transformação ou outras subestações;
b) Transformação da corrente por rectificadores, onduladores, conversores ou máquinas conjugadas;
c) Compensação do factor de potência por compensadores síncronos ou condensadores.

4.6.1.2 Posto de transformação

Um posto de transformação é uma instalação de alta tensão destinada à transformação da corrente eléctrica por um ou mais transformadores estáticos, quando a corrente secundária de todos os transformadores for utilizada directamente nos receptores, podendo incluir condensadores para compensação do factor de potência, conforme descrito no artigo 6º *"Postos de transformação"* do RSSPTS [22].

4.6.1.3 Posto de seccionamento

Um posto de seccionamento, é uma instalação de alta tensão destinada a operar o seccionamento de linhas eléctricas, conforme descrito no artigo 6º *"Postos de transformação"* do RSSPTS [22].

4.6.2 Convenções

Nas instalações, há a necessidade de estabelecer algumas convenções, neste caso, em conformidade com o disposto no artigo 32º *"Cor dos condutores"* do RSSPTS [22], a seguinte:

a) Cor dos condutores – Os condutores nus, a fim de diferenciá-los quando à polaridade, fase ou função e de tomar as ligações mais compreensíveis, deverão ser pintados ou revestidos com as cores:
    a. Corrente trifásica: fases A, B e C – encarnado, verde e amarelo;
    b. Corrente bifásica: fases A e B – encarnado e verde;
    c. Corrente monofásica – encarnado e roxo ou, se ligado à terra, branco;
    d. Corrente contínua – positivo P e negativo N – alaranjado e azul;
    e. Neutro N e condutor médio M, isolados – roxo;
    f. Neutro N e condutor médio M, ligados à terra – branco;
    g. Terras:
        i. De protecção – preto;
        ii. De serviço (neutro) – branco;
        iii. De serviço condutor de energia ligado à terra – listas brancas de 10 mm, espaçadas de 500 mm, pintadas sobre a cor característica;
        iv. Geral – cinzento.

h. Os condutores deverão, em regra, ser pintados ou revestidos em toda a sua extensão; nas instalações exteriores poderão, porém, ser pintados ou revestidos unicamente junto das ligações aos aparelhos. Nos sistemas trifásicos recomenda-se que a ordem indicada para os condutores de fase corresponda a uma sucessão circular de tensões instantâneas, de forma que a tensão do condutor de fase A esteja avançada em à do condutor de fase B e esta avançada em relação à do condutor de fase C.

4.6.3 Disposições gerais

As disposições gerais a considerar nas instalações das subestações e dos postos de transformação e seccionamento, deverão ser as elencadas nesta secção da presente dissertação.

4.6.3.1 Acessibilidade

As instalações deverão ser inacessíveis sem meios especiais ou somente acessíveis a pessoal devidamente instruído para o serviço, ou na sua presença; quando sejam acessíveis sem meios especiais, ou não vigiadas permanentemente, deverão manter-se fechadas à chave. As portas das subestações ou dos postos serão metálicas e com fechadura mantida sempre em condições de funcionamento eficaz. Deverão abrir para fora, sempre que possível, e estar fechadas quando nas instalações não se encontre pessoa alguma, conforme disposto no artigo 33º *"Acessibilidade"* do RSSPTS [22].

4.6.3.2 Placas de advertência

Nas instalações deverão ser afixadas, em locais bem visíveis do exterior, uma ou mais placas de dimensões não inferiores 12 cm x 20 cm, com uma flecha vermelha em ziguezague e a inscrição "Perigo de morte", durável e bem legível. Recomenda-se a inscrição das iniciais e número de telefone do responsável de exploração da instalação na placa de "Perigo de morte" ou noutra colocada junto dela, conforme o disposto no artigo 34º *"Placas de advertência"* do RSSPTS [22].

4.6.3.3 Numeração dos postos de transformação

Os postos de transformação das instalações, deverão deter em cada um deles um número de ordem e, afixada junto da placa mencionada no ponto anterior, uma inscrição, durável,

com o número que lhe competir, conforme o disposto no artigo 35º *"Numeração dos postos de transformação"* do RSSPTS [22].

4.6.3.4 Disposições das instalações

A disposição das instalações deverá ser o mais simples possível, de forma a permitir uma rápida orientação, e será prevista para facilitar a exploração e as operações de revisão e reparação e de formação, conforme o disposto no artigo 36º *"Disposições das instalações"* do RSSPTS [22], deverá ser igualmente observado o seguinte:

a) No projecto das instalações, recomenda-se, o maior cuidado em não comprometer o carácter artístico ou pitoresco dos locais:
b) Convém que todos os órgãos e aparelhos importantes sejam de acesso fácil e possam ser instalados ou retirados sem dificuldade;
c) Sempre que na mesma instalação existam tensões diversas ou diferentes formas de corrente, as partes da instalação afectas a cada uma delas deverão, tanto quanto possível, ser agrupadas e separadas das outras.
d) A exploração deverá poder ser mantida, tão completamente quanto possível, quando haja necessidade de colocar-se fora de serviço alguma parte da instalação por motivo de avaria, revisão, reparação ou formação.

4.6.3.5 Seccionamento

Nas instalações, as entradas e saídas de linhas, ou cabos, de alta tensão deverão ser equipadas com seccionadores, que serão de corte simultâneo em todas as fases quando essas linhas ou cabos não possuam interruptores na própria instalação. 0s órgãos e aparelhos de alta tensão, quando fora de serviço, deverão poder ficar sem tensão por meio de seccionadores que, de preferência, sejam visíveis de local de fácil acesso, conforme o disposto no artigo 38 "Seccionamento" do RSSPTS [22], devendo ser observado o seguinte:

a) Recomenda-se a utilização de seccionadores com comando mecânico, nas entradas e saídas de linhas, ou cabos, de alta tensão;
b) No caso de o transporte de energia para a instalação se fazer somente num sentido, por uma linha, ou cabo, entrando e saindo, considera-se suficiente o seccionamento

do lado de saída da energia, que se efectuará dentro da instalação, no caso de cabo, e nela ou no primeiro poste, no caso de linha aérea.

c) Nas saídas de linhas, ou cabos, de baixa tensão poderão utilizar-se para seccionamento os órgãos de protecção neles intercalados, desde que permitam uma separação de contactos facilmente visível.

4.6.3.6 Secção, fixação e disposição dos condutores

Os condutores deverão ter secção, número de apoios e disposição convenientes, de forma a assegurar a necessária rigidez mecânica sob os maiores esforços que tenham de suportar, sendo que o diâmetro mínimo admitido para o cobre será de 6 mm para distâncias entre apoios até 1 m e de 8 mm para distâncias superiores a 1 m até 1,5 m, conforme o disposto ao artigo 40º *"Secção, fixação e disposições dos condutores"* do RSSPTS [22].

4.6.3.7 Iluminação

A iluminação dos locais deverá ser suficiente para permitir as operações de exploração, formação assim como a leitura dos aparelhos de medição ou verificação. Os circuitos de iluminação, quando à vista, não poderão atravessar as celas, e os respectivos focos deverão ser dispostos de forma que a substituição das lâmpadas seja possível sem interromper a exploração e sem perigo, conforme o disposto ao artigo 41º *"Iluminação"* do RSSPTS [22].

4.6.3.8 Iluminação de recurso

As instalações deverão possuir um sistema de iluminação de recurso, conservado em perfeito estado de funcionamento e capaz de, em caso de falta do sistema de iluminação principal, permitir circular sem perigo e proceder às manobras e reparações de emergência necessárias, conforme o disposto ao artigo 42º "Iluminação de recurso" do RSSPTS [22].

4.6.3.9 Abertura para ventilação

Sempre que haja aberturas para ventilação acessíveis do exterior, deverão ser previstos resguardos que impeçam a introdução de objectos estranhos e de animais. Esses resguardos, sem prejuízo da ventilação, não deverão permitir atingir partes sob tensão pela introdução de um arame rectilíneo, conforme o disposto ao artigo 43º *"Aberturas para ventilação"* do RSSPTS [22].

4.6.4 Protecções

Deverão existir vários tipos de protecção por forma a garantir a segurança devida ás instalações, sendo as mesmas elencadas nas subsecções seguintes.

4.6.4.1 Protecção contra contactos com peças sob tensão

Deverão ser realizadas protecções contra o contacto com as peças sob tensão, nomeadamente as dispostas nos pontos seguintes.

4.6.4.1.1 Peças acessíveis em baixa tensão

As peças acessíveis em baixa tensão, nas instalações, serão permitidas peças nuas acessíveis em baixa tensão, conforme o disposto no artigo 47º *"Peças sob baixa tensão acessíveis"* do RSSPTS [22]

a) Recomenda-se a limitação aos quadros o emprego de peças nuas acessíveis em baixa tensão.

4.6.4.2 Passagens, largura mínima a estabelecer

As passagens, largura mínima a estabelecer, consideram-se a largura mínima livre das passagens onde existam, num só lado, peças nuas acessíveis sob baixa tensão não poderá ser inferior a 0,80 m, havendo dessas peças nos dois lados, a largura mínima livre da passagem entre elas será de 1,20 m, conforme o disposto no artigo 48º *"Largura mínima das passagens"* do RSSPTS [22].

4.6.4.2.1 Peças em alta tensão

As peças nuas em alta tensão não poderão ser acessíveis sem meios especiais. As protecções contra contactos com peças sob alta tensão deverão obedecer ao disposto no ponto 3.6.6 e 3.6.7 da presente dissertação, conforme o disposto no artigo 49º *"Peças sob alta tensão"* do RSSPTS [22].

4.6.4.2.2 Manobras de órgãos em alta tensão

A manobra de órgãos em alta tensão deverá poder ser realizada do exterior das celas sem que se torne necessário abrir as portas ou, de qualquer forma, modificar a protecção contra

contactos com peças sob alta tensão, conforme o disposto no artigo 50º "Peças sob alta tensão" do RSSPTS [22].

b) Quando existir a necessidade de realização de manobra, a mesma deverá realizar-se sem auxílio de comandos mecânicos, será obrigatória a existência de uma ou mais varas de manobra que permitam efectuá-la sem perigo.
c) Os órgãos de comando dos aparelhos deverão ser dispostos ou protegidos de forma a reduzir ao mínimo o perigo de contacto com partes sob alta tensão.
d) A parte fixa das instalações com aparelhos extraíveis deverá oferecer a mesma protecção contra contactos com peças sob alta tensão, quer esses aparelhos estejam na posição de funcionamento, quer completamente extraídos. Para os aparelhos extraíveis essa protecção só será de considerar quando estejam na posição de funcionamento.

4.6.4.2.3 Instalação de seccionadores

Os seccionadores deverão ser instalados de forma que, na posição de abertura, a acção do peso próprio das facas e dos comandos não se exerça no sentido do fecho. Caso contrário, deverão ser munidos de dispositivo mecânico que impeça o seu fecho intempestivo, conforme o disposto no artigo 51º *"Instalação dos seccionadores"* do RSSPTS [22].

e) Recomenda-se que os seccionadores sejam instalados de modo que as facas não fiquem sob tensão, quando estiverem abertos.

4.6.4.3 Terras

Na instalação e estabelecimento das terras deverão ser observados os pontos seguintes.

4.6.4.3.1 Terra de protecção

Nas instalações deverá existir sempre uma, e só uma, terra de protecção, conforme o disposto no artigo 52º *"Terra de protecção"* do RSSPTS [22], à qual se ligarão:

a) As carcaças, tinas, revestimentos e suportes metálicos dos aparelhos, grades, redes e outros dispositivos metálicos de resguardo, a ferragem de apoio e fixação, os painéis metálicos dos quadros, as canalizações metálicas, a estrutura metálica dos edifícios e as bainhas metálicas dos cabos de alta e baixa tensão;

a. Recomenda-se a ligação à terra de protecção das estruturas de betão armado dos edifícios das instalações, a qual não se julga, porém, de exigir, por ser, em regra, relativamente dispendiosa para ter eficiência.

b) Os circuitos de baixa tensão ou de telecomunicação, incluindo os seus limitadores de tensão, quando não saiam da zona de influência da terra de protecção, ou quando os circuitos de alta tensão não ultrapassem os limites da instalação e tenham o neutro isolado ou ligado à terra de protecção;

c) Os enrolamentos secundários dos transformadores de medida em alta tensão;

d) As partes da instalação desligadas, para execução de trabalhos;

e) Os fios de guardas das linhas de alta tensão nas instalações onde o neutro esteja isolado;

f) Os pára-raios de alta tensão.

g) Qualquer parte metálica que, por motivos especiais, não possa ser ligada à terra de protecção deverá considerar-se sob a tensão de serviço da parte da instalação a que diz respeito; neste caso, deverá ser sempre inacessível, sem ajuda de meios especiais, ou somente acessível de locais isolados para a referida tensão de serviço.

h) As portas ou vedações metálicas que limitam o recinto dos postos ou subestações não carecem de ligação à terra de protecção quando não estejam na zona de influência desta terra, devendo, neste caso, evitar-se a continuidade metálica, de tais vedações em grande extensão. No caso contrário, as portas e vedações serão ligadas à terra de protecção, tornando-se então obrigatório que eléctrodos de tal terra se estendam ao longo de toda a vedação e sempre muito perto dela.

a. Para eliminar o perigo das tensões de contacto, no que se refere a portas e vedações metálicas, poder-se-á optar por um dos dois processos gerais: ou fazer com que tomem o mesmo potencial do terreno adjacente, mais ou menos condutor, ou revestir este com um piso isolante (por exemplo, uma camada bem drenada de brita). De qualquer forma, porém, surgirá o problema de ligar ou não essas portas metálicas à terra de protecção. No caso de as vedações e portas se encontrarem na zona de influência da terra de protecção, é justificável proceder à ligação a essa terra e até convirá estender um eléctrodo, ligado ao mesmo circuito, nas vizinhanças das vedações. Caso contrário, estará mais indicado deixar as vedações tomar o potencial do solo adjacente e, na hipótese de não seguirem uma linha equipotencial, subdividi-las em partes isoladas umas das outras e em

contacto com o solo. Raramente, porém, se justifica a precaução especial de ligar à terra as portas, ou vedações, desde que, pela sua situação, não corram perigo de contacto com a alta tensão.

i) A fim de impedir que para o exterior das instalações se transmitam tensões perigosas por intermédio de canalizações metálicas, funiculares, carris, etc, que nelas penetrem, deverão ser tomadas precauções adequadas, quando tal se justificar.

4.6.4.3.2 Ligação à terra dos circuitos de alta tensão

Os pontos neutros ou terminais dos circuitos de alta tensão ligados directamente a circuitos exteriores à zona de influência da terra de protecção, se a natureza da instalação exigir que sejam ligados à terra, sê-lo-ão à terra de serviço de alta tensão, conforme o disposto no artigo 53º *"Ligação à terra dos circuitos de alta tensão"* do RSSPTS [22]

a) Considera-se que os circuitos estão directamente ligados quando tiverem pontos comuns. Assim, um transformador de enrolamentos separados não estabelece uma ligação directa.
b) Do disposto no corpo do presente ponto exceptuam-se os casos seguintes, em que poderá utilizar-se a terra de protecção para esse fim:
    a. A resistência da terra de protecção não ultrapassa normalmente 1 Ω;
    b. Existem dispositivos adequados para limitar a corrente de terra, em caso de defeito;
        i. Utilizam-se, na prática impedâncias (bobina de Petersen, por exemplo), inseridas entre o ponto neutro e o eléctrodo de terra, que permitem limitar a corrente de terra a valores da ordem das dezenas de amperes.
    c. Os fios de guarda das linhas de alta tensão, nas instalações onde o neutro esteja à terra, serão ligados à mesma terra do neutro.
c) Ligação à terra dos circuitos de baixa tensão.
    a. A ligação à terra dos circuitos de baixa tensão, deverá obedecer ao disposto no ponto 3.2.6 da presente dissertação.

4.6.4.3.3 Seccionadores com dispositivos para ligação à terra

Quando os seccionadores de saída das linhas aéreas de alta tensão possuam dispositivo para ligação à terra durante a execução de trabalhos ou nos períodos de não utilização da linha, esta terra deverá ser aquela que for ligado o fio de guarda da linha, quando ele existir. Se a linha não tiver fio de guarda e na instalação houver terra geral, o seccionador ligará a linha a esta terra; não havendo fio de guarda nem terra geral, o seccionador só poderá ligar a linha a uma terra distinta de todas as outras da instalação, ou ser utilizado para curto-circuito da linha, conforme o disposto no artigo 55º *"Seccionadores com dispositivo para ligação à terra"* do RSSPTS [22].

a) O acima disposto aplica-se aos cabos subterrâneos de alta tensão com bainha metálica, a qual se considera, para o efeito, equivalente ao fio de guarda das linhas aéreas.

4.6.4.3.4 Continuidade dos circuitos de terra

Os circuitos de terra serão estabelecidos de maneira que ofereçam toda a segurança sob os pontos de vista eléctrico e mecânico, não devendo, em regra, ter em série partes metálicas da instalação, conforme o disposto no artigo 56º *"Continuidade dos circuitos de terra"* do RSSPTS [22].

a) As ligações poderão efectuar-se por soldadura forte, parafusos, rebites, aperta-fios ou ligadores e deverão evitar-se entre metais de natureza diferente, em virtude de poderem ser destruídas por acções electroquímicas.
b) Nos circuitos de terra não será permitido intercalar interruptores, seccionadores, corta-circuitos fusíveis ou qualquer peça amovível sem auxílio de ferramenta. Poderão, todavia, intercalar-se seccionadores nos condutores de ligação à terra dos pontos neutros ou terminais de alta tensão.
c) Na ligação à terra da tina de um transformador de potência poderá inserir-se, como elemento da protecção dele, um transformador de intensidade que introduza pequena impedância no circuito de terra.
d) Próximo da saída dos edifícios e dentro destes, mas fora das celas, nas instalações interiores, ou antes da entrada no solo, nas instalações exteriores, deverá existir uma ligação amovível que permita efectuar a medição das resistências de terra dos

eléctrodos. O disposto neste parágrafo não se aplica a instalações extensas com eléctrodo de terra, emalhado.

e) As características, dimensionamento e estabelecimento dos condutores de terra, deverão obedecer ao descrito na secção 3.5.15.6 da presente dissertação.

4.6.4.4 Protecções contra sobretensões

As instalações deverão ser protegidas contra sobretensões perigosas de origem interna ou atmosférica, sempre que se justifique, quer pela importância das instalações, quer pelo valor das sobretensões e frequência com que se verificam. Procurar-se-á evitar o aparecimento de sobretensões ou atenuar os seus efeitos pelo recurso a meios adequados, conforme disposto no artigo 61º *"Protecção contra sobretensões"* do RSSPTS [22].

4.6.4.5 Protecção contra sobreintensidades

As instalações deverão ser providas de órgão de protecção contra sobreintensidades, devendo estes ser realizados tendo em consideração o disposto nas subsecções seguintes.

4.6.4.5.1 Protecção contra curto-circuitos

Cada instalação ou cada uma das suas partes deverá obrigatoriamente ser protegida contra curtos-circuitos, a fim de evitar perturbações na rede de alimentação. Para esse efeito, poderão ser utilizados disjuntores ou corta-circuitos fusíveis, com poder de corte adequado à corrente de curto de circuito, conforme o disposto no artigo 62º *"Protecção contra curto-circuitos"* do RSSPTS [22].

Recomenda-se no entanto o seguinte:

a) Na localização dos órgãos de protecção contra curto-circuitos, deve procurar-se que a eliminação de qualquer defeito se faça com o máximo de selectividade, para reduzir ao mínimo os prejuízos do serviço.

b) Nos transformadores, além da protecção contra curto-circuitos prevista, recomenda-se a protecção contra sobrecargas por intermédio de relais ou imagens térmicas, termómetros, etc., actuando sobre interruptores instalados na alta ou na baixa tensão.

4.6.4.5.2 Protecção às saídas de linhas

Nas subestações todas as saídas de linhas de alta ou baixa tensão deverão ser dotadas com dispositivos adequados contra curtos-circuitos. Nos postos de transformação esta protecção deverá ser prevista em todas as saídas de linhas de baixa tensão, conforme o disposto no artigo 64º *"Protecção às saídas de linhas"* do RSSPTS [22].

A dispensa dos dispositivos de protecção dispensam-se na ligação directa, sem derivações, do secundário de um transformador de potência ao respectivo quadro geral de baixa tensão, mesmo que este esteja colocado fora do edifício do posto de transformação.

4.6.4.5.3 Resistência aos curto-circuitos

Os transformadores de potência, os interruptores, os seccionadores e os condutores e seus apoios deverão poder resistir aos efeitos dinâmicos e térmicos dos curtos-circuitos até ao momento de actuação das protecções, conforme o disposto no artigo 65º *"Resistência aos curto-circuitos"* do RSSPTS [22].

4.6.5 Quadros e aparelhos

Os quadros e aparelhos das instalações, deverão obedecer aos requisitos elencados nas subsecções abaixo.

4.6.5.1 Identificação dos aparelhos

Os aparelhos deverão possuir chapas de características ou inscrições indeléveis que forneçam as indicações indispensáveis à exploração das instalações, conforme o disposto no artigo 66º *"Identificação dos aparelhos"* do RSSPTS [22].

4.6.5.2 Normas de fabrico

Os aparelhos a que se refere o artigo anterior e, bem assim, os acessórios utilizados no estabelecimento das instalações deverão satisfazer a normas aceites pela fiscalização do Governo, conforme o disposto no artigo 67º *"Normas de fabrico"* do RSSPTS [22].

4.6.5.3 Visibilidade e acessibilidade dos órgãos

0s órgãos dos aparelhos que durante a exploração tenham de ser inspeccionados ou manobrados com frequência deverão, sempre que possível, ser dispostos de modo a

facilitar essas operações, conforme o disposto no artigo 68º *"Visibilidade e acessibilidade de certos órgãos"* do RSSPTS [22].

Entre o órgão que se refere este ponto, incluem-se as chapas de características, os níveis de óleo, os mostradores dos termómetros, as torneiras de colheita de óleo, etc…

4.6.5.4 Varas de manobra

As varas de manobra, seja qual for a tensão a que se destinem, deverão ter além do punho um comprimento não inferior a 0,50 m de material isolador. Em qualquer caso, a tensão de ensaio do seu isolamento não deverá ser inferior a cinco vezes a tensão de serviço dos órgãos a cuja manobra se destinam, conforme o disposto no artigo 70º *"Varas de manobras"* do RSSPTS [22].

4.6.5.5 Quadros

Os quadros de distribuição ou de manobra deverão ser estabelecidos de maneira que seja fácil substituir ou inspeccionar qualquer órgão. Se as ligações não forem acessíveis pela frente, deixar-se-á, na parte posterior, um espaço livre de, pelo menos, 0,80 m a toda a largura do quadro, quando esta ultrapassar 1 m, conforme o disposto no artigo 71º *"Quadros"* do RSSPTS [22].

4.6.5.6 Identificação dos circuitos

Deverá ser realizada a afixação de letreiros, em português, para identificação do circuito a que se destinam os aparelhos de comando, manobra e protecção, conforme o disposto no artigo 72º *"Identificação dos circuitos"* do RSSPTS [22].

4.6.6 Instalações interiores

As instalações quando em interiores, deverão obedecer ao disposto nas subsecções seguintes.

4.6.6.1 Protecção contra contactos acidentais

Nas instalações interiores só serão permitidas peças nuas sob alta tensão, conforme o disposto no artigo 73º *"Protecção contra contactos acidentais"* do RSSPTS [22], nos casos seguintes:

a) Quando estiverem a uma altura acima do pavimento igual ou superior a 220 cm + 1 cm por kilovolt da tensão de serviço, com um mínimo de 2,50 m em locais de passagem ou de trabalho;
b) Quando dentro de celas ou providas de resguardos, os quais não poderão distar do solo menos de 2 m em locais de passagem ou de trabalho. As referidas celas deverão ser vedadas por:
    a. Portas de chapa ou de rede com uma altura total de, pelo menos, 1,60 m acima do pavimento;
    b. Vedações que comecem, no máximo, a uma altura de 0,80 m do pavimento e se prolonguem até uma altura de, pelo menos, 1,60 m acima desse pavimento. Este género de vedação só será permitido quando dentro do local a vedar não existam condutores nus a menos de 0,80 m do pavimento;
    c. Cancelas de chapa ou de rede, ou balaustradas, com uma altura de 0,90 m acima do pavimento.
    d. As portas e cancelas deverão ser de material incombustível e ter uma resistência mecânica tal que não se verifiquem oscilações exageradas, quando do seu funcionamento, ou se sujeitas a choques. As balaustradas terão, pelo menos, duas travessas horizontais, de resistência mecânica suficiente.

4.6.6.2 Distâncias mínimas

As distâncias mínimas consentidas d, em milímetros, de qualquer parte metálica sob alta tensão não protegida por isolamento, conforme o disposto no artigo 74º *"Distâncias mínimas"* do RSSPTS [22], deverão ser as seguintes:

a) Às paredes, tectos, pavimentos ou peças metálicas ligadas à terra ou a outra fase (d);
b) Às portas ou vedações nas condições das alíneas a) e b) do ponto 3.6.6.1 da presente dissertação (medidas em projecção horizontal), ($d + 100$);
c) Às cancelas e balaustradas nas condições da alínea c) do ponto 3.6.6.1 da presente dissertação, (medidas em projecção horizontal), ($d + 1000$), em que d, tem os valores constantes na tabela 18.

Tabela 18 – Distâncias mínimas de peças sob tensão sem isolamento, instalações interiores [22].

Tensão de serviço (kilovolts)	d ($milímetros$)	Tensão de serviço (kilovolts)	d ($milímetros$)
1	40	45	360
3	45	60	470
6	100	80	580
10	125	100	720
15	160	120	900
20	180	150	1200
30	260	220	2000

O acima disposto não se aplicará a aparelhos que satisfaçam a ensaios normalizados aceites pela fiscalização do Governo.

4.6.6.3 Locais de passagem

0s corredores e todos os locais de passagem deverão ter uma altura livre não inferior a 2 m e dimensões suficientes para que haja sempre um espaço livre, com a largura mínima de 0,80 m, defronte dos manípulos ou volantes dos dispositivos de manobra ou defronte das vedações mencionadas na alínea b) do ponto 3.6.6.1 da presente dissertação, nos pontos onde não haja peças salientes. As comunicações entre pavimentos serão feitas por escadas de trânsito fácil, com a largura mínima de 0,70 m e colocadas em locais acessíveis, conforme do disposto no artigo 75 *"Locais de passagem"* do RSSPTS [22].

4.6.6.4 Edifícios destinados a instalações TET

Dentro de edifícios destinados a instalações TET deverão apenas instalar-se postos ou subestações desde que se tomem medidas convenientes contra propagação de incêndio e gases prejudiciais, em conformidade com o disposto no artigo 77º "Edifícios destinados a outros usos" do RSSPTS [22], devendo ser observado o seguinte:

a) Quando se usarem transformadores em banho de líquido incombustível de potência superior a 20 kVA, deverão os mesmos ser equipados com válvulas de segurança contra sobrepressões. Se a cela não for bem ventilada, deverá a válvula de segurança estar ligada a uma chaminé em comunicação com o exterior ou o transformador possuir dispositivo para absorção dos gases produzidos por ocasião de avarias.

b) Para os transformadores em banho de líquido incombustível de potência não superior a 20 kVA e para os de tipo seco não serão exigidas precauções especiais.

4.6.7 Instalações exteriores

As instalações quando no exterior, deverão obedecer ao disposto nas subsecções seguintes.

4.6.7.1 Vedação das instalações

Nas instalações exteriores, quando qualquer dos dispositivos que as constitua e em que seja perigoso os tocar e distem do solo menos de 6 m, deverá existir, em redor delas, uma vedação, com a altura mínima de 1,80 m, intransponível sem ajuda de meios especiais e munida de portas fechando à chave, conforme disposto no artigo 78º *"Vedações das instalações exteriores"* do RSSPTS [22].

4.6.7.2 Protecção contra contactos acidentais

Nas instalações interiores só serão permitidas peças nuas sob alta tensão, conforme o disposto no artigo 73º *"Protecção contra contactos acidentais"* do RSSPTS [22], nos casos seguintes:

c) Quando estiverem a uma altura acima do pavimento igual ou superior a 220 cm + 1 cm por kilovolt da tensão de serviço, com um mínimo de 2,50 m em locais de passagem ou de trabalho;
d) Quando dentro de celas ou providas de resguardos, os quais não poderão distar do solo menos de 2 m em locais de passagem ou de trabalho. As referidas celas deverão ser vedadas por:
    a. Portas de chapa ou de rede com uma altura total de, pelo menos, 1,60 m acima do pavimento;
    b. Vedações que comecem, no máximo, a uma altura de 0,80 m do pavimento e se prolonguem até uma altura de, pelo menos, 1,60 m acima desse pavimento. Este género de vedação só será permitido quando dentro do local a vedar não existam condutores nus a menos de 0,80 m do pavimento;
    c. Cancelas de chapa ou de rede, ou balaustradas, com uma altura de 0,90 m acima do pavimento.
    d. As portas e cancelas deverão ser de material incombustível e ter uma resistência mecânica tal que não se verifiquem oscilações exageradas,

quando do seu funcionamento, ou se sujeitas a choques. As balaustradas terão, pelo menos, duas travessas horizontais, de resistência mecânica suficiente.

4.6.7.3 Protecção contra contactos acidentais, distâncias mínimas

Dentro do recinto das instalações exteriores serão estabelecidas grades, redes ou balaustradas de protecção, sempre que as partes sob alta tensão não protegidas por isolamento distem do pavimento menos de 220 cm + 1 cm por kilovolt da tensão de serviço, com um mínimo de 2,50 m, conforme o disposto no artigo 79º *"Protecção contra contactos acidentais"* do RSSPTS [22]. Nestas instalações deverão ser observadas as distâncias mínimas $d, d + 100\ e\ d + 1000$ descritas nas alíneas a), b) e c) do ponto 3.6.6.2 da presente dissertação, em que d tomará os valores constantes na tabela 19.

Tabela 19 – Distâncias mínimas de peças sob tensão sem isolamento, instalações exteriores [22].

Tensão de serviço (kilovolts)	$d\ (milímetros)$	Tensão de serviço (kilovolts)	$d\ (milímetros)$
10	180	80	750
15	220	100	900
20	260	120	1100
30	360	150	1450
45	470	220	2200
60	580	-	-

4.6.7.4 Afastamento à vedação

Dentro do espaço rodeado pela vedação do recinto das instalações exteriores nenhuma parte sob tensão poderá distar dessa vedação, em projecção horizontal, menos de 150 cm + 1,2 cm por kilovolt da tensão de serviço, conforme o disposto no artigo 79º *"Afastamento à vedação do recinto"* do RSSPTS [22].

4.6.7.5 Varas de manobra

Nas instalações exteriores não deverá ser permitido utilização de aparelhos de alta tensão com comando por vara de manobra, conforme o disposto no artigo 79º *"Varas de manobra"* do RSSPTS [22].

4.6.7.6 Postos de transformação em apoios

Nos postos de transformação estabelecidos em apoios, os aparelhos de seccionamento, corte e protecção, de alta tensão, deverão ser instalados no próprio apoio ou no imediatamente anterior. Só deverão ser utilizados comandos mecânicos manobráveis do solo e que possam ser mantidos, sob chave, quer com o respectivo aparelho na posição «Ligado», quer na posição «Desligado», a fim de evitar manobras intempestivas, conforme o disposto no artigo 79º *"Postos de transformação em postes"* do RSSPTS [22].

4.7 Verificação, exploração e conservação das instalações

No estabelecimento e posteriormente na exploração e conservação das instalações dos parques de formação TET, deverá ser observado o disposto nas subsecções abaixo.

4.7.1 Técnico responsável pela exploração

As instalações dos parques de formação TET, deverão ter um responsável de exploração que deverá realizar inspecções às instalações eléctricas com a frequência exigida pelas características de exploração, neste caso deverá ser no mínimo duas vezes por ano, a fim de proceder às verificações, ensaios e medições regulamentares e elaborar o relatório referido no artigo 14º "Responsabilidade da exploração" do Decreto-Lei 517/80 [27], devendo estas inspecções obrigatórias serem realizadas, uma, durante os meses de Verão e, outra, durante os meses de Inverno". O relatório acima referido deverá ser realizado de acordo com o descrito no artigo 20º *"Inspecção da instalação eléctrica"* do Decreto-Lei 517/80 [27], que determina que o mesmo deverá ser enviado, anualmente, aos respectivos serviços externos da Direcção-Geral de Energia e Geologia.

O técnico acima referido deverá ter habilitação correspondente, em conformidade com o disposto no artigo 20º *"Técnico Responsável pela exploração"* do Decreto-Lei 14/2015 [28], nas suas alíneas a) e b), abaixo descritas e devendo igualmente deter formação especifica de trabalhos em tensão.

a) Título de engenheiro da especialidade de engenharia electrotécnica [28];
b) Título de engenheiro técnico da especialidade de engenharia de energia e de sistemas de potência [28];

4.7.2 Instalações com subestações, postos de seccionamento e transformação

No estabelecimento, exploração e conservação das instalações com subestações, postos de seccionamento e transformação, deverão ser o disposto nas subsecções abaixo.

4.7.2.1 Inspecções periódicas

As instalações deverão ser sujeitas a inspecções periódicas, neste caso com uma periodicidade anual, com o fim de verificar a preservação das boas condições de exploração, conforme o disposto no artigo 102º *"Inspecções periódicas"* do RSSPTS [22]. As verificações a serem realizadas mais recomendáveis são as seguintes:

- Medição da resistência de isolamento do conjunto da instalação e dos aparelhos mais importantes;
- Verificação do nível do óleo dos transformadores e disjuntores;
- Medição da acidez e rigidez do óleo dos transformadores;
- Verificação da temperatura do óleo e da carga dos transformadores nos períodos de maior carga;
- Verificação do bom estado de funcionamento dos relais de protecção e dos dispositivos de alarme;
- Verificação dos contactos dos disjuntores e do seu óleo, principalmente depois de disparos sobre curtos-circuitos;
- Verificação dos circuitos de terra, seu estado e medição (recomendando-se a sua medição bianual, ou seja, uma no período de inverno e outra no período de verão;
- Verificação do bom estado de conservação dos dispositivos de manobra utilizados (varas de manobra, estrados e tapetes isolantes, luvas isolantes, etc.);
- Verificação da eficácia do sistema de iluminação de recurso.
- Lubrificação dos órgãos móveis, de harmonia com as instruções dos fabricantes.

4.7.2.2 Limpeza, conservação e reparação das instalações

A limpeza das instalações deverá ser realizada com a frequência necessária para impedir a acumulação de poeiras e sujidades, especialmente sobre os isoladores e aparelhos. Os trabalhos de limpeza, conservação e reparação poderão ser realizados em contexto formativo, onde os formandos serão acompanhados por formador qualificado, nos outros casos, quaisquer trabalhos deste tipo, apenas poderão ser executados por pessoal especialmente encarregado e conhecedor desses serviços, ou por pessoal trabalhando sob a sua direcção. Deverá ser evitado a realização destes trabalhos sob tensão, procurando, sempre que seja possível, desligar previamente os condutores de todas as polaridades ou fases e observando para esse efeito as disposições dos artigos 105.º e 106.º Quando esses trabalhos tiverem de ser executados sob tensão observar-se-ão as disposições do artigo 107.º, em conformidade com o disposto no artigo 103º "Limpeza, conservação e reparação das instalações" do RSSPTS [22].

4.7.2.3 Serviço das instalações

No serviço das instalações não se deverá, em exploração normal, tocar, sem necessidade, em quaisquer condutores eléctricos, peças de máquinas e aparelhos desprotegidos, nem manejar objectos (fitas metálicas, tubos, etc.) que possam provocar contactos com a alta tensão, excepto nos casos de reparação, modificação ou ampliação, em que, todavia, se deverão tomar os devidos cuidados, conforme o disposto no artigo 104º *"Serviço das instalações"* do RSSPTS [22], para isso deverá ter-se em atenção o seguinte:

a) A manobra de interruptores e substituição de corta-circuitos fusíveis, assim como os trabalhos ordinários de condução de máquinas e aparelhos, só poderão ser executados pelo pessoal encarregado desses serviços, empregando-se os dispositivos de segurança adequados sempre que as circunstâncias o exijam.
b) Para efectuar a manobra de órgãos sob alta tensão o operador deverá usar luvas isolantes, se actuar sobre punhos não isolantes, e colocar-se sobre estrado ou tapete, isolantes para uma tensão nominal apropriada, sempre que o local em que se encontra para efectuar a manobra seja susceptível de estar um potencial diferente do das massas metálicas próximas ligadas à terra. Quando no local de manobra existir uma rede ou chapa metálica ligada à terra de protecção, considerar-se-á esse local ao potencial das massas metálicas próximas.

4.7.2.4 Anulação da tensão numa instalação

Quando não possa assegurar-se completamente o seccionamento da parte da instalação em que haja de executar qualquer trabalho, deverá efectuar-se no local, ou, próximo dele, uma ligação à terra e um curto-circuito, observando os necessários preceitos de segurança, conforme o disposto no artigo 105º *"Anulação da tensão numa instalação"* do RSSPTS [22], devendo ser observado o seguinte:

a) Não poderão ser empregados condutores de secção inferior a l0 mm^2 nas ligações à terra e de curto-circuito.
b) As ligações à terra e de curto-circuito só deverão ser efectuadas quando a operação não ofereça perigo, ou depois de o operador se ter certificado de que a parte da instalação em que trabalha está, efectivamente, seccionada.
c) Deverá ser colocado nos seccionadores ou nos interruptores, por meio dos quais se eliminou a tensão no local dos trabalhos, placas ou letreiros avisando da sua realização e que deverão conservar-se afixados até conclusão dos trabalhos.
d) Para certificar o operador de que, efectivamente, não existe tensão no local de trabalho, poderão efectuar-se ensaios de tensão ou marcar-se visivelmente os extremos das canalizações seccionadas. Convirá também entregar ao operador, um esquema geral das canalizações, com ou sem indicação da ordem pela qual se devem efectuar as manobras da interrupção e ligação, ou dar-se-lhe conhecimento, verbalmente ou por outro processo, das condições em que se encontra a instalação.

4.7.2.5 Restabelecimento da tensão numa instalação

Quando o trabalho tenha sido executado sem tensão, o restabelecimento desta só deverá ser efectuado depois de avisado o pessoal e de convenientemente efectuadas todas as ligações de aparelhos e condutores e depois de removidas todas aquelas que possam transmitir a tensão para partes da instalação que não estejam em serviço, conforme disposto no artigo 106º *"Restabelecimento da tensão numa instalação"* do RSSPTS [22]. Deverá ser observado o seguinte:

a) Qualquer aviso ou comunicação aos operários ocupados no trabalho poderá ser feito pelo telefone, com a condição, porém, de aqueles o repetirem, mostrando que o compreenderam.
b) A ligação à terra só será removida depois de desfeitas as ligações de curto-circuito.

4.7.2.6 Trabalhos em tensão

Os trabalhos sob tensão só poderão executar-se quando, por motivo de serviço, não seja possível eliminá-la ou estabelecer no local de trabalho a ligação à terra e o curto-circuito previstos no ponto 3.6.8.4 da presente dissertação, conforme o disposto no artigo 107º *"Trabalhos sob tensão"* do RSSPTS [22]. A realização destes trabalhos deverá obedecer ao seguinte:

a) Os trabalhos em tensão só deverão ser realizados por pessoas devidamente habilitadas para tal e conhecedoras dos perigos inerentes, ou quando em contexto de formação, acompanhados por formador habilitado. Em alta tensão, esses trabalhos só poderão ser realizados na presença de uma pessoa expressamente encarregada de os fiscalizar (formador ou responsável de exploração da instalação). Os dispositivos de segurança a utilizar deverão ser experimentados periodicamente e examinados com cuidado antes de servirem.
b) Quando não haja a certeza de que a parte da instalação desligada, ou na qual se fez a ligação à terra e o curto-circuito, é efectivamente aquela em que há trabalhos a executar, considerar-se-ão estes como trabalhos sob tensão.

4.7.2.7 Instruções de primeiros socorros

Nas instalações deverão ser afixadas as instruções aprovadas pelo Secretário de Estado da Indústria para os primeiros socorros a prestar em acidentes pessoais produzidos por correntes eléctricas, conforme o disposto no artigo 108º *"Instruções para primeiros socorros"* do RSSPTS [22]. Para além do acima exposto recomenda-se o seguinte:

a) O pessoal afecto à exploração das instalações deverá deter formação adequada em primeiros socorros e pratique com regularidade os exercícios de respiração artificial indicados nas instruções referidas acima.
b) Nas instalações deverá existir uma farmácia portátil com material para primeiros socorros, incluindo um frasco bem rolhado com bicarbonato de sódio.

4.7.3 Instalações com linhas de alta e média tensão

No estabelecimento, exploração e conservação das linhas dos parques de formação TET, deverão ser o disposto nas subsecções abaixo.

4.7.3.1 Estabelecimento das linhas aéreas

Os trabalhos de estabelecimento das linhas aéreas dos parques de formação TET, deverão os condutores e os cabos de guarda do troço já instalado da linha em montagem ser ligado à terra e em curto-circuito, para que, pela proximidade com outras linhas aéreas, possam ficar em tensão devido a eventuais contactos ou a indução, conforme o disposto no artigo 163º *"Trabalhos de estabelecimento de linhas aéreas"* do RSRELAT [21].

4.7.3.2 Verificação das instalações

A verificação das instalações das linhas de alta tensão dos parques de formação TET, em conformidade com o disposto no artigo 166º *"Verificação das instalações"* do RSRELAT [21], deverá ser realizada por forma a observar o seguinte:

a) As linhas de alta tensão deverão ser verificadas durante a sua execução e antes da sua entrada em serviço, por ocasiões de modificações importantes e posteriormente anualmente;
b) No caso das linhas aéreas deverão ser realizadas as verificações constantes do relatório apresentado no Anexo D da presente dissertação [21], pelo responsável de exploração da instalação ou por outra pessoa designada por este, desde que devidamente qualificada para o efeito.

4.7.3.3 Conservação

Deverá ser realizada a conservação necessária para que a instalação do parque de formação TET, detenha as condições de segurança indispensável para a realização dos trabalhos (formação). Essa conservação será precedida do relatório anual que o responsável de exploração emitirá, salientando quais as intervenções que a instalação necessita para a reposição dos seus níveis de segurança.

4.7.4 Verificação periódica da instalação

As instalações deverão ser verificadas periodicamente tendo em consideração o preenchimento e validação dos itens apresentados nos anexos dos respectivos relatórios tipo, sendo os seguintes:

a) Instalação de utilização:

a. Anexo E *"Verificação das instalações"* segundo a *Checklist* da CERTIEL [29].

b) Rede de distribuição de BT interior aérea:
   a. Anexo B "Relatório de inspecção de redes de distribuição aéreas" segundo o RSRDEEBT [19].

c) Rede de distribuição de BT interior subterrânea:
   a. Anexo C "Relatório de inspecção de redes de distribuição subterrânea" segundo o RSRDEEBT [19].

d) Rede de distribuição de linhas de AT:
   a. Anexo D "Relatório de inspecção de linhas aéreas" segundo o RSLEAT [21].

e) Preenchimento do relatório anual pelo técnico responsável pela exploração da instalação para posterior envio à DGEG:
   a. Anexo F "Relatório-tipo do técnico responsável pela exploração de instalações eléctricas" da DGEG

4.8 Conclusão

No presente Capítulo, apresenta-se a proposta legislativa a aplicar para este tipo de instalações eléctricas (parque de formação TET). Tem como objectivo, ser um elemento facilitador para a possibilidade de licenciamento deste tipo de infraestruturas. No seu desenvolvimento, foi dado atenção aos actuais enquadramentos das diferentes áreas: RTIEBT (instalação de utilização); RSRDEEBT (Redes de distribuição aéreas e subterrâneas); RSLEAT (Linhas eléctricas de alta tensão) e RSPTS (Postos de transformação e seccionamento), sendo utilizados os enquadramentos destes, nas partes aplicáveis para este tipo de instalações. Para além disso foram efectuadas propostas para mais alguns enquadramentos que têm bastante preponderância para este tipo de instalações, devido à sua inexistência nos actuais parques de formação, como por exemplo a colocação de botoneiras de disparo da instalação, parcial ou total, que permite um maior grau de segurança nas operações destas, a colocação de iluminação de emergência nos locais afectos às zonas de trabalhos, a afixação de esquema de comando e protecção dos parques, com vista a facilitar a operação deste, por formadores ou técnicos externos à instalação.

5 Conclusões

A regulamentação do sector eléctrico em Portugal, no que concerne às instalações eléctricas e redes de distribuição encontra-se bem definida, no entanto, esta, não comtempla as instalações eléctricas do tipo "Parque de Formação" para trabalhos em tensão (TET). A abordagem realizada nesta dissertação identifica, a falta de legislação nesta área mais específica do sector eléctrico, fundamental para a preparação dos trabalhadores na execução e manutenção das redes eléctricas de distribuição pública (RESP). É nesta perspectiva, a de agregar toda a legislação aplicável do sector eléctrico, em conjunto com a parte técnica desenvolvida nesta dissertação, que o legislador poderá intervir para a possibilidade de licenciamento destes parques de formação. A abordagem ao tema desenvolvido teve apenas em consideração a legislação actual, aplicável a cada uma das componentes da instalação do parque de formação "TET".

Esta dissertação poderá ter um papel preponderante no preenchimento da lacuna existente na legislação, referente a esta área específica, ajudando o legislador a complementar a legislação actual e incluir as propostas desenvolvidas neste trabalho.

Os “TET”, em Portugal, como nos países onde são utilizadas e desenvolvidas estas técnicas, têm uma relevância preponderante no desenvolvimento das sociedades, dado que se tornam cada vez mais dependentes da energia eléctrica, para o desenvolvimento tecnológico e económico. Na parte inicial da dissertação, é evidenciada a importância e a evolução dos “TET” ao longo dos anos nos vários países que utilizam estas técnicas, a contribuição dada para o desenvolvimento das economias, a importância no desenvolvimento das condições de segurança de pessoas e bens, a melhoria da Qualidade de Serviço, através da redução do número de interrupções no fornecimento de energia eléctrica aos consumidores, melhorando desta forma as condições de qualidade e fiabilidade das redes de distribuição e transporte. Relativamente a Portugal, é notório que a utilização das técnicas “TET” tem trazido ao sector energético, uma melhoria destas condições da Qualidade de Serviço, melhoria esta, verificada através dos indicadores de qualidade: TIEPI – MT, SAIDI – MT e SAIDI – BT, onde a sua redução chega a cerca de 70 %, comparado com a evolução de 2005 a 2015.

Na análise realizada a dois países, França e Espanha, no âmbito da regulamentação aplicada aos parques de formação de trabalhos em tensão, é notório que a sua evolução tem resultado das legislações e normativas implementadas nestes países ao longo dos anos. No caso de França, devido à sua larga experiencia de várias décadas nos “TET”, é perceptível que essa evolução permite, uma melhor percepção das necessidades e do impacto que os “TET” têm na sociedade. O modelo utilizado em França, permite uma clara e concisa implementação de um parque de formação, onde o projectista desenha, dimensiona e posteriormente licencia os parques, enquadrando a instalação nos vários documentos normativos a aplicar para este tipo de instalações. Já em Espanha, o modelo utilizado embora mais parecido com o Português, exceptuando a falta de enquadramento para os parques de formação, as instalações eléctricas são enquadradas em documentos legislativos regulamentados pelo seu governo, elaborados respeitando os documentos normativos existentes, neste caso, o projectista detém uma ferramenta legislativa que lhe permite a realização do projecto de parque de formação e posterior licenciamento, com um correcto enquadramento legislativo. No actual contexto legislativo e normativo destes países, denota-se que têm uma forma de enquadrar este tipo de instalações muito diferente da utilizada em Portugal, embora estas normas e legislação não tenham enquadramento específico, são validadas devido à possibilidade de nestes países aceitarem uma instalação dimensionada com enquadramentos normativos e legislativos desagregados, ou seja,

dimensionar a instalação enquadrando-a em cada uma das suas componentes, Redes de BT e MT, Instalação de Utilização de BT, Postos de Seccionamento e Transformação, funcionando como um todo. Nos parques existentes em Portugal, é notório que estes, têm condições de segurança necessárias e adequadas para a função que foram concebidos, não podendo ser licenciados devido à inexistência legislativa para este sector (parques de formação TET).

O projecto desenvolvido no âmbito da presente tese "Projecto de Parque de Formação para Trabalhos em Tensão – MT e BT", foi bastante revelador das reais necessidades que os parques de formação devem ter, assim como o seu grau de complexidade. Para isso foi importante as dificuldades sentidas e ultrapassadas, no caso concreto, a alteração do tipo de transformador a implementar para 25 kVA, dado que a utilização do transformador de 100 kVA previsto, condicionaria a funcionalidade de toda a instalação, devido à corrente de magnetização do transformador que é de 5 vezes mais a sua corrente nominal, obrigando os dispositivos de protecção a suportar esta corrente num intervalo de tempo de cerca de 100 ms. Para além disso, as infraestruturas foram dimensionadas considerando, propostas técnicas e legais elaboradas na presente dissertação, permitindo que a instalação detenha melhores condições de segurança na sua exploração, com a colocação de botoneira de emergência de corte à instalação junto às zonas de trabalhos, a utilização de um sistema de terras (terra único) para que exista uma correcta equipotencialidade em conjunto com a respectiva protecção diferencial de alta sensibilidade, mas também um sistema de iluminação de emergência em caso de falha de alimentação da energia eléctrica. Tudo isto, torna este projecto um modelo a seguir, capaz de responder às solicitações que uma instalação deste tipo estará sujeita, em termos de configurações possíveis das infraestruturas, tendo em simultâneo a sua correcta protecção de toda a instalação, assim como o seu enquadramento legal aplicável.

A elaboração da proposta legislativa a aplicar para este tipo de instalações eléctricas, parque de formação "TET", teve como principal objectivo, ser um elemento facilitador para a possibilidade de licenciamento deste tipo de infraestruturas. O seu desenvolvimento foi realizado tendo em atenção aos actuais enquadramentos das diferentes áreas: RTIEBT (instalação de utilização); RSRDEEBT (Redes de distribuição aéreas e subterrâneas); RSLEAT (Linhas eléctricas de alta tensão) e RSPTS (Postos de transformação e seccionamento). O seu desenvolvimento teve em consideração as partes aplicáveis dos

enquadramentos acima descritos, para as instalações do tipo parque de formação para "TET". Para além de tudo o que foi referido, foram também elaboradas propostas para alguns enquadramentos legais que se acharam relevantes para este tipo de instalações, propostas estas que poderão ser enquadradas na lacuna existente da legislação actual, exemplificando: a colocação de botoneiras de disparo da instalação, parcial ou total, permitindo com a sua aplicação um maior grau de segurança nas operações, a colocação de iluminação de emergência nos locais afectos às zonas de trabalhos, a afixação de esquema de comando e protecção dos parques, com vista a facilitar o seu manuseamento por formadores ou técnicos externos à instalação. Um dos principais componentes da proposta legislativa elaborada, tendo em consideração que a grande maioria dos parques já está em funcionamento, é a verificação, exploração e conservação das instalações, que vem permitir aos detentores dos parques a existência da "figura" do responsável pela exploração das instalações. Este responsável técnico terá como principal função, a verificação do estado das instalações através de inspecções periódicas ao longo do ano, com propostas de melhoria das condições de exploração e posterior preenchimento do relatório, descrevendo nele o estado das instalações, poderá para o caso específico ser utilizado o modelo 937 da Imprensa Nacional da Casa da Moeda (INCM), "Relatório-tipo do técnico responsável pela exploração de instalações eléctricas" da DGEG) e envio anual para a DGEG do referido relatório, à semelhança do que já acontece com algumas instalações, por exemplo do tipo: A e B. É igualmente definido, que o técnico responsável pela exploração deverá ter qualificação específica, para além de título engenheiro da especialidade de engenharia electrotécnica (OE) ou título de engenheiro técnico da especialidade de engenharia de energia e de sistemas de potência (OET), deverá deter formação em "TET". A importância da existência deste técnico prende-se, com a necessidade inequívoca de dotar a instalação de um responsável que responda aos requisitos de exploração dos parques de formação, por ser um tipo de instalação que tem uma dinâmica muito própria, existindo um desgaste constante dos seus equipamentos e materiais que a constituem, devido à sua constante utilização e manuseamento na formação dos formandos, mas também, garantindo a segurança de pessoas e bens.

Para o desenvolvimento desta dissertação, o conhecimento de todas as temáticas que envolvem a elaboração de projecto de instalações eléctricas, foi bastante decisivo para o seu sucesso, exigindo, um claro e conciso conhecimento do funcionamento, tanto de instalações eléctricas, redes eléctricas, parques de formação "TET", assim como de

legislação aplicável em países estrangeiros. De facto, em última análise, é perceptível o impacto que os parques de formação têm no desenvolvimento da actividade de trabalhos nas redes, melhorando os conhecimentos adquiridos pelos formandos, em função da qualidade de infraestruturas que lhes sejam proporcionadas, no entanto não se pode esquecer que a falta de legislação aplicável, leva muitas vezes a uma possível anarquização dos seus dimensionamentos e utilização.

Esta dissertação pretende essencialmente, dar um forte contributo para uma posterior elaboração de legislação específica nesta área da engenharia, procurando dar uma resposta capaz, por forma a possibilitar o licenciamento destas instalações, sendo que, com o seu término e respectiva apresentação ao júri, será submetida à apreciação e análise por parte da entidade licenciadora, a DGEG.

6 Bibliografia

[1] RTE, “Live Working a Cutting-Edge Technique 50-years of French history,” 2013.

[2] Sotécnica, “http://www.sotecnica.pt/index.php/atividades2/energia,” [consultado em 14/06/2017].

[3] ERSE, “http://www.erse.pt/pt/electricidade/qualidadedeservico/qualidadedeservicotecnica/Paginas/Continuidadedeservico.aspx,” [Consultado em 16/06/2017].

[4] ERSE, “Regulamento 455/2013 - Regulamento de Qualidade de Serviçodo Sector Energético,” 2013.

[5] ERSE, “A Qualidade de Serviço Cabe a Todos,” 2017.

[6] AQTSE, “http://www.aqtse.pt/,” [Consultado em 14/06/2017].

[7] EDPDistribuição, “Anexo I - 7/SQF/2013 - Entidades Formadoras do Sistema de Qualificação de Fornecedores da EDP Distribuição Energia, S.A.,” 2013.

[8] UTE_França, “http://www.ute-asso.fr/QUI%20SOMMES%20NOUS.aspx#I00000075,” [Consultado em 17/06/2017].

[9] AFNOR, “NF C 15-100 - http://www.pke-electricite.fr/wp-content/uploads/2015/10/guideNFC-15-100.pdf,” 2002, [consultado em 16/06/2017].

[10] AFNOR, “NF C13-100 - https://www.boutique.afnor.org/norme/nf-c13-100/postes-de-livraison-alimentes-par-un-reseau-public-de-distribution-hta-jusqu-a-33-kv/article/818545/fa185483,” [Consultado em 16/06/2017].

[11] AFNOR, “NF C13-200 - https://www.boutique.afnor.org/norme/nf-c13-200/installations-electriques-a-haute-tension-regles-complementaires-pour-les-sites-de-production-et-les-installations-industriell/article/709974/fa163402,” [Consultado em 16/06/2017].

[12] AFNOR, “NF EN 50110-1 - https://www.boutique.afnor.org/norme/nf-en-50110-1/exploitation-des-installations-electriques/article/693698/fa125052,” [Consultado em 16/06/2017].

[13] GovernoEspanha, “http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/g_electr.pdf,” [Consultado em 17/06/2017].

[14] AENOR, “http://www.aenor.es/aenor/aenor/historia/historia.asp,” [Consultado em 17/06/2017].

[15] AENOR, “UNE - http://aenormas.aenor.com/es/normas/normas-une-del-reglamento-electrotecnico-para-baja-tension-rebt,” [Consultado em 17/06/2017].

[16] GovernoEspanha, “Real Decreto 337/2014 - http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/Si_Ambito.aspx?id_am=952,” 2014, [Consultado em 17/06/2017].

[17] DL101/2007, Regulamento de Licenciamento de Instalações Electricas, 2007.

[18] DL96/2017, “Regulamento de Licenciamento de Instalações Electricas,” 2017.

[19] DGGE, Regras Técnicas das Instalações Electricas de Baixa Tensão, CERTIEL, 2006.

[20] DR90/84, Regulamento de Segurança de Instalações Electricas de Baixa Tensão, 1984.

[21] DL740/74, Regulamento de segurança de Instalações Colectivas e Entradas, 1974.

[22] DR1/92, Regulamento de Segurança de Linhas de Alta Tensão, 1992.

[23] DR14/77, Regulamento de Segurança de Substações e Postos de Transformação, 1977.

[24] CENELEC, NP EN 60529 - Graus de protecção asseguradospelos invólucros (código IP), 1991.

[25] SCHNEIDER_ELECTRIC, “"Degrees of protection IP,IK",” [Consultado em 25-05-2017].

[26] EDPDistribuição, “DMA-C33-200N - Cabos Isolados de Baixa Tensão,” 2008.

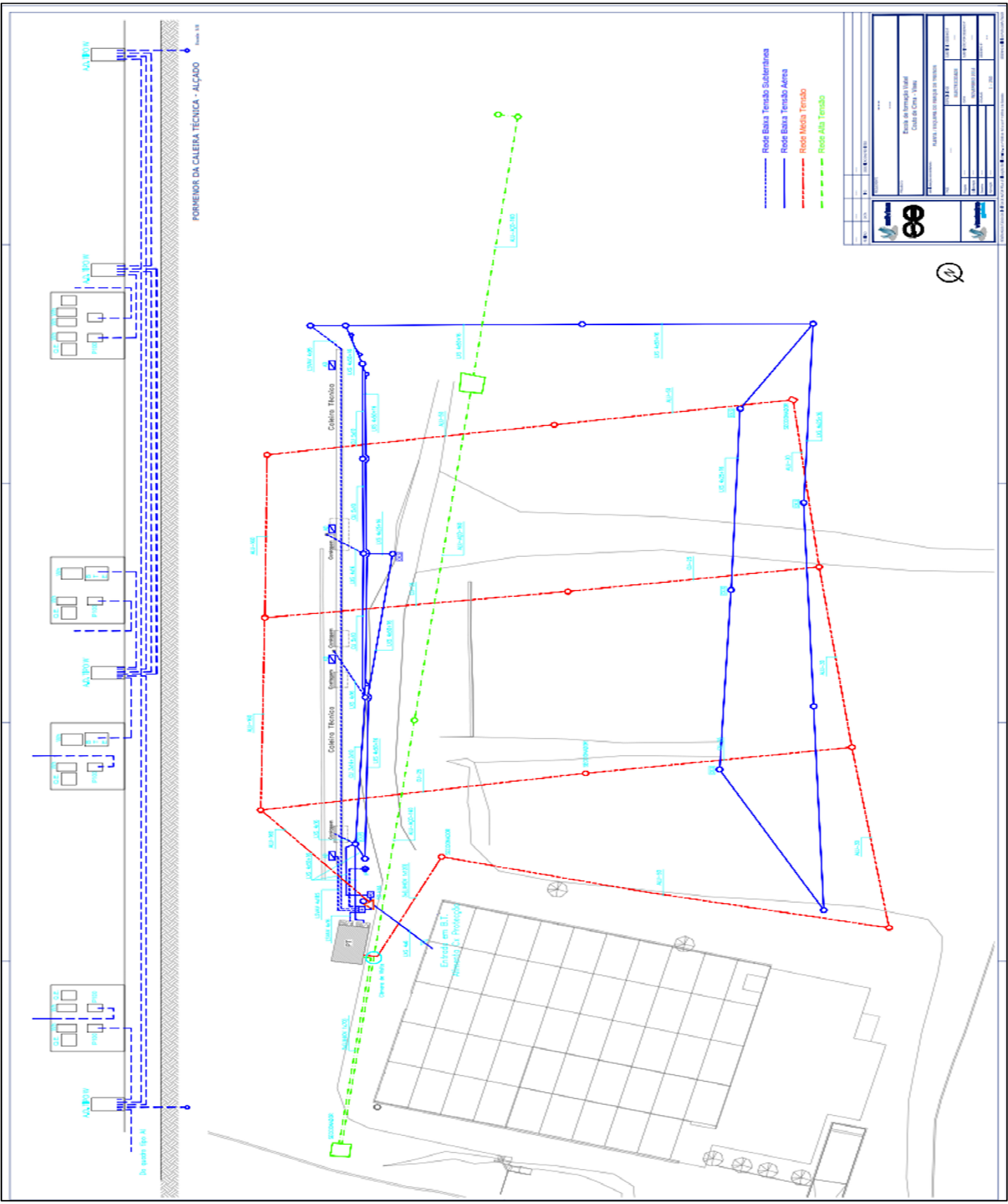
[27] EDPDistribuição, “DIT-C14-100/N Ligação de Clientes de Baixa Tensão,” 2007.

[28] DGEG, “Decreto-Lei 517/80 Estatuto do técnico responsável por instalações electricas,” 1980.

[29] DGEG, “Decreto-Lei 14/2015 Requisitos de acesso e exercício da atividade das entidades profissionais responsáveis por instalações eléctricas,” 2015.

[30] CERTIEL, “https://www.certiel.pt/web/certiel/verificacao-da-instalacao,” [consultado em 14/06/2017].

Anexo A – Configuração da rede do parque de formação TET, Visabeira


PORMENOR DA CALEIRA TÉCNICA - ALÇADO
Rede Baixa Tensão Subterrânea
Rede Baixa Tensão Aérea
Rede Média Tensão
Rede Alta Tensão
Caleira Técnica
Caleira Técnica
PT
Escola de formação Vidal
Costa da Cruz - Vila

Anexo B – Quadro 17.1 *"Relatório de Inspecção de Redes de Distribuição Aéreas"* (BT) do RSRDEEBT

ANEXO 17.1

Relatório de inspecção de redes de distribuição aéreas

Identificação da rede			
	Distribuidor:		
	Lugar:	Freguesia:	Concelho:
	Rede de distribuição aérea de energia eléctrica em baixa tensão servida pelo PT nº( )		

Para satisfação do disposto no artigo (161º (verificação) e 162º (conservação)) (1) do Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão, foram, na rede acima identificada, feitas inspecções para confirmar o comprimento das prescrições regulamentares, nomeadamente no que se refere a:

	Durante a execução	Antes da entrada em serviço	Conservação
1 - Postes:			
1.1 - Colocação, profundidade de encastramento e fundação	☐	☐	
1.2 - Estado de conservação		☐	☐
1.3 - Protecção contra a corrosão e outras formas de deterioração		☐	☐
2 - Postaletes:			
2.1 - Colocação	☐	☐	
2.2 - Estado de conservação		☐	☐
2.3 - Protecção contra a corrosão		☐	☐
3 - Consolas:			
3.1 - Colocação	☐	☐	
3.2 - Estado de conservação		☐	☐
3.3 - Protecção contra a corrosão		☐	☐
4 - Espias (conforme especificação técnica):			
4.1 - Colocação e localização	☐	☐	
4.2 - Fixação e espiamento	☐	☐	☐
4.3 - Isolamento	☐	☐	☐
5 - Escoras:			
5.1 - Colocação	☐	☐	
5.2 - Fixação e resistência	☐	☐	☐
6 - Condutores nus:			
6.1 - Estado		☐	☐
6.2 - Tensão de colocação e flechas de regulação	☐	☐	☐
6.3 - Distância entre condutores	☐	☐	☐
6.4 - Distância ao solo	☐	☐	☐
6.5 - Distância a apoios, construções	☐	☐	☐
7 - Condutores isolados em feixe e cabos:			
7.1 - Estado do isolamento ou da bainha	☐	☐	☐

7.2 - Tensão de colocação e flechas de regulação	☐	☐	☐
7.3 - Distância ao solo	☐	☐	☐
7.4 - Distância a construções, etc	☐	☐	☐
8 - Dispositivos de fixação e ligação:			
8.1 - Em redes de condutores nus	☐	☐	☐
8.2 - Em redes de condutores isolados ou cabos	☐	☐	☐
9 - Isoladores e seus suportes:			
9.1 - Protecção dos suportes contra a corrosão	☐	☐	☐
9.2 - Estado dos isoladores	☐	☐	☐
9.3 - Fixação dos isoladores	☐	☐	☐
10 - Terras:			
10.1 - Localização e natureza dos terrenos	☐		
10.2 - Execução	☐	☐	
10.3 - Resistência de terra	☐	☐	☐
11 - Protecção das instalações:			
11.1 - Protecção contra sobretensões	☐	☐	☐
11.2 - Protecção contra sobreintensidades	☐	☐	☐
12 - Travessias	☐	☐	☐
13 - Cruzamentos	☐	☐	☐
14 - Vizinhanças	☐	☐	☐
15 - Condições de estabelecimento de redes de distribuição na proximidade de pára-raios de protecção de edifícios	☐	☐	☐
16 - Condições de estabelecimento de redes de distribuição em locais sujeitos a risco de explosão ou a perigo de incêndio	☐	☐	☐
17 - Condições de estabelecimento de redes de distribuição em locais não cobertos de recintos escolares, desportivos, recreativos e similares e de parques de campismo	☐	☐	☐
18 - Iluminação pública:			
18.1 - Estado dos focos de iluminação pública	☐	☐	☐
18.2 - Acessórios	☐	☐	☐
18.3 - Alimentação dos candeeiros	☐	☐	☐
18.4 - Protecção das pessoas - Ligações à terra	☐	☐	☐

O técnico encarregado da inspecção,

Observações:

Nota - Os quadrados destinem-se a assinalar expressamente que a referida inspecção foi efectuada. Quando possivel, deverá ser indicado o estado do elemento da rede inspeccionada colocando um "S" se o seu estado é satisfatório ou um "D" se o seu estado é deficiente.

(1) Riscar o que não interessa

Anexo C – Quadro 17.2 *"Relatório de Inspecção de Redes de Distribuição Subterrâneas"* (BT) do RSRDEEBT

ANEXO 17.2

Relatório de inspecção de redes de distribuição subterrâneas

Identificação da rede			
	Distribuidor:		
	Lugar:	Freguesia:	Concelho:
	Rede de distribuição aérea de energia eléctrica em baixa tensão servida pelo PT nº( )		

Para satisfação do disposto no artigo (161º (verificação) e 162º (conservação)) (1) do Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão, foram, na rede acima identificada, feitas inspecções para confirmar o comprimento das prescrições regulamentares, nomeadamente no que se refere a:

	Durante a execução	Antes da entrada em serviço	Conservação
1 - Planta actualizada da rede	☐	☐	☐
2 - Profundidade de enterramento	☐		
3 - Condições e estabelecimento dos cabos:			
3.1 - Cabos com armadura - dispositivo de aviso	☐		
3.2 - Cabos sem armadura - protecção mecânica por	☐		
3.3 - Outra solução	☐		
4 - Distância em relação a outras canalizações:			
>0,20 m -	☐		
<0,20 m - Protecção por	☐		
5 - Quadros (armários e caixas) de distribuição	☐	☐	☐
6 - Câmaras de visita	☐		
7 - Junções e derivações	☐		
8 - Terras:			
8.1 - Localização e natureza dos terrenos	☐		
8.2 - Execução	☐		
8.3 - Resistência de terras	☐	☐	☐
9 - Protecção contra sobreintensidades	☐	☐	☐
10 - Travessias	☐	☐	☐
11 - Cruzamentos	☐	☐	☐
12 - Vizinhanças	☐	☐	☐
13 - Iluminação pública:			
13.1 - Estado dos focos de iluminação pública		☐	☐
13.2 - Acessórios	☐	☐	☐
13.3 - Alimentação dos candeeiros	☐	☐	☐
13.4 - Protecção das pessoas - Ligações à terra	☐	☐	☐

O técnico encarregado da inspecção,

Observações:

Nota - Os quadrados destinem-se a assinalar expressamente que a referida inspecção foi efectuada. Quando possível, deverá ser indicado o estado do elemento da rede inspeccionada colocando um "S" se o seu estado é satisfatório ou um "D" se o seu estado é deficiente.

(1) Riscar o que não interessa

Anexo D – Anexo 1 - *"Relatório de Inspecção de Linhas Aéreas"* (AT) do RSLEAT

ANEXO Nº 1

Relatório de inspecção de linhas aéreas

Distribuidor:		
Lugar:	Freguesia:	Concelho:
Linha aérea, a.....kV, referência.....		

Para satisfação do disposto no artigo {166º (verificação) e 167º (conservação)} (1) do Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão, na linha aérea acima identificada foram feitas as inspecções para confirmar o cumprimento das prescrições regulamentares, nomeadamente no que se refere a:

	Durante a execução	Antes da entrada em serviço	Conservação
1 - Postes:			
1.1 - Aprumo	☐	☐	☐
1.2 - Profundidade de encastramento	☐	☐	
1.3 - Fundação	☐	☐	
1.4 - Numeração		☐	☐
1.5 - Chapa de perigo de morte		☐	☐
1.6 - Estado de conservação		☐	☐
1.7 - Distância à zona de estrada ou caminho de ferro	☐	☐	☐
2 - Terras:			
2.1 - Eléctrodo de terra	☐	☐	☐
2.2 - Condutor de terra	☐	☐	☐
2.3 - Ligação à terra das travessas e aparelhos	☐	☐	☐
2.4 - Ligação à terra de bainhas metálicas de cabos, caixas e descarregadores de sobretensões	☐	☐	☐
2.5 - Medição de resistência da terra	☐	☐	☐
3 - Condutores:			
3.1 - Fixação aos isoladores	☐	☐	☐
3.2 - Estado de conservação		☐	☐
3.3 - Distância entre condutores	☐	☐	☐
3.4 - Distância ao solo	☐	☐	☐
3.5 - Distância a árvores	☐	☐	☐
3.6 - Distância a edifícios	☐	☐	☐
3.7 - Distância a obstáculos diversos	☐	☐	☐
3.8 - Faixa de corte ou desbaste de árvores	☐	☐	☐
3.9 - Tensão de colocação e flecha de regulação	☐	☐	☐
3.10 - Uniões, junções e derivações	☐	☐	☐
4 - Isoladores:			
4.1 - Fixação às travessas	☐	☐	☐
4.2 - Estado de conservação		☐	☐
5 - Travessas:			
5.1 - Fixação aos postes	☐	☐	☐
5.2 - Estado de conservação		☐	☐
6 - Travessias	☐	☐	☐
7 - Cruzamentos	☐	☐	☐
8 - Vizinhanças	☐	☐	☐
9 - Fiadores, pontes condutoras e arcos condutores	☐	☐	☐

O Técnico Encarregado da Inspecção,

_____

Observações:

Data: ...../...../.....

Nota - Os quadrados destinem-se a assinalar expressamente que a referida inspecção foi efectuada. Quando possível, deverá ser indicado o estado do elemento da rede inspeccionada colocando um "S" se o seu estado é satisfatório ou um "D" se o seu estado é deficiente.

(1) Riscar o que não interessa

Anexo E – *"Verificação de instalação eléctrica"* da CERTIEL

certiel

Verificação de uma instalação elétrica

	Verificações	✓
Origem da instalação	**Saída da portinhola/entrada do quadro colunas/entrada do contador**	
Ligação à terra	**Elétrodo de terra**	
	Condutor de terra	
	Terminal principal de terra	
	Ligação equipotencial principal	
	Medição da resistência de terra	
Instalação coletiva e entradas	**Localização de equipamentos/caixas (incluindo de contagem)**	
	Conformidade do material	
	IP e IK de equipamentos/caixas	
	Proteção contra contactos diretos	
	Proteção contra contactos indiretos (CII)	
	I_B e fatores de simultaneidade	
	Constituição e valores nominais face I_B	
	Ducto (dimensões face a I_B e outras características)	
	Proteção contra sobreintensidades	
	Medição da resistência de isolamento	
	Ensaio de continuidade	
	Canalização: Conformidade do material	
	IP e IK	
	Modo de instalação	
	Secção condutores e I_B	
	Secção condutores e diâmetro das condutas	
	Existência de condutor de proteção	
	Queda de tensão	
	Ensaio de continuidade	
Instalação de utilização	**Quadros:** Localização	
	Conformidade do material	
	Corte geral omnipolar	
	Proteção contra contactos diretos	
	Proteção contra contactos indiretos (CII ou DR)	
	Proteções contra sobreintensidades e natureza dos circuitos	
	Medição da resistência de isolamento	
	Ensaio de continuidade	
	Canalização/aparelhagem/circuitos: Conformidade do material	
	IP e IK	
	Modo de instalação	
	Secção condutores e I_B	
	Secção condutores e diâmetro das condutas	
	Existência de condutor de proteção	
	Queda de tensão	
	Ensaio de continuidade	
	Junções e derivações	
	Ligações equipotenciais suplementares	
	Aparelhos de utilização: Conformidade material	
	IP e IK	

Anexo F – *"Relatório-tipo do técnico responsável pela exploração de instalações eléctricas" DGEG*

MINISTÉRIO DA ECONOMIA E DO EMPREGO

DIREÇÃO-GERAL DE ENERGIA E GEOLOGIA

Relatório-tipo do técnico responsável pela exploração de instalações elétricas

Instalações em boas condições de segurança ..... ☐

Instalações em condições deficientes ..... ☐

Desistência da responsabilidade ..... ☐

Período: de _____ a _____

REFERÊNCIAS:

(1) _____

_____

(2) _____

_____

(3) _____

_____

(4) _____

_____

Inscrito na Direção-Geral de Energia e Geologia com o n.º _____, vem nos termos legais efetuar o relato da sua atividade como técnico responsável pela exploração da instalação acima mencionada.

INSPEÇÕES EFETUADAS

De acordo com o estabelecido (5) _____

_____, inspecionei a instalação nos dias _____

_____, tendo efetuado os ensaios, medições e verificações que passo a referir:

1 – SUBESTAÇÕES, POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO E DE CORTE:

1.1 – Ensaios e medições:

1.1.1 – Resistência da terra de proteção ..... ☐ Ω

1.1.2 – Resistência da terra de serviço ..... ☐ Ω

1.1.3 – Resistência de isolamento da instalação de baixa tensão ..... ☐ MΩ

1.1.4 – Acidez e rigidez dos óleos ou outros dielétricos dos transformadores e aparelhos de corte _____

_____

1.1.5 – Fator de potência (cos φ) ..... ☐

1.1.6 – Outros ensaios e medições _____

_____

1.2 – Verificações (*):

Por observações da instalação, dos equipamentos e dos resultados obtidos nos ensaios e medições anteriormente referidos, verifiquei:

1.2.1 (*) – O nível do óleo nos transformadores e disjuntores de alta tensão (6) _____

tendo detetado (7) _____ deficiências _____

_____

_____

1.2.2 (*) – O estado dos contactos dos disjuntores e das câmaras de corte dos interruptores (6) _____

tendo detetado (7) _____ deficiências _____

_____

_____

1.2.3 (*) – Os circuitos de terra e o estado de conservação dos eléctrodos e dos condutores enterrados (6) _____

tendo detetado (7) _____ deficiências _____

_____

_____

1.2.4 (*) – O estado de conservação dos dispositivos de manobra utilizados (varas de manobra, estrados, tapetes isolantes, luvas isolantes, etc.) (6) _____ tendo detetado (7) _____

deficiências _____

_____

1.2.5 (*) – A carga do transformador e a temperatura do óleo nos períodos de maior carga (6) _____

_____ tendo detetado (7) _____ deficiências

_____

_____

1.2.6 – O estado de funcionamento dos dispositivos de proteção e alarme (6) _____

tendo detetado (7) _____ deficiências _____

_____

_____

1.2.7 – Outras verificações _____

_____

_____

_____

2 – Instalações de utilização:

(Sistema de proteção de pessoas utilizado: TT ☐, TN ☐ ou IT ☐)

2.1 – Ensaios de medições:

2.1.1 – Resistência da terra de proteção ..... ☐ Ω

2.1.2 – Impedância do circuito de defeito ..... ☐ Ω

2.1.3 – Resistência de isolamento ..... ☐ MΩ

2.1.4 – Proteções contra contactos indiretos (v. o comentário n.º 3 do artigo 637.º do RSIUEE):

_____

_____

2.1.5 – Outros ensaios e medições _____

_____

_____

2.2 – Verificações:

Por observação da instalação e dos resultados obtidos nos ensaios e medições anteriormente referidos, verifiquei:

2.2.1 – Os aparelhos de proteção contra sobreintensidades (6) _____ tendo detetado (7) _____

deficiências _____

_____

_____

2.2.2 – A eficácia das proteções contra contactos indiretos (6) _____ tendo detetado (7)

_____ deficiências _____

_____

_____

2.2.3 – O aquecimento e o estado do isolamento dos condutores e dos cabos (6) _____ tendo detetado (7) _____ deficiências _____

_____

_____

2.2.4 – O estado dos aparelhos de corte e de comando (6) _____ tendo detetado (7) _____ deficiências _____

_____

_____

2.2.5 – O estado dos aparelhos de utilização (6) _____ tendo detetado (7) _____ deficiências _____

_____

_____

2.2.6 – Instalações de emergência:

2.2.6.1 – As condições de arranque das fontes de alimentação das instalações de emergência (6) _____ _____ tendo detetado (7) _____ deficiências _____

_____

_____

2.2.6.2 – O estado das baterias, nomeadamente o seu eletrólito (6) _____ tendo detetado (7) _____ deficiências _____

_____

_____

2.2.6.3 – O estado de funcionamento dos blocos autónomos (6) _____ tendo detetado (7) _____ deficiências _____

_____

_____

2.2.7 (*) – No decurso das vistorias, apercebi-me da prática, sem cuidado devido, dos seguintes métodos de trabalho suscetíveis de provocar contactos diretos _____

_____

_____

2.2.8 (*) – Apercebi-me das seguintes incorreções, quanto à execução de trabalhos nas instalações _____

_____

_____

2.2.9 – A *inexistência* dos seguintes materiais de reserva ou acessórios indispensáveis à exploração _____

_____

2.2.10 – A *existência* de instruções de primeiros socorros nos seguintes pontos da instalação _____

_____

_____

2.2.11 (*) – Em virtude de ter verificado que estão a ser dadas utilizações diferentes das inicialmente previstas a alguns locais servidos pela instalação, detetei a necessidade de proceder às seguintes alterações _____

_____

_____

2.2.12 (*) – A necessidade de redimensionar a instalação, introduzindo as alterações que passo a relatar com indicação das razões por que têm de ser feitas _____

_____

_____

2.2.13 – Outros factos _____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

3 (*) – Outras instalações:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

4 (*) – Modificações e ampliações:

Detetei as seguintes modificações e ampliações da instalação para as quais não fui consultado _____

_____

_____

_____

_____

5 (*) – Relações com o proprietário:

Dei conhecimento, por escrito, à Entidade Exploradora da necessidade de serem tomadas medidas que ainda não foram por ela concretizadas, pelo que as passo a enumerar com a indicação dos prazos que, relativamente a cada uma, mencionei nas comunicações _____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Anexos _____ exemplares.

Data _____/_____/_____

O Técnico Responsável,

_____

(1) Entidade a quem é enviado o relatório e referência do processo da instalação.
(2) Entidade e localização da instalação elétrica.
(3) Descrição sumária da instalação elétrica com a indicação das suas características principais.
(4) Nome e morada do técnico responsável.
(5) Disposição legal que prevê a realização das vistorias.
(6) No caso de não haver deficiências deverá escrever-se expressamente «não».
(7) No caso de não haver deficiências deverá escrever-se «quaisquer» e no caso contrário deverá escrever-se «as seguintes».
(*) V. o n.º 1 das notas finais.

NOTAS FINAIS

1 – No caso de este relatório se destinar a dar cumprimento ao disposto no artigo 14.º do Decreto-Lei n.º 517/80, de 31 de outubro, não serão preenchidos, em regra, os n.os 1.2.1 a 1.2.5, 2.2.7, 2.2.8, 2.2.11, 2.2.12, 4 e 5.
2 – Se os espaços a preencher não forem suficientes, deverão juntar-se os anexos julgados convenientes.

Anexo G – Projecto Técnico de Parque de Formação para Trabalhos em Tensão - MT e BT

PARQUE DE FORMAÇÃO PARA TRABALHOS EM TENSÃO – MT E BT

Infraestrutura Eléctrica

Requerente: **TRIFACELOS, Lda.**

Instalação Eléctrica

PARQUE DE FORMAÇÃO PARA TRABALHOS EM TENSÃO – MT E BT

IDENTIFICAÇÃO DA OBRA

Local: Rua do Parque Industrial nº306 4750-549 Manhente, Barcelos

Requerente: TRIFACELOS, Lda.
Contribuinte: 506 880 125

TÉCNICO RESPONSÁVEL PELO PROJECTO

Nome: Jorge do Sameiro Barbosa Garrido (Contacto: 960408838)

Morada: Rua da Gandra nº395 – Silva, 4750 - 688 Barcelos

Número de inscrição na OE - 72442

PEÇAS DO PROJETO

1. – DECLARAÇÃO DE ISENÇÃO DE LICENÇA
2. – FICHA DE IDENTIFICAÇÃO E TERMO DE RESPONSABILIDADE
3. – FICHA ELETROTÉCNICA
4. – IDENTIFICAÇÃO DO PROJETISTA (OE)
5. – DECLARAÇÃO DA ORDEM
6. – DECLARAÇÃO DE INSCRIÇÃO NA DGEG
7. – PLANTA DE LOCALIZAÇÃO
8. – MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
9. – PEÇAS DESENHADAS

DECLARAÇÃO

De acordo com o disposto no ponto 2 do artigo 10º do Decreto-lei nº 517/80 de 31 de Outubro, a instalação pertencente a **TRIFACELOS, Lda.** sita na **Rua do Parque Industrial nº306, Manhente, 4750-549 Barcelos**, não carece de licenciamento municipal.

Barcelos, 22 de Junho de 2017

O Técnico responsável

Jorge do Sameiro Barbosa Garrido

CC nº 10339970 4 ZY4

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO E TERMO DE RESPONSABILIDADE DO PROJECTO DA INSTALAÇÃO ELÉCTRICA

1 – TIPO DA INSTALAÇÃO: A ☐ B ☐ C ☐ D ☒

2 – LOCALIZAÇÃO DA INSTALAÇÃO:

2.1 - Distrito: BRAGA 2.2 - Município de: BARCELOS

2.3 - Distribuidor: EDP Distribuição Energia S.A. 2.4 - DGEG / DRE : Norte

2.5 - Morada: Rua do Parque Industrial nº306

2.6 – Freguesia: Manhente 2.7 – Concelho: 4750-549 Barcelos

2.8 – Descrição sumária: Projeto Eléctrico, destinado a Parque de Formação para Trabalhos em Tensão, MT e BT, alimentado em baixa tensão, com potência de 20,70 kVA.

3 – ENTIDADE REQUERENTE:

3.1 – Nome: TRIFACELOS, Lda. 3.2 – NIPC / N.º de Contribuinte: 506 880 125

3.3 – Morada: Rua do Parque Industrial nº306

3.4 – Localidade: Manhente 3.5 – Código Postal: 4750-549 Barcelos

3.6 – Telefone: 0 3.7 – Telemóvel: 0 3.8 – FAX: 0

3.9 – E-mail: 0

4 – ENTIDADE PROJECTISTA:

4.1 – Nome: 4.2 - NIPC:

4.3 – Morada:

4.4 – Localidade: 4.5 – Código Postal:

4.6 – Telefone: 4.7 – Fax: 4.8 – E-mail:

5 – TÉCNICO RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO PROJECTO:

5.1 – Nome: Jorge do Sameiro Barbosa Garrido 5.2 – N.º de Contribuinte: 215 372 026

5.3 – TR N.º: 72442 5.4 - DGE/DRE/OE/ANET: OE

5.5 – Morada: Rua da Gandra nº395

5.6 – Localidade: Silva 5.7 – Código Postal: 4750 - 688 Barcelos

5.8 – CC: 10339970 4 ZY4 5.9 – Data Validade: 12-06-2019 5.10 - Arquivo de: CC

5.11 – Telefone: 5.12 – Telemóvel: 960408838 5.13 – Fax:

5.14 – E-mail: jorgesbgarrido@gmail.com

6 – RESPONSÁVEL PELO PAGAMENTO DA TAXA DE ESTABELECIMENTO / TAXA DE APROVAÇÃO:

Entidade Requerente: ☒ Técnico Responsável: ☐ Entidade Projectista: ☐

7 – TERMO DE RESPONSABILIDADE:

Eu abaixo assinado, autor do projecto da instalação eléctrica acima identificada, declaro que nele se observam as disposições regulamentares em vigor, bem como outra legislação aplicável. Declaro igualmente que esta minha responsabilidade terminará com a aprovação do projecto, ou dois anos após a sua entrega ao proprietário da instalação caso o projecto não seja submetido a aprovação.

7.1 Data: 22-06-2017

Assinatura conforme Bilhete de Identidade

8 - RESERVADO AOS SERVIÇOS:			
8.1 Ref.ª:		8.2 Data de Entrada:	

F I C H A E L E C T R O T É C N I C A (1)

Concelho	Barcelos	Instalações novas	X
Lugar	Rua do Parque Industrial nº306	Instalações existentes	

Localização	Rua do Parque Industrial nº306 4750-549 Manhente, Barcelos Coord. GPS: 41º32'53.59''N 8º34'50.56''O

Requerente	TRIFACELOS, Lda. NIF 506 880 125
Morada	Rua do Parque Industrial nº306 4750-549 Manhente, Barcelos

Categoria das instalações: TIPO D

Número da licença municipal:

Portinhola (2):

Q. colunas (2): cx. forte | cx. barr. | cx. prot.

Constituição do imóvel

Pisos	Quantidade	Número de instalações por piso	Destino	Total de instalações
Cave(s).....				
Rés do Chão	1	1	Formação	1
Totais ...	1	----	----	1

Motores e aparelhos de soldaduras (3)

Quanti-dade	Potência (kVA)	Tipo de arranque	Potência total (kVA)	Observações

Potências previstas (4)

Locais de utilização	Quanti-dade	Iluminação, usos gerais e força motriz ---	Aquecimento --- kVA (5)	Total instalado --- kVA	Coeficiente de simultaneidade	Potência a alimentar --- kVA
Formação	1	20.70		20.70	1.00	20.70
Serv. comuns...						
Totais ...	1	-	-	20.70	-	**20.70**

Instalações sem projecto

Coluna	Tipo de condutores ____ Secção ____ mm² Prot. mecânica ____ mm²
Entradas	Tipo de condutores ____ Secção ____ mm² Prot. mecânica ____ Ø ____
Inst. utiliz.	____ circ. a 1,5 mm² c/ prot. ____ A ____ circ. a 2,5 mm² c/ prot. ____ A ____ circ. a 10 mm² c/ prot. ____ A

Técnico responsável inscrito na OE, sob o nº 72442

Nome (legível): Jorge do Sameiro Barbosa Garrido

Morada (legível): Rua da Gandra nº 395, Silva, 4750-688 - Barcelos

Assinatura: 22 / 06 / 2017

(1) Uma por cada ramal, chegada ou entrada.
(2) A preencher só quando se tratar de instalações existentes.
(3) A preencher só quando se tratar de instalações de FM; nos aparelhos de soldadura indicar em observações se é estático ou rotativo.
(4) Utilizar os escalões de potência fixados no tarifário em vigor.
(5) Um contador separado.
(6) Utilizar para estabelecimentos comerciais, industriais, agrícolas, etc.

(Reservado ao visto do distribuidor)

ORDEM DOS ENGENHEIROS
REGIÃO NORTE
CÉDULA PROFISSIONAL

ENGENHEIRO
JORGE DO SAMEIRO BARBOSA GARRIDO

MEMBRO N.º **72442**
CATEGORIA: **Efetivo**
COLÉGIOS: **Eletrotécnica**

VALIDADE:
28-02-2019

TITULAR

BASTONÁRIO

ORDEM
DOS ENGENHEIROS
REGIÃO NORTE

D E C L A R A Ç Ã O

O Conselho Diretivo da Região Norte da Ordem dos Engenheiros declara que o Engenheiro JORGE DO SAMEIRO BARBOSA GARRIDO está como Membro Efetivo, nesta associação pública profissional, sendo portador da Cédula Profissional n.º 72442, titular do curso de Engenharia Electrotécnica e de Computadores pelo(a) Escola Superior de Tecnologia - Instituto Politécnico do Cávado e Ave em 09-10-2014, agrupado na(s) Especialidade(s) de Eletrotécnica desde 17-12-2014, com o título de qualificação de Engenheiro Nível 1 , está na efetividade dos seus direitos como Engenheiro.

Validade

Projeto de instalações elétricas de acordo com a Lei n.º 14/2015, de 16 de fevereiro, do artigo 19.º, condicionado pela Lei nº 40/2015, de 1 de Junho.
Execução de instalações elétricas de acordo com a Lei n.º 14/2015, de 16 de fevereiro, do artigo 4.º e artigo 5.º, condicionado pela Lei nº 41/2015, de 3 de Junho.
Exploração de instalações elétricas de acordo com a Lei n.º 14/2015, de 16 de fevereiro, do artigo 20.º.
A responsabilidade pela execução, em nome individual, está limitada a instalações elétricas de potência até 41,4 KVA inclusivé, desde que disponha de um seguro de responsabilidade civil no valor mínimo de 50 000 €. Para potências superiores a 41,4KVA pode ser responsável desde que pertença ao quadro técnico de uma Entidade Instaladora, tendo em conta as condicionantes da Lei nº 41/2015, de 3 de Junho.
A presente declaração destina-se a ser exibida perante as entidades competentes, apenas para efeitos da prática do(s) ato(s) de engenharia nela descritos e é válida pelo prazo de 1 ano.

Assinatura

Porto, 23 de fevereiro de 2017.

Região Norte
Vice-Presidente do Conselho Diretivo

Elementos de validação
Código: Y0IX4QDQ
Ref.ª: IE0001
Declaração n.º: RN 255/2017

Rua Rodrigues Sampaio, N.º 123
222071300
www.oern.pt

Para efeitos de validação desta declaração, aceder sigoe.ordemdosengenheiros.pt e introduzir na pesquisa o código de validação acima mencionado, verificando que o documento obtido corresponde a esta declaração.

27-09-'16 06791

MINISTÉRIO DA ECONOMIA

Direção Geral
de Energia e Geologia

Exmo(s) Senhor(es)

JORGE DO SAMEIRO BARBOSA GARRIDO
RUA DA GANDRA, 395
SILVA

4750-688 BARCELOS

Sua referência:

Sua comunicação:

Nossa referência:
315
1/155457

ASSUNTO: **Reconhecimento de Técnico de Responsável de Instalações Elétricas de Serviços Particular (TRIESP) – Lei n.º 14/2015, de 16 fevereiro**

Em cumprimentos com o disposto na Lei n.º 14/2015, de 16 de fevereiro, por terem sido verificados os requisitos para acesso à profissão regulamentada de técnico responsável de instalações elétrica de serviço particular, tenho a informar que, por despacho datado de 2016-09-20, foi aceite a inscrição de V.Ex.ª como técnico responsável nos domínios do projeto, execução e exploração.

A esta inscrição foi atribuído o número de registo **155457**.

Com os melhores cumprimentos,

p/ **Maria José Espirito Santo**
(Diretora de Serviços de Energia Elétrica)

Gilberto Mariz
Chefe de Divisão DIEN

Av. 5 de Outubro, 208 (Edif. Sta. Maria)
1069-203 Lisboa
Tel.: 217 922 700/800
Fax: 217 939 540
Linha Azul: 217 922 861
www.dgeg.pt

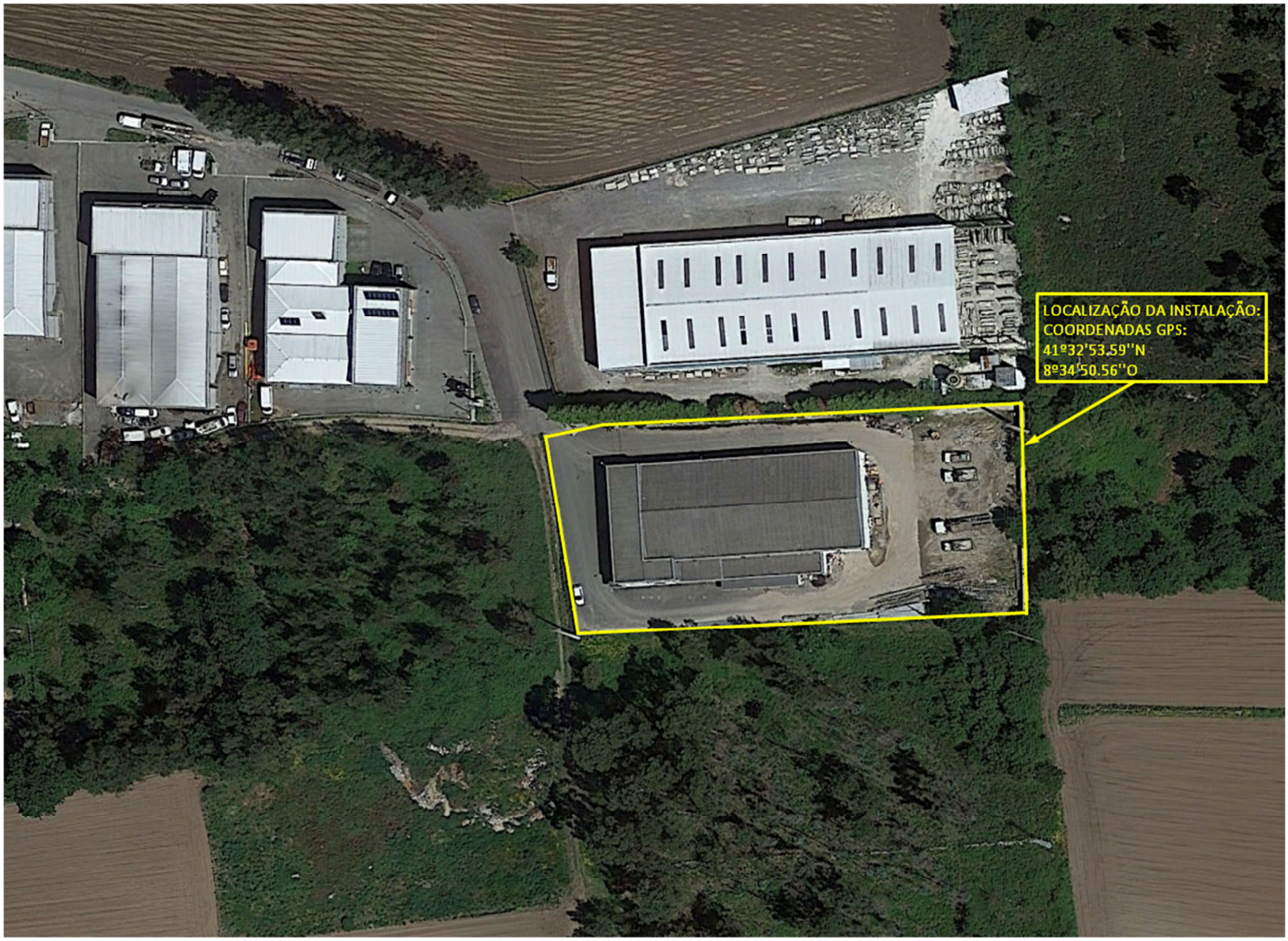
Área Norte:
Rua Direita do Viso, 120
4269 - 002 Porto
Telef.: 226 192 000
Fax: 226 192 199

Área Centro:
Rua Câmara Pestana, 74
3030 - 163 Coimbra
Telef.: 239 700 200
Fax: 239 405 611

Área Sul – Alentejo:
Zona Industrial de Almeirim
lote 18
7005-639 Évora
Telef.: 266 750 450
Fax: 266 743 530

Área Sul – Algarve:
Rua Prof. António Pinheiro e Rosa
8000 - 546 Faro
Telef.: 289 896 600
Fax: 289 896 691

LOCALIZAÇÃO DA INSTALAÇÃO



LOCALIZAÇÃO DA OBRA:

Rua do Parque Industrial nº306 4750-549 Manhente, Barcelos

Coordenadas GPS:

41º32’53.59’’N;

8º34’50.56’’O

PARQUE DE FORMAÇÃO PARA TRABALHOS EM TENSÃO – MT E BT

Infraestruturas Elétricas

Identificação Obra	Localização	Rua do Parque Industrial nº306 4750-549 Manhente, Barcelos

Requerente:	Nome	TRIFACELOS, Lda.
	nº Contribuinte	506 880 125

Projetista:	Nome	Jorge do Sameiro Barbosa Garrido
	Nº OE	72442
	Morada	Rua da Gandra, nº 395 – Silva 4750 - 688 Barcelos
	Contacto	960408838
	Email	jorgesbgarrido@gmail.com

Índice

O Projetista

O Projetista

O Projetista

Índice de Figuras

Índice de Tabelas

O Projetista

Nomenclatura

SIGLAS E ACRÓNIMOS

AO - Área Operacional

AT - Alta Tensão

BT - Baixa Tensão

EDP - Energias de Portugal

DGEG - Direcção Geral de Energia e Geologia

IEC - Comissão Eletrotécnica Internacional

IP - Iluminação Pública

MT - Média Tensão

PT - Posto de Transformação

PT AI - Posto de Transformação Aéreo com Interruptor

PT CB - Posto de Transformação do tipo Cabine Baixa

QGBT - Quadro Geral Baixa Tensão

QGE - Quadro Geral de Entrada

AD - Armário de Distribuição

RSRDEEBT - Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica de Baixa tensão

RESP - Rede de Distribuição Eléctrica de Serviço Público

RTIEBT - Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão

RSLEAT - Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão

RSSPTS - Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento

RSICEE - Regulamento de segurança de Instalações Colectivas de Edifícios e Entradas

TET-BT -Trabalho em Tensão de intervenção em Redes de Baixa Tensão

TET-LZT -Limpeza e pequena conservação em tensão de postos de transformação

BTN - Baixa Tensão Normal

BTE - Baixa Tensão Especial

ARC-BT - Assistência à Rede de Clientes na Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão

ARC-MT - Assistência à Rede de Clientes na Distribuição de Energia Eléctrica em Média Tensão

DCP - Dispositivo de Controlo de Potência

O Projetista

1 CAPÍTULO – Enquadramento do Projecto

1.1 Introdução

Este projecto, é levado a efeito pela empresa TRIFACELOS, Lda. é o culminar de um dos grandes objectivos desta empresa, fornecer aos seus colaboradores, e outros que a ela se associem, formação de qualidade em contexto prático próximo do real, para trabalhos em tensão, em infraestruturas que permitam um grau elevado de segurança, fiabilidade e qualidade.

O parque de formação será construído e dimensionado para que seja possível a realização dos seguintes tipos de trabalhos:

- Trabalhos em Tensão (TET) de intervenção em Redes de Baixa Tensão;
- Limpeza e pequena conservação em tensão de postos de transformação;
- Trabalhos em Altura;
- Acessórios Cabos de baixa tensão e mádia tensão;
- Contagem de energia em baixa tensão normal e especial;
- Assistência à Rede e Clientes na Distribuição de Energia Eléctrica em baixa e média tensão;
- Operadores de grupos electrogéneos com facilidades de paralelo à rede.

1.2 Legislação Aplicável

O enquadramento legal para infraestruturas deste tipo é inexistente na actual legislação, embora alguma da legislação abaixo elencada se encontre revogada, a mesma é considerada pelo facto de deter uma adequação mais correta para o enquadramento pretendido, sendo considerados os enquadramentos seguintes:

- RESP: Rede de Distribuição Eléctrica de Serviço Público;
- RTIEBT: Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão;
- RSRDEEBT: Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctricas em Baixa Tensão;
- RSLEAT: Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão;
- RSSPTS: Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento;

- RSICEE: Regulamento de Segurança de Instalações Colectivas de Edifícios e Entradas;
- Decreto Regulamentar 56/85;
- Portaria nº 454/2001.

Assim como pelas normativas seguintes:

- CEI 60298 – *A.C metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV;*
- IEC 259 – *Environmental Requirements for Electromechanical and Electronic Equipment;*
- DIN 43625 - *DIN Dimensioned IEC Fuses for Transformer Protection;*
- CEI 60076 - *Power transformers;*
- DIN 43671 - *Copper bus bars; design for continuous current*
- CEI 183 – *Guide to the selection of high-voltage cables*

E documentos da entidade EDP seguintes:

- DMA-C68-010/N – Materiais para protecção mecânica de redes (Tubos corrugados para redes subterrâneas);
- DMA-C63-201/N – Materiais para redes - Aparelhagem BT (Fusíveis BT);
- DMA-C62-801/N – Materiais para derivações e entradas BT (Armários de distribuição);
- DMA-C68-040/N – Materiais para protecção mecânica de redes (Placas PPC);
- DMA-C67-205/N – Apoios para Linha Eléctricas (Postes de betão para redes BT)
- DMA-C67-215/N – Apoios para linhas aéreas (Postes de betão para redes MT)
- DIT-C14-100/N – Ligações de clientes de BT
- DRE-C11-040/N – Guia Técnico de Terras.

1.3 Justificação do Projecto

Este projecto justifica-se tendo em vista o grau de complexidade que as infra-estruturas deste tipo detêm, obrigando a um correto dimensionamento de todos os seus sistemas de protecção. Estas infra-estruturas, sofrem em momentos diferentes (em contexto de formação) alterações ao seu tipo de configuração,

O Projetista

devendo em todos estes casos, os sistemas de protecção serem ajustados, garantindo um grau de segurança e fiabilidade constante.

1.4 Conceitos Gerais

O presente projecto, refere-se às infra-estruturas eléctricas de alimentação de um parque de formação para trabalhos em tensão (MT e BT), tendo como objectivo o dimensionamento de todas as canalizações de Média e Baixa Tensão, equipamentos associados a esta rede, assim como os seus dois postos de transformação. Estas infra-estruturas serão dimensionadas de forma a garantir energia com segurança, qualidade e fiabilidade de serviço a todos os seus utilizadores (formadores e formandos), através da alimentação da rede de distribuição de baixa tensão.

O parque de formação desenvolve-se no exterior das instalações da empresa (TRIFACELOS), não havendo nenhum tipo de interligação das infra-estruturas eléctricas do parque de formação com as infra-estruturas eléctricas do edifício da empresa.

O Parque de Formação divide-se em duas infra-estruturas fisicamente separadas:

- Parque de Trabalhos Práticos – Presente projecto
- Instalações de Apoio (Sala de formação), no interior das instalações da empresa, (não pertencendo à instalação eléctrica do parque de formação).

1.5 Funcionalidades do Parque

Como já referido o parque de formação desenvolve-se no exterior das instalações da TRIFACELOS, contendo várias tipos de infra-estruturas eléctricas, (RESP – BT, RESP – MT e instalação de utilização BT) que em momentos diferentes poderão ter funcionalidades diferentes, através de selecção realizada no quadro de comandos da instalação.

1.5.1 Postos de Transformação

Serão instalados dois postos de transformação no interior do parque, um do tipo cabine baixa e outro do tipo AI. Estes postos de transformação (PT) irão servir para elevar o nível de tensão de 400 V para 15 kV da rede de MT do parque, ou através de alteração na configuração da instalação eléctrica do parque

receber alimentação em MT 15 kV, (no caso do PT-AI). Os PT's e seus equipamentos serão do tipo utilizados nas redes de distribuição de energia eléctrica.

No caso do PT de cabine baixa, este será inserido na sala técnica a construir no parque de formação, que terá uma tipologia que permitirá a realização de formação de trabalhos TET, em postos de transformação do tipo subterrâneos. A sala técnica, contempla umas escadas de acesso exterior à cobertura, que por sua vez terá uma porta do tipo alçapão com escadas no interior da sala técnica para descida, assim como um corredor no seu interior simulando as galerias dos PT's subterrâneos.

1.5.2 Rede de MT

O parque será dotado de uma rede de Média Tensão (MT) subterrânea e aérea, utilizando diferentes tipos de apoios usados nas redes de distribuição de MT, sendo alimentada através do QGE em baixa tensão. Esta rede terá uma configuração em anel, permitindo, com a inserção de seccionadores de rede de MT, o desenvolvimento de trabalhos pretendidos nesta rede, ou seja, seccionamento de rede em diversos pontos, para intervenções a frio (sem tensão, objectivo dos trabalhos TET em MT).

1.5.3 Rede de BT

A rede de distribuição BT do parque, será composta por rede subterrânea, com a utilização de armários de distribuição, iluminação pública com a aplicação de colunas com diferentes tipos de luminárias, rede aérea, com o emprego de diferentes tipos de apoios, sendo colocadas em alguns destes apoios luminárias para iluminação pública.

1.5.4 Rede de Clientes BT

Serão colocadas várias tipologias de alimentação a clientes, em Baixa Tensão Normal (BTN) e Baixa Tensão Especial (BTE), alimentados dos armários da rede subterrânea, sendo as quantidades e tipologias, as seguintes:

- 8 – Alimentações a moradias de clientes BTN que compreendem:
    - Portinhola, caixa de DCP, quadro de cliente com a colocação de 3 tomadas monofásicas do tipo Shucko e 1 tomada trifásica.

O Projetista

- 2 – Alimentações dos AD, com a transição subterrâneo/aéreo com a descida a moradias de clientes BTN que compreendem:
    - Caixa de DCP, quadro de cliente com a colocação de 3 tomadas monofásicas do tipo Shucko e 1 tomada trifásica.
- 2 – Alimentações do tipo edifício colectivo que compreendem:
    - Caixa de portinhola, quadro de coluna com: caixa de corte de entrada, caixa de barramento geral e caixa de colunas, com diferentes tipos de seccionadores de saída para fracções.
- 1 – Alimentação do tipo BTE que compreende:
    - Caixa de portinhola, caixa de TI's, caixa de equipamento de contagem, quadro de cliente, 3 tomadas monofásicas do tipo Shucko e 1 tomada trifásica.

Nota: *O facto das saídas dos quadros das instalações de cliente apenas contemplarem tomadas, tem exclusivamente como objectivo, possibilitar a inserção de cargas nas instalações, simulando o fluxo de correntes e quedas de tensão nas redes.*

1.5.5 Quadro de Comandos

O quadro de comandos, que compreende um sistema de comandos realizado através de contactores comandados por um selector de 6 posições, que irá permitir seleccionar as opções de tipo de alimentação ao parque, sendo essas as seguintes:

- **Posição 0:** Parque Desligado;
- **Posição 1:** Alimentação ao QGBT do PT-CB em BT;
- **Posição 2:** Alimentação ao QGBT (PT-AI e PT-CB) em BT;
- **Posição 3:** Alimentação ao Transformador do PT-CB em BT;
- **Posição 4:** Alimentação ao Transformador do PT-AI (com alimentação a partir do PT-CB em MT);
- **Posição 5:** Alimentação ao Transformador do PT-CB e QGBT do PT-CB em BT.

O objectivo é a realização dos vários tipos de trabalhos (TET), no parque com o máximo de segurança possível, ou seja, alimentar a configuração que melhor se

adapta ao tipo de formação a ministrar, considerando em todas as situações a sua correta protecção.

O Projetista

2 CAPÍTULO - Instalação de Entrada Principal em BT

2.1 Objectivo

O presente projecto, refere-se às infra-estruturas eléctricas de alimentação a um parque de formação para trabalhos em tensão (MT e BT), tendo como finalidade a especificação das condições técnicas de construção, exploração e de segurança dos Postos de transformação, de características normalizadas, cujo objectivo é o fornecimento de energia eléctrica (alimentação da rede interior do parque) em Baixa Tensão ou em Média Tensão.
A actual memória descritiva, contempla duas partes distintas (instalação eléctrica de alimentação ao parque a partir da Rede de Distribuição Pública de Energia Eléctrica (RESP) em BT, e a instalação da rede de distribuição interior (simulação da rede de distribuição de energia eléctrica BT e MT). Neste capitulo é abordado a constituição da rede eléctrica de entrada (alimentação ao parque), sua constituição, dimensionamentos e cálculos.

A alimentação da infra-estrutura eléctrica, é efectuada através da Rede de Distribuição em Baixa Tensão (RESP), com uma potência de **20,70 kVA**, tendo a sua origem (fronteira) na portinhola de entrada e caixa de contador (BTN), localizada no muro de delimitação exterior do edifício, conforme peça desenhada nº11.

Nota: *No presente capítulo os cálculos são efectuados considerando a alimentação do parque a partir do QGE em BT.*

2.2 Instalação de utilização

Como já referido, a instalação de utilização terá a sua origem nos terminais de saída da portinhola, localizada no muro exterior do edifício.
O parque terá uma sala técnica no seu interior, que irá alojar, o Quadro Geral de Entrada, Quadro de Comandos e o PT de cabine baixa, sendo a partir desta sala técnica que será comandada toda a rede do parque.
Esta sala técnica terá também, como supracitado, a funcionalidade de simulação de postos de transformação subterrâneos.

2.3 Classificação da Instalação

2.3.1 Utilização

O presente projecto, embora não tenha enquadramento legal aplicável, tendo em consideração a sua utilização, deverá ter enquadramento na secção 801.4.2 das Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão (RTIEBT).

O edifício objecto do presente projecto é assim classificado quanto à utilização como "**Locais afectos a serviços eléctricos**", "Parque de Formação para Trabalhos em Tensão"

A estrutura física do parque onde serão considerados os trabalhos (formação) a realizar será constituída por:

- Sala Técnica:
  - Espaço fechado, abrigado fechado sem concentração de poeiras.
- Zonas de trabalhos – BT, Zonas (1, 2, 3 e 4):
  - Espaço amplo, abrigado (cobertura aberta) aberto com alguma concentração de poeiras.
- Restantes Zonas:
  - Espaço amplo, desabrigado aberto com alguma concentração de poeiras.

2.4 Influências Externas

A tabela 1, resume a classificação de cada espaço quanto às influências externas assim como indica o índice de protecção mínimo (IP IK) que todos os equipamentos/materiais neles instalados deverão respeitar, considerando que nas zonas exteriores a instalação será do tipo RESP, com a aplicação dos materiais e equipamentos que são utilizados na RESP, nomeadamente:

- Invólucros das caixas de ligação;
- Quadros;
- Canalizações;
- Aparelhos de iluminação normal e de segurança.

O Projetista

Tabela 1 – Classificação dos locais e respectivos índices de protecção

	Factores de influência externa	Zonas trabalhos 1, 2, 3 e 4	Sala técnica	Locais desabrigados
AMBIENTAIS	AAX temperatura ambiente	AA4	AA4	AA8
	ABX Condições climáticas	AB4	AB4	AB8
	ACX Altitude	AC1	AC1	AC1
	ADX Presença de água	AD1	AD1	AD4
	AEX Presença de corpos sólidos estranhos	AE1	AE3	AE3
	AFX Presença de corpos, subst. Corrosivas ou poluentes	AF1	AF2	AF2
	AGX Acções mecânicas (Impactos)	AG2	AG2	AG2
	AHX Ações mecânicas (Vibrações)	AH1	AH1	AH1
	AKX Presença de Flora e Bolores	AK1	AK1	AK1
	ALX Presença de fauna	AL1	AL1	AL1
	AMX Influências electromagn., electrost. Ou ionizantes	AM1	AM1	AM1
	ANX Radiações solares	AN1	AN1	AN2
	APX Efeitos sísmicos	AP1	AP1	AP1
	AQX Descargas atmosféricas, nível cerâunico (N)	AQ1	AQ1	AQ1
UTILIZAÇÕES	BAX Competência das pessoas	BA1	BA1	BA1
	BBX Resistência eléctrica do corpo humano	BB2	BB1	BB2
	BCX Contacto das pessoas com o potencial da terra	BC2	BC2	BC2
	BDX Evacuação das pessoas em caso de emergência	BD1	BD1	BD1
	BEX Natureza dos produtos tratados ou armazenados	BE1	BE1	BE1
CONSTRUÇÃO DOS EDIFÍCIOS	CAX Materiais de construção	CA1	CA1	CA1
	CBX Estruturas dos edifícios	CB1	CB1	CB1
INDICE DE PROTECÇÃO		IP54 IK07	IP44 IK07	IP54 IK07

2.5 Lotação

A ocupação previsível para o local será inferior a 20 pessoas.

Embora o enquadramento legal, tendo em conta a utilização e lotação espectável para o edifício alvo do presente projecto não o obrigue, foi considerada a instalação de iluminação de segurança nas vertentes ambiente e sinalização de saída.

A iluminação de segurança do tipo sinalização de saída garantirá a evacuação segura de pessoas em caso de falha de energia eléctrica para o exterior do edifício (Sala técnica) sinalizando obstáculos, mudanças de direcção, desníveis e portas do caminho de evacuação.

A iluminação de segurança do tipo ambiente foi apenas considerada nas zonas de trabalho 1, 2, 3 e 4, estando este tipo de iluminação apoiada no circuito

correspondente ao local onde se encontra. Os equipamentos de iluminação ambiente e circulação serão do tipo bloco autónomo não permanente.
Desta forma dá-se cumprimento ao disposto na secção **801.3.1.2** das RTIEBT.

2.6 Constituição da Instalação

2.6.1 Portinhola e Contador

Uma vez que a potência instalada da instalação não ultrapassa os 41,40 kVA, neste caso 20,70 kVA, o sistema de contagem será do tipo directa, ou seja BTN (Contagem em Baixa Tensão Normal).

A caixa de contador e a portinhola terão um IP65/IK09, e da classe II de isolamento, e serão instaladas de acordo com pormenor das alturas regulamentares da portinhola e contador constante no desenho nº24.

2.6.2 Quadros Eléctricos

Esta instalação será composta pelos seguintes quadros:

- **O Quadro Geral de Entrada (QGE),** localizado no interior da sala técnica, junto da entrada principal, que irá assegurar a chegada da portinhola e a distribuição dos diversos circuitos pertencentes ao parque.
- **O Quadro Comandos (QC1),** localizado no interior da sala técnica ao lado do QGE, que irá assegurar a chegada de alimentação de energia do QGE e a transição de alimentação às várias configurações possíveis de alimentação à instalação, como explicado no ponto 2.2 "*Funcionalidades do Parque*" da presente memória.
- **O Quadro Comandos (QC2),** localizado no exterior, ao lado do QGBT do PT – AI, que irá assegurar a chegada de alimentação de energia do QGE e a transição de alimentação às várias configurações possíveis de alimentação à instalação, como explicado no ponto 2.2 "*Funcionalidades do Parque*" da presente memória.

Nota: *Para as restantes alimentações, aos PT's, armários e Portinholas de Iluminação Pública, embora o cálculo das canalizações seja efectuado nesta parte da memória, o restante dimensionamento será abordado nos capítulos 3 e 4, da presente memória.*

O Projetista

2.6.2.1 Quadros de Instalação de clientes BT

Tendo em consideração a tipologia da infra-estrutura de baixa tensão necessária aos trabalhos (formação) a realizar, esta instalação será composta pelos seguintes quantidades e tipologias de quadros de cliente (servidos pelos AD's):

- **10 - Quadro Geral de Entrada (QGE) de moradia,** localizados no muro exterior do parque, que irá assegurar a chegada da sua portinhola e a distribuição dos diversos circuitos pertencentes a estas instalações, neste caso apenas tomadas.
- **1 - Quadro Geral de Entrada (QGE) de cliente BTE,** localizado no muro exterior do parque, que irá assegurar a chegada da sua portinhola e a distribuição dos circuitos pertencentes a esta instalação, neste caso apenas as tomadas.
- **2 - Quadro Colunas (QC) de edifício colectivo,** localizados no muro exterior do parque, que irá assegurar a chegada da sua portinhola e a distribuição das suas colunas montantes.

2.7 Constituição dos Quadros Eléctricos

O quadro eléctrico deverá ser montado em fábrica ou ser concebido e executado conforme o disposto nas RTIEBT nomeadamente o disposto na secção 558, terá invólucro construído em material isolante não propagador de chama (segundo NP 1073), fixada à estrutura rígida de perfilados, garantindo um grau de protecção não inferior ao correspondente à classificação do local onde serão instalados.

O quadro será da classe II de isolamento, será dimensionado folgadamente de modo a conter todo o equipamento, reservas previstas nos esquemas respectivos, cumprindo-se o regulamentado sobre distâncias mínimas de isolamento, será dotado de barramento completo (fases, neutro e terra) em cobre nu electrolítico, com as secções indicadas nos esquemas correspondentes, ou equivalentes. As barras ficarão rigidamente assentes em apoios de material isolante, por forma a garantir a sua estabilidade aos esforços de curto-circuito, também poderão ser utilizados barramentos do tipo normalizado, ou ainda repartidores e pentes de ligação, desde que de calibre adequado.

Nas ligações aos barramentos deverão ser utilizados terminais de compressão e parafusos, não sendo permitida a execução de olhais com os próprios

condutores. Toda a montagem e ligações serão executadas de modo a permitir retirar qualquer aparelho para trabalhos de conservação, sem necessidade de desmontar os restantes.

A distribuição de aparelhagem no quadro, deverá ser feita de modo que os disjuntores sejam instalados junto, e ao lado, dos interruptores diferenciais que os precedem, ou identificados de forma bem clarificada.

Os circuitos de secção igual ou inferior a 16 mm^2, serão ligados através de réguas de bornes devidamente calibrados, assentes em perfis adequados.

Cada circuito será identificado através de uma etiqueta resistente (durável) especificando a sua função, as entradas e saídas do quadro deverá ser feita através de acessórios adequados, que evitem a penetração de poeiras e humidades. Os equipamentos a montar no quadro serão os que constam nos esquemas respectivos, obedecendo às regras e normas aplicáveis mais propriamente as seguintes:

- Interruptores: CEI 947-3 e CEI 669-1
- Interruptores diferenciais: EN 61008-1
- Disjuntores: EN 60.898 e EN 947.2
- Porta fusíveis: CEI 269-1 2

2.8 Canalizações

No estabelecimento das canalizações, deverá ser consultada a tabela 4, e deverão respeitar-se as disposições regulamentares em vigor, nomeadamente as seguintes:

- **A identificação dos condutores** obedecerá ao disposto nas Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão.
- **A ligação dos aparelhos** que não disponham de Ficha terminal de ligação, esta será efectuada através de caixas terminais por intermédio de dispositivos de aperto mecânico, devidamente dimensionados.
- **As caixas de derivação** deverão obedecer à norma EN 60439-1, ter um índice de protecção IP XX, IK XX, conforme a tabela 1 acima apresentada em função da sua localização, as suas dimensões deverão ser apropriadas ao número de condutores alojados para as respectivas ligações.

O Projetista

2.8.1 Troços Principais

- **O troço da canalização (Portinhola – QGE)** será em cabo do tipo XV multicondutores em conduta embebida no pavimento, entre a portinhola localizada na parede exterior do edifício e o QGE, localizado no interior da Sala Técnica, protegido contra sobrecargas e curto-circuito por fusível do tipo Gg tamanho 22x58 e calibre 50 A, A.P.C.
- **O troço da canalização (QGE – QC1 – QGBT-CB)** será em cabo do tipo XV multicondutores em caminho de cabos fixo às paredes, entre o QGE, localizado na entrada principal da Sala Técnica e o QGBT-CB localizado no interior do PT de cabine baixa, com protecção contra sobrecargas e curto-circuito por Disjuntor de calibre 32 A e com poder de corte de 6 kA.
- **O troço da canalização (QGE – QC1 – Transformador-CB)** será em cabo do tipo XV multicondutores em caminho de cabos fixo às paredes, entre o QGE, localizado na entrada principal da Sala Técnica e o Transformador-CB localizado no interior do PT de cabine baixa, com protecção contra sobrecargas e curto-circuito por Disjuntor de calibre 32 A e com poder de corte de 6 kA.
- **O troço da canalização (QGE – QC2 – QGBT-AI)** será em cabo do tipo XV multicondutores em conduta embebida no pavimento, entre o QGE, localizado na entrada principal da Sala Técnica e o QGBT-AI localizado no exterior do Apoio do AI, com protecção contra sobrecargas e curto-circuito por Disjuntor de calibre 32 A e com poder de corte de 6 kA.

Nota: *Todos os troços acima identificados assim como os restantes podem ser verificados na peça desenhada n°10 "Diagrama da Rede de Alimentação e Distribuição aos Quadros, Armários e PT's"*

2.9 Tomadas

2.9.1 Tomadas Monofásicas

- **Sala Técnica - As tomadas dos circuitos monofásicos**, serão tipo Shucko de montagem saliente nas paredes, com tampa, com IP 44, e uma intensidade nominal mínima de 16 A, os condutores a utilizar serão do tipo XV 3G2,5 mm^2, protegidos por tubos fixos por abraçadeiras nas paredes ou em esteiras metálicas perfuradas, com protecção mecânica adequada

ao local em que se encontram inseridos IK 07, os seus traçados devem ser horizontais ou verticais, deverá ser consultada a peça desenhada nº7.

- **Zonas de trabalho (instalações tipo de clientes) - As tomadas dos circuitos monofásicos**, serão tipo Shucko de montagem embebida nas paredes, com tampa, com IP 44, e uma intensidade nominal mínima de 16 A, os condutores a utilizar serão do tipo XV 3G2,5 mm^2 ou H07V-U, protegidos por tubos nas paredes, com protecção mecânica adequada ao local em que se encontram inseridos IK 07, os seus traçados devem ser horizontais ou verticais, deverão ser consultadas a peças desenhadas nº14 e 15.

2.9.2 Tomadas Trifásicas

- **Sala técnica - As tomadas dos circuitos trifásicos**, serão tipo CEE (3P+N+T) de montagem saliente nas paredes, com tampa, com o mínimo IP 44, e uma intensidade nominal mínima respeitante ao circuito correspondente, os cabos a utilizar nestes circuitos serão do tipo XV – 5G2,5 mm^2, protegidos por tubos fixos por abraçadeiras nas paredes ou em esteiras metálicas perfuradas, a protecção mecânica destes condutores deverá ser adequada ao local em que se encontram inseridos IK 07, os seus traçados devem ser horizontais ou verticais em todas as situações nestes tipos de canalizações, deverá ser consultada a peça desenhada nº 7.
- **Zonas de trabalho (instalações tipo de clientes) - As tomadas dos circuitos trifásicos**, serão tipo CEE (3P+N+T) de montagem embebida nas paredes, com tampa, com o IP 44, e uma intensidade nominal mínima de 16 A, os condutores a utilizar serão do tipo XV 5G2,5 mm^2 ou H07V-U, protegidos por tubos nas paredes, com protecção mecânica adequada ao local em que se encontram inseridos IK 07, os seus traçados devem ser horizontais ou verticais, deverão ser consultadas as peças desenhadas nº14 e 15.

A protecção a estes circuitos será efectuada no respectivo quadro eléctrico através de Interruptor Diferencial e por disjuntor tripolar de calibre e poder de corte adequado, conforme apresentado nas peças desenhadas, desenho nº11, 14 e 15.

O Projetista

2.10 Iluminação

2.10.1 Emergência

-A iluminação de emergência será assegurada através de blocos autónomos, não permanente e uma autonomia de duas horas, localizados nos locais assinalados nas peças desenhadas, serão ligados ao mesmo circuito de iluminação normal, do local respectivo em que se encontram instalados, este tipo de iluminação, será alimentado com condutores do tipo XV 3G1,5 mm^2**,** devidamente protegido por tubos fixos por abraçadeiras às paredes ou em esteiras metálicas perfuradas, a protecção mecânica destes condutores deverá ser adequada ao local em que se encontram inseridos IK 07 e IP 44 (conforme tabela 1), deverá ser consultada a peça desenhada nº7.

2.10.2 Normal

-A iluminação normal será assegurada por armaduras do tipo fluorescentes de potência 2x58 W de instalação exterior, nas zonas de trabalho e de potência 1x58 W na Sala Técnica, de fixação saliente, localizadas nos locais assinalados nas peças desenhadas. Este tipo de iluminação será alimentado com condutores do tipo XV 3G1,5 mm^2, devidamente protegido por tubos embebidos ou fixos por abraçadeiras às paredes, a protecção mecânica destes condutores deverá ser adequada ao local em que se encontram inseridos IK 07, IP 44, conforme tabela 1, deverá ser consultada a peça desenhada nº7.

Estes circuitos serão protegidos no quadro eléctrico por Interruptor Diferencial e por disjuntor unipolar de 10 A com poder de corte de adequado, conforme o apresentado na peça desenhada, desenho nº11.

2.11 Potências a Considerar

Para a alimentação ao parque de formação como já acima referido, em função da sua utilização foi dimensionada a seguinte potência de alimentação, 20,70 kVA.

$P_{inst} = 20{,}70\ kVA$

Sendo P_{inst} a Potência Instalada, e U_c a tensão composta medida entre fase-fase e U_0 tensão simples entre fase-neutro, por conseguinte a corrente de serviço I_b é calculada através das expressões seguinte:

$$I_b = \frac{P_{inst}}{\sqrt{3}*U_c}\ (trifásico) \qquad I_b = \frac{P_{inst}}{U_0}\ (monofásico)$$

Substituindo os valores das expressões acima apresentadas obtemos as potências e correntes da instalação da tabela 2:

Tabela 2 – Potências da instalação

POTÊNCIAS DA INSTALAÇÃO			
TROÇO DA INSTALAÇÃO		POTÊNCIA POR TROÇO	
Origem	Destino	Potência (kVA)	Corrente de serviço em (A)
Port.	QGE	20,70	29,88
QGE	Iluminação -C1	0,20	0,87
QGE	Iluminação -C2	0,20	0,87
QGE	Tomadas - C3	0,50	2,17
QGE	Tomadas Trif.- C4	0,50	0,72
QGE	QGBT - CB	20,70	29,88
QGBT - CB	AD01	20,70	29,88
AD01	AD02	20,70	29,88
AD01	Moradia 1	10,35	14,94
AD01	Moradia 2	6,90	9,96
AD01	Moradia 3	17,25	24,90
QGBT - CB	AD02	20,70	29,88
AD02	Moradia 4	20,70	29,88
AD02	Moradia 5	10,35	14,94
AD02	Moradia 6	13,80	19,92
QGBT - CB	AD03	20,70	29,88
AD03	AD04	20,70	29,88
AD03	Moradia 7	10,35	14,94
AD03	Moradia 8	6,90	9,96
AD03	Edif. Coletivo1	20,70	29,88
AD04	Moradia 9	10,35	14,94
AD04	Moradia 10	6,90	9,96
AD04	Edif. Coletivo2	20,70	29,88
AD04	Cliente BTE	20,70	29,88
QGBT - CB	Cx S01	10,35	14,94
Cx S01	Cx S02	10,35	14,94
QGBT - CB	Cx S03	10,35	14,94
QGE	QGBT - AI	20,70	29,88

2.12 Protecção Contra Sobrecargas e Curto-Circuitos

2.12.1 Protecção Contra Sobrecargas

As protecções contra sobrecargas e curto-circuito serão asseguradas através de disjuntores magneto térmicos e por seccionador fusíveis com uma corrente nominal indicada na tabela 3 e adequada a cada circuito a proteger.

Os valores apresentados na tabela 3, foram obtidos tendo em consideração o seguinte:

O Projetista

- I_b - é a corrente de serviço do circuito, em amperes;
- I_Z - é a corrente admissível na canalização, em amperes;
- I_N - é a corrente estipulada do dispositivo de protecção, em amperes;
- I_2 - é a corrente convencional de funcionamento, em amperes.
    - Na prática I_2 é igual:
        - à corrente de funcionamento, no tempo convencional, para os disjuntores: $I_2 = 1.45.I_N$
        - à corrente de fusão, no tempo convencional, para os fusíveis do tipo gG: $I_2 = 1.60.I_N$

Tabela 3 – Condições das correntes da canalização a verificar

Condições de Protecção da canalização para sobrecargas e curto-circuito								
Troço Origem-Destino		**Tipo de condutores e canalização**	**IB (A)**	**Iz (A)**	**Iz x1.45 (A)**	**Protecção**	**In (A)**	**I2 (A)**
Port.	QGE	XV - 4x35	29,88	139	201,84	C. Circuitos e sobrecargas	32	51,2
QGE	Iluminação C1	XV - 3G1,5	0,87	23	33,35	C. Circuitos e sobrecargas	10	14,5
QGE	Iluminação C2	XV - 3G1,5	0,87	23	33,35	C. Circuitos e sobrecargas	10	14,5
QGE	TomadasC3	XV - 3G2,5	2,17	31	44,95	C. Circuitos e sobrecargas	16	23,2
QGE	Tomadas Trif.C4	XV - 5G2,5	0,72	30	43,5	C. Circuitos e sobrecargas	16	23,2
QGE	QGBT - CB	XV - 4X35	29,88	174	252,3	C. Circuitos e sobrecargas	32	46,4
QGBT - CB	AD01	LSVAV - 4x95	29,88	235	340,75	C. Circuitos e sobrecargas	200	320
AD01	AD02	LSVAV - 4x95	29,88	235	340,75	C. Circuitos e sobrecargas	200	320
AD01	Moradia 1	LSVAV - 4x16	14,94	68	98,6	C. Circuitos e sobrecargas	25	40
AD01	Moradia 2	LSVAV - 4x16	9,96	68	98,6	C. Circuitos e sobrecargas	25	40
AD01	Moradia 3	LSVAV - 4x16	24,90	68	98,6	C. Circuitos e sobrecargas	32	51,2
QGBT - CB	AD02	LSVAV - 4x95	29,88	235	340,75	C. Circuitos e sobrecargas	200	320
AD02	Moradia 4	LSVAV - 4x16	29,88	68	98,6	C. Circuitos e sobrecargas	40	64
AD02	Moradia 5	LSVAV - 4x16	14,94	68	98,6	C. Circuitos e sobrecargas	25	40
AD02	Moradia 6	LSVAV - 4x16	19,92	68	98,6	C. Circuitos e sobrecargas	32	51,2
QGBT - CB	AD03	LSVAV - 4x95	29,88	235	340,75	C. Circuitos e sobrecargas	200	320
AD03	AD04	LSVAV - 4x95	29,88	235	340,75	C. Circuitos e sobrecargas	200	320
AD03	Moradia 7	LSVAV - 4x16	14,94	68	98,6	C. Circuitos e sobrecargas	32	51,2
AD03	Moradia 8	LSVAV - 4x16	9,96	68	98,6	C. Circuitos e sobrecargas	25	40
AD03	Edif. Coletivo1	LSVAV - 4x16	29,88	68	98,6	C. Circuitos e sobrecargas	50	80
AD04	Moradia 9	LSVAV - 4x16	14,94	68	98,6	C. Circuitos e sobrecargas	25	40
AD04	Moradia 10	LSVAV - 4x16	9,96	68	98,6	C. Circuitos e sobrecargas	32	51,2
AD04	Edif. Coletivo2	LSVAV - 4x16	29,88	68	98,6	C. Circuitos e sobrecargas	40	64
AD04	Cliente BTE	LSVAV - 4x25	29,88	83	120,35	C. Circuitos e sobrecargas	63	100,8
QGBT - CB	Cx S01	LSVAV - 4x95	14,94	176	255,2	C. Circuitos e sobrecargas	160	256
Cx S01	Cx S02	LXS - 4x70	14,94	190	275,5	C. Circuitos e sobrecargas	125	200
QGBT - CB	Cx S03	LSVAV - 4x95	14,94	176	255,2	C. Circuitos e sobrecargas	160	256
QGE	QGBT - AI	XV - 4X35	29,88	139	201,84	C. Circuitos e sobrecargas	32	46,4

Na tabela 3, verificam-se as seguintes condições:

- ✓ 1ª Condição - $I_b \leq I_N \leq I_Z$
- ✓ 2ª Condição - $I_2 \leq I_Z \times 1.45$

2.12.2 Correntes Máximas de Curto-Circuito

Para os cálculos das correntes de curto-circuito previsíveis foram desenvolvidos com base nos seguintes parâmetros. Uma vez conhecida a Rede de Distribuição

de Energia que irá alimentar o parque, foi considerado o seguinte, ($S_{cc(rede)}$ Potência de curto-circuito da rede) fornecidos pela Empresa Distribuidora de Energia EDP e a tensão de curto-circuito do transformador, fornecido pelo fabricante.

$S_{cc(rede)}$ = 350 MVA

U_n = 15 kV

$S_{Transformador}$ = 160 kVA

U_{cc} = 4%

L = 20m - Comprimento de canalização (LSVAV - 4 x 16 mm^2) do QGBT até à portinhola.

Tabela 4 - Cálculo das correntes de curto-circuito BT

CALCULO DO Iccmax em (KA)										
Troço Origem-Destino	**TIPO DE CANALIZAÇÃO (Método Ref.)**	**Tipo de condutores**	**Secção dos condutores**	**POTÊNCIA (kVA)**	**Reatância Linear X da canalização (Ω/m)**	**Resistência R (Ω) cobre com ρ 30º = 0,0225mm2 (Ω/m)**	**Resistência R (Ω) aluminio com ρ 30º = 0,036mm2 (Ω/m)**	**Impedância equivalente Zs em (Ω/m)**	**Iccmax em (KA)**	**Comprimento (m)**
Transf.-Port.	Enterrada, tubos (D)	LSVAV–4x16	16	20,70	0,0421		0,045	0,0616	3,75	20
Port.-QGE		XV - 4x35	35	20,70	0,0000	0,002		0,0630	3,66	3
QGE-IluminaçãoC1	Cabos mono ou multicondutores Fixados às paredes, aos tectos (C)	XV - 3G1,5	1.5	0,20	0,0000	0,090		0,1432	1,61	6
QGE -Iluminação C2		XV - 3G1,5	1.5	0,20	0,0000	0,045		0,1011	2,28	3
QGE-TomadasC3		XV - 3G2,5	2.5	0,50	0,0000	0,027		0,0851	2,72	3
QGE -Tomadas Trif.C4		XV - 5G2,5	2.5	0,50	0,0000	0,027		0,0851	2,72	3
QGE-QGBT - CB		XV - 4X35	35	20,70	0,0000	0,002		0,0645	3,58	3
QGBT – CB-AD01	Ente. diretamente ao solo (D)	LSVAV - 4x95	95	20,70	0,0013		0,006	0,0700	3,30	16
AD01-AD02		LSVAV - 4x95	95	20,70	0,0010		0,005	0,0742	3,11	12
AD01-Moradia 1	Enterrada, tubos (D)	LSVAV - 4x16	16	10,35	0,0000		0,007	0,0754	3,06	3
AD01-Moradia 2		LSVAV - 4x16	16	6,90	0,0000		0,007	0,0754	3,06	3
AD01-Moradia 3		LSVAV - 4x16	16	17,25	0,0000		0,007	0,0754	3,06	3
QGBT – CB-AD02	Ente. diretamente ao solo (D)	LSVAV - 4x95	95	20,70	0,0022		0,010	0,0723	3,20	27
AD02-Moradia 4	Enterrada, tubos (D)	LSVAV - 4x16	16	20,70	0,0000		0,007	0,0777	2,97	3
AD02-Moradia 5		LSVAV - 4x16	16	10,35	0,0000		0,007	0,0777	2,97	3
AD02-Moradia 6		LSVAV - 4x16	16	13,80	0,0000		0,007	0,0777	2,97	3
QGBT – CB-AD03	Ente. diretamente ao solo (D)	LSVAV - 4x95	95	20,70	0,0030		0,014	0,0758	3,05	37
AD03-AD04		LSVAV - 4x95	95	20,70	0,0010		0,005	0,0800	2,89	12
AD03-Moradia 7	Enterrada, tubos (D)	LSVAV - 4x16	16	10,35	0,0000		0,043	0,1130	2,04	19
AD03-Moradia 8		LSVAV - 4x16	16	6,90	0,0000		0,007	0,0813	2,84	3
AD03-Edif. Coletivo1		LSVAV - 4x16	16	20,70	0,0000		0,007	0,0813	2,84	3
AD04-Moradia 9		LSVAV - 4x16	16	10,35	0,0000		0,043	0,1176	1,96	19
AD04-Moradia 10		LSVAV - 4x16	16	6,90	0,0000		0,007	0,0856	2,70	3
AD04-Edif.Coletivo2		LSVAV - 4x16	16	20,70	0,0000		0,007	0,0856	2,70	3
AD04-Cliente BTE		LSVAV - 4x25	25	20,70	0,0000		0,004	0,0836	2,76	3
QGBT – CB-Cx S01		LSVAV - 4x95	95	10,35	0,0056		0,027	0,0876	2,64	70
Cx S01-Cx S02		LXS - 4x70	70	10,35	0,0018		0,011	0,0981	2,35	22
QGBT – CB-CxS03		LSVAV - 4x95	95	10,35	0,0030		0,014	0,0758	3,05	37
QGE -QGBT – AI		XV - 4X35	35	20,70	0,0000	0,080		0,0630	3,66	125

O Projetista

Na tabela 4, são apresentadas as correntes máximas de curto-circuito (I_{ccmax}) por troço de canalização, sendo que os equipamentos a instalar têm que suportar como mínimo, as correntes de curto-circuito calculadas conseguindo desta forma cumprir com a Regra do Poder de Corte (*Pdc*), $I_{ccmax} \leq Pdc$.

Nota: *Na peça desenhada nº 10 são apresentados os valores a aplicar aos equipamentos de protecção por troço da canalização.*

2.12.3 Quedas de Tensão

A queda de tensão, no conjunto da rede eléctrica, na situação mais desfavorável, é inferior a 5 %.

$$\Delta u\ \% = \frac{\Delta u * 100}{U}$$

Embora neste tipo de instalação eléctrica, as correntes são consideravelmente baixas, ou seja, a instalação apenas terá um fluxo de corrente expressivo em função das cargas que lhes sejam aplicadas (em contexto formativo), no entanto, para estes cálculos, foi tido em atenção que para além da instalação ser maioritariamente trifásica, considerou-se que poderá existir um desequilíbrio de fases, optou-se então pelo cálculo seguinte:

$$\Delta u = Ib \times L \times \left(\frac{\rho}{S} \times \cos\varphi + X_r \sin\varphi \right) \times b$$

Em que:

$\boldsymbol{U} = \text{Tensão fase} - \text{neutro};$

$\boldsymbol{\rho} = 0{,}0225\ \Omega\text{mm2/m(cobre)}\ ; e\ 0{,}0360\ \Omega\text{mm2/m (aluminio)}\ ;$

$\boldsymbol{\cos\varphi} = 1;$

$\boldsymbol{Ib} = \text{Corrente de serviço};$

$\boldsymbol{X_r} = \text{Reatância linear do condutor, (neste caso considerou} - \text{se } 0{,}08\ \text{m}\Omega\text{mm}^2/\text{m});$

$\boldsymbol{b} = \text{é um coeficiente igual a 2 (circuito trifásico desequilibrado)}$

Na tabela 5, verifica-se que a queda máxima que poderá existir na instalação encontra-se abaixo dos 5%, mais concretamente 3,57%.

Tabela 5 – Quedas de tensão (situação mais desfavorável)

QUEDAS DE TENSÃO										Cálculo da queda de tensão troço mais desfavorável total		
TROÇO DA INSTALAÇÃO (Origem - Destino)	TIPO DE CANALIZAÇÃO (Método Ref.)	Canalização Quadro 803C RTIEBT		CALCULO das correntes da Instalação		R (Ω) ρ Cobre = 0,0225 mm2 ; ρ Alum = 0,027 (Ω/m)	Δu (V)	Δu %	L (m)			
		Tipo de condutores										
		Secção eq.	Tipo	Potência (KVA)	Ib (A)					Δu (V)	Δu %	L (m)
Port.-QGE	Enterrada, tubos (D)	35	XV-4x35	20,70	29,88	0,0572	3,42	1,49%	89			
QGE-Iluminação-C1	Cabos mono ou multicondutores Fixados às paredes, aos tectos (C)	1,5	XV-3G1,5	0,20	0,87	0,0900	0,16	0,07%	6			
QGE-Iluminação -C2		1,5	XV - 3G1,5	0,20	0,87	0,0450	0,08	0,03%	3			
QGE-Tomadas - C3		2,5	XV - 3G2,5	0,50	2,17	0,0270	0,12	0,05%	3			
QGE-Tomadas Trif.- C4		2,5	XV - 5G2,5	0,50	0,72	0,0270	0,04	0,02%	3			
QGE-QGBT - CB		35	XV - 4X35	20,70	29,88	0,0019	0,12	0,05%	3			
QGBT – CB-AD01	Ente. diretamente ao solo (D)	95	LSVAV-4x95	20,70	29,88	0,0061	0,36	0,16%	16			
AD01-AD02		95	LSVAV - 4x95	20,70	29,88	0,0045	0,27	0,12%	12			
AD01-Moradia 1	Enterrada, tubos (D)	16	LSVAV-4x16	10,35	14,94	0,0068	0,20	0,09%	3			
AD01-Moradia 2		16	LSVAV - 4x16	6,90	9,96	0,0068	0,13	0,06%	3			
AD01-Moradia 3		16	LSVAV - 4x16	17,25	24,90	0,0068	0,34	0,15%	3			
QGBT – CB-AD02	Ente. diretamente ao solo (D)	95	LSVAV - 4x95	20,70	29,88	0,0102	0,61	0,27%	27			
AD02-Moradia 4	Enterrada, tubos (D)	16	LSVAV - 4x16	20,70	29,88	0,0068	0,40	0,18%	3			
AD02-Moradia 5		16	LSVAV - 4x16	10,35	14,94	0,0068	0,20	0,09%	3			
AD02-Moradia 6		16	LSVAV - 4x16	13,80	19,92	0,0068	0,27	0,12%	3			
QGBT – CB-AD03	Ente. diretamente ao solo (D)	95	LSVAV - 4x95	20,70	29,88	0,0140	0,84	0,36%	37			
AD03-AD04		95	LSVAV - 4x95	20,70	29,88	0,0045	0,27	0,12%	12			
AD03-Moradia 7	Enterrada, tubos (D)	16	LSVAV - 4x16	10,35	14,94	0,0428	1,28	0,56%	19			
AD03-Moradia 8		16	LSVAV - 4x16	6,90	9,96	0,0068	0,13	0,06%	3			
AD03-Edif. Coletivo1		16	LSVAV - 4x16	20,70	29,88	0,0068	0,40	0,18%	3			
AD04-Moradia 9		16	LSVAV - 4x16	10,35	14,94	0,0428	1,28	0,56%	19			
AD04-Moradia 10		16	LSVAV - 4x16	6,90	9,96	0,0068	0,13	0,06%	3			
AD04-Edif. Coletivo2		16	LSVAV - 4x16	20,70	29,88	0,0068	0,40	0,18%	3			
AD04-Cliente BTE		25	LSVAV - 4x25	20,70	29,88	0,0043	0,26	0,11%	3			
QGBT – CB-Cx S01		95	LSVAV-4x95	10,35	14,94	0,0265	0,79	0,34%	70			
Cx S01-Cx S02		70	LXS-4x70	10,35	14,94	0,0113	0,34	0,15%	22			
QGBT – CB-Cx S03		95	LSVAV-4x95	10,35	14,94	0,0140	0,42	0,18%	37			
QGE-QGBT - AI		35	XV - 4X35	20,70	29,88	0,0804	4,80	2,09%	125	8,22	3,57%	214

2.13 Terras

2.13.1 Estabelecimento da Terra de Protecção

Os condutores de protecção devem ser identificados pelas cores verde/amarelo. O tipo e secção dos condutores de terra e protecção são indicados nos desenhos anexos devendo o condutor de ligação ao eléctrodo ser do tipo XV e possuir uma secção de 35 mm^2, o mesmo irá ser interligado ao barramento geral de terras do edifício conforme as peças desenhadas será montado um condutor de terra com origem no respectivo quadro geral que percorrerá toda a instalação até aos diversos pontos da mesma.

O Projetista

Os eléctrodos de terra deverão ser em vareta de aço, revestido a cobre, com o comprimento de 2 m, de diâmetro exterior de 15 mm sendo a espessura do revestimento de cobre de 0,7 mm, enterrados na vertical e de modo que a parte superior do eléctrodo, tenha uma profundidade igual ou superior a 0,80 m abaixo do nível do solo, o condutor de interligação entre este e o borne amovível deverá ser das cores verde/amarelo no isolamento primário, com duplo isolamento até uma profundidade igual ou superior a 0,60 m abaixo da superfície do solo. Para além disso será realizado um anel de terras no edifício por forma a escoar para a terra, qualquer potencial existente em todas as estruturas metálicas do parque, eliminando igualmente a possibilidade de existência de tensão de passo.

No caso de ser necessário utilizar vários eléctrodos de terra para garantir o valor mínimo de 1 **Ω,** estes deverão ser distanciados entre si 4 m, interligados em condutor de cobre de 35 mm^2, as regras da profundidade deverão ser as mesmas citadas anteriormente.

2.13.2 Cálculo dos Valores de Terra

A resistência de ligação não deverá apresentar valores superiores ao dado pela expressão seguinte:

$$R = \frac{U_c}{I_d}$$

Em que:

$\boldsymbol{I_d}$ = Corrente de disparo de cada interruptor diferencial;

$\boldsymbol{U_c}$ = Tensão de contacto que tomaremos igual a 25 V (instalação especial, trabalhos em tensão)**.**

Como, no caso mais desfavorável, I_d = 30mA, R deverá ser menor que 833,33 Ω.

Fixaremos no entanto o valor limite de 1 **Ω,** como precaução contra as variações sazonais. Para isso é efectuado o cálculo do valor de resistência de terra que obedece à expressão seguinte e tem como valor limite 1 Ω.

$$R_{terra} \cong 2 \times \frac{\rho}{L + 2nl}$$

Onde:

R_{terra} – Resistência do sistema de terra (Ω)

ρ – Resistividade do terreno (Ω.m) - (terreno calcário macio - 100Ω)

L – Comprimento da vala ocupada pelo condutor (m) – (210 m)

n – Número de varetas aplicadas – (13)

l – Comprimento das varetas – (2 m)

Substituindo os valores na expressão obtém-se um valor de resistência de terra de 0,8620 Ω, próximo de 1 Ω.

2.13.3 Ligações Equipotenciais

Serão realizadas ligações equipotenciais de todas as massas condutoras de equipamentos eléctricos e não eléctricos que sirvam de estrutura a esta instalação, nomeadamente as canalizações e estruturas metálicas, sendo neste caso realizado uma rede de terras, tendo como objectivo equipotencializar todas essas estruturas metálicas pertencentes ao parque.

2.14 Protecção de Pessoas Contra Contactos Directos

A protecção das pessoas contra contactos directos, será assegurada por isolamentos adequados às estruturas eléctricas, pela boa qualidade dos materiais e equipamentos utilizados, pela correta execução das instalações, de um modo geral evitando que, qualquer alma de condutor ou órgão sob tensão fique à vista ou ao alcance das pessoas.

2.15 Protecção de Pessoas Contra Contactos Indirectos

A protecção de pessoas contra contactos indirectos, é assegurada pela adopção do sistema **TT** de protecção de pessoas, que consiste na existência de um sistema de terra de protecção, associado a aparelhos de protecção sensíveis à corrente diferencial e residual, de média e alta sensibilidade, neste caso na protecção de todas as saídas do QGE.

Na restante instalação será adoptado o sistema **TN** "fictício" de protecção de pessoas, ou seja, a instalação será executada em conformidade com os requisitos de construção da RESP, no entanto a interligação do condutor de protecção com o condutor neutro (objectivo do sistema **TN**), não será efectuado, sendo a protecção contra contactos indirectos realizada através dos aparelhos de protecção sensíveis à corrente diferencial e residual colocados no

O Projetista

QGE, desta forma obtém-se uma infra-estrutura eléctrica com o correcto sistema de protecção simulando o que é utilizado nas Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em BT. Deste modo, todas as canalizações que eventualmente possam ter massas metálicas acessíveis normalmente sem tensão, mas susceptíveis de serem tocadas, serão dotadas de condutores de protecção de secção adequada e indicada nos desenhos. Os condutores de protecção, serão do mesmo tipo que os condutores activos da canalização a que dizem respeito e farão parte integrante da mesma.

Além disso, serão realizadas ligações equipotenciais de todas as massas condutoras de equipamentos eléctricos e não eléctricos.

A resistência de terra de protecção não deverá ultrapassar o valor de **1 Ω.**

3 CAPÍTULO – Instalações e Equipamentos Eléctricos - Rede de BT

3.1 Objectivo

O presente capítulo, refere-se às infra-estruturas eléctricas de alimentação em Baixa tensão à rede subterrânea e aérea do parque de formação, constituída por armários de distribuição (rede subterrânea) e apoios com caixas de seccionamento (rede aérea). O mesmo tem enquadramento na Rede de Distribuição Eléctrica de Serviço Público.

3.2 Instalação de Baixa Tensão

No presente capitulo, é abordado toda a infra-estrutura e os requisitos necessários a ter em conta, para a execução da rede de distribuição de baixa tensão, assim como a alimentação das várias tipologias de entrada de edifícios, e Iluminação pública.

3.2.1 Constituição da Rede

3.2.1.1 Rede Subterrânea

Trata-se de uma rede subterrânea com o intuito de alimentar as 13 entradas para vários tipos de edifícios, com o objectivo de diversificar as várias tipologias de entradas existentes nas redes de distribuição.

As várias entradas são assim identificadas como:

- As entradas para moradias identificadas com a numeração de 1 a 10, sendo que na moradia 7 e 9 é realizada uma transição subterrânea/aérea para simular a entrada ao cliente sem a colocação de portinhola, terá duas entradas para um Edifício Colectivo (1 e 2) e uma entrada do tipo BTE (Baixa Tensão Especial);
- As entradas das moradias 1, 2 e 3, são alimentadas desde o armário de distribuição (AD01);
- As entradas das moradias 4, 5 e 6, são alimentadas desde o armário de distribuição (AD02);

O Projetista

- As entradas das moradias 7, 8 e Edifício Colectivo 1, são alimentadas desde o armário de distribuição (AD03);
- As entradas das moradias 9, 10, Edifício Colectivo 2 e entrada de cliente BTE, são alimentadas desde o armário de distribuição (AD04);

3.2.1.2 Rede Aérea Cabo Torçada

A rede aérea terá apenas como objectivo a simulação da rede de distribuição aérea não detendo, portanto, fluxo considerável de corrente, no entanto foi dimensionada uma corrente de serviço de 15 A. Existirá também um pequeno troço de rede aérea de cabo torçada alimentado dos armários de distribuição, apenas para simular a alimentação de entradas de clientes através da rede aérea sem a existência de portinhola.

3.2.1.3 Rede Aérea Nua

A rede aérea terá apenas como objectivo a simulação da rede de distribuição aérea nua não detendo, portanto, fluxo considerável de corrente, no entanto para o seu dimensionamento foi considerada uma corrente de serviço de 15 A. Será constituída por apoios do tipo indicado nas peças desenhadas, os condutores serão suportados por isoladores com uma disposição em "Quincôncio" conforme o disposto no art.º 39 do RSRDEBT.

3.2.2 Potências a Considerar por Entrada

As potências a considerar para cada entrada, tem em consideração as várias potências contratáveis em BTN e BTE, neste caso não foi considerado o factor de simultaneidade da rede ($C = 0{,}5 + \frac{0{,}5}{\sqrt{n}}$, sendo ***n*** o número de instalações de utilização de rede), uma vez que se trata de um parque de formação. A carga que poderá eventualmente existir, no limite, será a colocada apenas para verificação do fluxo de correntes na instalação, nunca ultrapassando o valor máximo de corrente de alimentação ao parque 30 A. Para além disso é também considerada alimentação à rede aérea, ou seja desde o QGBT de cabine baixa até às caixas de seccionamento da rede aérea.

As potências de cada troço de saída do QGBT do PT de cabine baixa, para os armários de chegada, assim como de armários principais para armários secundários, caixas de seccionamento da rede aérea, e a eventual alimentação

do parque através do PT-AI, são as apresentadas no ponto 2.11 da presente memória.

3.3 Constituição da Rede de Distribuição (BT)

3.3.1 Alimentação aos Armários

A rede de alimentação aos armários do presente projecto está prevista subterrânea e com execução a cabo LSVAV 4x95 mm^2 a partir do QGBT – PT cabine baixa a implementar, conforme peças desenhadas anexas.

Esta instalação será composta pelo seguinte:

- **Armários**

– Os Armários de Distribuição (AD01 e AD02), serão localizados no muro exteriores do parque junto aos passeios da via de circulação do parque, assegurando a chegada do QGBT localizado no PT de cabine baixa a implementar, por via subterrânea e a distribuição dos circuitos pertencentes às saídas para cada uma das entradas autónomas correspondentes, sendo realizado um anel para possível realimentação dos armários. Conforme peças desenhadas anexas.

– Os Armários de Distribuição (AD03 e AD04), serão localizados no muro exteriores do parque junto aos passeios da via de circulação do parque, assegurando a chegada do QGBT localizado no PT de cabine baixa a implementar, por via subterrânea e a distribuição dos circuitos pertencentes às saídas para cada uma das entradas autónomas correspondentes. Conforme peças desenhadas anexas.

3.3.2 Alimentação às Caixas de Seccionamento Aérea

A rede de alimentação às caixas de seccionamento do presente projecto está prevista subterrânea transitando para aérea e com execução a cabo LSVAV 4 x 95 mm^2 a partir do QGBT – PT cabine baixa a implementar, passando para cabo LXS 4 x 70 mm^2 + 16 mm^2 em apoios de betão, conforme peças desenhadas nº 2 e 3.

O Projetista

3.3.3 Rede de Distribuição (BT)

A rede de distribuição em baixa tensão será subterrânea, executada em cabo LSVAV 4 x 95 mm^2, 0,8/1,2 kV com origem no QGBT localizado no PT cabine baixa e nos armários de distribuição (AD01, AD02, AD03 e AD04).

A instalação dos cabos será em caleira de betão com cobertura amovível na alimentação aos armários e em tubo PVC, 4 kg/cm^2, diâmetro 90 mm enterrados à profundidade de 0,80 m, envolvidos por areia fina ou terra cirandada e sinalizados por rede e fita plástica de cor encarnada, colocada a 0,20 m dos cabos, conforme peça desenhada nº 26.

Nas travessias serão enfiados em tubo PVC, 4 kg/cm^2, diâmetro 125 mm e enterrados a uma profundidade de 1,0 m.

Na alimentação aos armários a rede de cabo terminará no armário de distribuição equipado com triblocos e com o número de saídas necessárias e previstas nos desenhos anexos.

Na alimentação à rede aérea, a rede de cabo subterrânea terminará na transição subterrânea/aérea, sendo realizada a união do cabo LSVAV com o cabo LXS, e este, terminará na caixa de seccionamento equipada com triblocos e com o número de saídas necessárias e previstas nos desenhos anexos.

Nas ligações dos cabos a barramento ou a aparelhagem serão utilizados ligadores bimetálicos adequados, sempre que se esteja em presença de materiais de natureza diferente, de modo a evitar a corrosão electroquímica.

As extremidades dos cabos serão sempre reconstruídas e protegidas com mangas termo-retráteis ou com caixas fim de cabo.

Os armários serão instalados sobre plinto de alvenaria a uma cota de 0,30 m.

Junto de cada armário será executada uma terra de protecção, sendo ligadas a este todas as massas metálicas do armário e ligada ao anel de terras do parque.

3.3.4 Troços das Canalizações

No estabelecimento das canalizações, deverá ser consultada a tabela 3 da presente memória, e deverão respeitar-se as disposições regulamentares referentes ao Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctricas em Baixa Tensão (RSRDEEBT).

- **Os troços da canalização (QGBT – Armários de Distribuição)** serão em condutores do tipo LSVAV colocados em caleira de betão com tampa

amovível, entre o QGBT localizado no PT cabine baixa a implementar e os armários de distribuição AD01, AD02 e AD03, localizados no exterior do parque, protegido por fusíveis APC - Gg NH-02 de calibre adequado, e destes, entubados em tubos do tipo Pead de secção 75 mm^2, até à respectiva portinhola das fracções, protegido por fusíveis APC - Gg NH-00.

- **Os troços da canalização (entre armários)** serão em condutores do tipo LSVAV colocados em caleira de betão com tampa amovível, entre o AD01 e AD02, e entre AD03 e AD04 localizado no exterior do parque, protegido por fusíveis APC - Gg NH-02 de calibre adequado, e destes, entubados em tubos do tipo Pead de secção 75 mm^2, até à respectiva portinhola das fracções respetivas, protegido por fusíveis APC - Gg NH-00.

3.3.5 Proteção Contra Sobrecargas e Curto-Circuitos

As protecções contra sobrecargas e curto-circuito serão asseguradas através de fusíveis do tipo Gg com uma corrente nominal e adequada a cada circuito a proteger. O cálculo das protecções contra sobrecargas e curto-circuito são os apresentados nos pontos 2.12.1 e 2.12.2 da presente memória.

3.3.6 Correntes Máximas de Curto-Circuito

As correntes máximas de curto-circuito (I_{ccmax}) por troço de canalização, sendo que os equipamentos a instalar têm que suportar como mínimo, as correntes de curto-circuito calculadas conseguindo desta forma cumprir com a Regra do Poder de Corte (Pdc) ou seja o poder de corte não deve ser inferior à corrente de curto-circuito presumida no ponto de localização.

$I_{ccmax} \leq$ Pdc

Os cálculos das correntes de curto-circuito com o respectivo (I_{ccmax}) por troço de canalização são os apresentados no ponto 2.12.2 da presente memória.

3.3.7 Quedas de Tensão

Em contexto real de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica de Baixa Tensão a queda de tensão máxima admissível é de 8%, no entanto este valor para este tipo de instalação foi considerado 5%, e encontra-se calculado no ponto 2.12.3 da presente memória.

O Projetista

3.3.8 Terra de protecção

O cálculo do valor de terra da instalação como já calculado no ponto 2.12.2 da presente memória é de 1 Ω.

3.3.8.1 Ligações Equipotenciais

Serão realizadas ligações equipotenciais de todas as massas condutoras de equipamentos eléctricos e não eléctricos que sirvam de estrutura a esta instalação, nomeadamente as canalizações e estruturas metálicas, sendo neste caso realizado uma rede de terras, tendo como objectivo equipotencializar todas essas estruturas metálicas pertencentes ao parque, conforme peça desenhado nº 06.

3.3.9 Protecção de Pessoas Contra Contactos Directos

A protecção das pessoas contra contactos directos, será assegurada por isolamentos adequados às estruturas eléctricas, pela boa qualidade dos materiais e equipamentos utilizados, pela correcta execução das instalações, de um modo geral evitando que, qualquer alma de condutor ou órgão sob tensão fique à vista ou ao alcance das pessoas.

3.3.10 Protecção de Pessoas Contra Contactos Indirectos

A protecção de pessoas contra contactos indirectos, é assegurada pela adopção do sistema TT de protecção de pessoas, que consiste na existência de um sistema de terra de protecção, associado a aparelhos de protecção sensíveis à corrente diferencial e residual, de média e alta sensibilidade, neste caso na protecção de todas as saídas do QGE, (alimentação de todo o parque).

3.4 Rede de Iluminação Pública

A rede de iluminação pública a implementar no parque terá as especificações abaixo descritas. Serão executados dois tipos rede de iluminação pública, uma aérea, com a utilização de apoios e outra subterrânea com a aplicação de colunas sendo que em todas elas serão colocadas diferentes tipos de luminárias, diversificando o existente na rede de iluminação pública. As características das luminárias a aplicar serão as descritas nas condições técnicas especiais.

3.4.1 Subterrânea

A rede de iluminação pública subterrânea a implementar, será executada em cabos LSVAV 4 x 16 mm^2 – 0,8/1,2 kV, com origem no QGBT localizado no PT cabine baixa.

A instalação dos cabos será em tubo PVC, 4 kg/cm^2, diâmetro 63 mm, à profundidade de 0,80 m, envolvidos por areia fina ou terra cirandada e sinalizados por rede e fita plástica de cor encarnada, colocada a 0,20 m dos cabos.

A rede de cabo percorrerá as colunas de Iluminação e terminando na última coluna localizada nas extremidades do passeio do parque, conforme peça desenhada nº 2.

As derivações para as colunas serão executadas nas portinholas das colunas onde serão colocados quadros com uma placa de bornes para cabo até 25 mm^2 e porta fusível com fusível de 4 A. A alimentação á luminária será executada a cabo do tipo XV 3G2,5 mm^2, nas condições regulamentares.

As portinholas serão ligadas individualmente à terra através de cabo H07V-R 1G35 mm^2. O eléctrodo de terra poderá ser constituído por vareta de aço cobreado com 2 m de comprimento e 15 mm de diâmetro, sendo ligado igualmente o anel de terras da instalação.

As extremidades dos cabos serão sempre reconstruídas e protegidas com mangas termo-retráteis ou com caixas fim de cabo.

3.4.2 Aérea

A rede de iluminação pública aérea a implementar, será executada em cabos LSVAV 4 x 16 mm^2 – 0,8/1,2 kV, até à transição subterrânea/aérea que passará para cabo LXS 4 x 70 mm^2 + 16 mm^2 (IP) com origem no QGBT localizado no PT cabine baixa.

A instalação dos cabos subterrâneos será em tubo PVC, 4 kg/cm^2, diâmetro 63 mm, à profundidade de 0,80 m, envolvidos por areia fina ou terra cirandada e sinalizados por rede e fita plástica de cor encarnada, colocada a 0,20 m dos cabos.

A rede de cabo aéreo percorrerá os apoios até às luminárias e terminando no último apoio da rede aérea, conforme peça desenhada nº 3.

O Projetista

As derivações para as luminárias serão executadas com acesso a ligadores de dimensão apropriada para cabo LXS 16 mm^2 e a sua ligação será realizada com cabo LXS.

3.5 Rede de distribuição aérea

3.5.1 Rede estabelecida em cabo torçada

A rede aérea do parque será constituída por cabos torçada do tipo LXS 4 x 70 mm^2 + 16 mm^2 (IP) fixados por pinças de amarração aos apoios de betão.

3.5.2 Rede estabelecida em condutores nus

Existirá uma rede aérea no parque que será constituída por condutores nus em cobre de secção 4 x 16 mm^2 + 16 mm^2 (IP) fixados em isoladores. Os isoladores serão de porcelana, vidro resina cicloalifática ou outros materiais equivalentes, conforme o disposto no artigo 20º do RSRDEEBT, deverão suportar uma tensão de curta duração, à frequência industrial, sob chuva, não inferior a 4 kV. Os isoladores serão fixos a suportes metálicos apoiados (fixos) nos apoios.

3.5.2.1 Disposição da rede nua

A rede nua terá uma disposição em "Quincôncio" sendo que o condutor neutro será disposto a um nível inferior ao do condutor de fase mais baixo, devendo o condutor de iluminação pública ser intercalado entre o neutro e os demais condutores, conforme o número 1 da alínea a) do artigo 39º do RSRDEEBT. A disposição em "Quincôncio" a adoptar na rede do parque é disposta na figura 1.

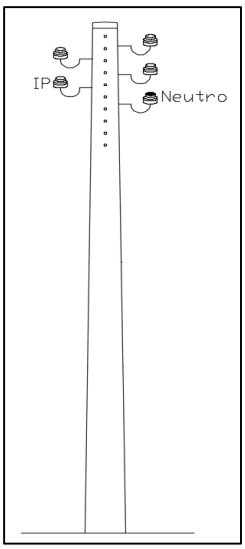


Figura 1 – configuração tipo "Quincôncio"

3.5.2.2 Distância entre condutores

A distância entre condutores nus deverá ser como mínimo 0,25 m, evitando tocar-se conforme disposto no ponto 1 do artigo 51º do RSRDEEBT.

3.5.2.3 Distancia à rede de MT

A rede nua de BT, localiza-se nas imediações da rede aérea de MT, mais concretamente por baixo desta, esta rede de BT deverá distar da rede de MT uma distância de segurança conforme a expressão seguinte:

$D = 1{,}5 + \frac{U}{100}$ (m) – (mínimo 2 m – artigo 108º do RSRDEEBT).

Em que D é a distância em metros e U é a tensão da linha de média tensão expresso em kV, logo a distância é:

$D = 1{,}5 + \frac{15}{100} = 1{,}65\ m\ \leftrightarrow 2\ m.$

Na figura 2, é apresentado a distância no local a implementar a rede de MT e BT considerando a zona de maior proximidade, que se encontra claramente abaixo dos 2 m regulamentares ou seja 8,66 m.

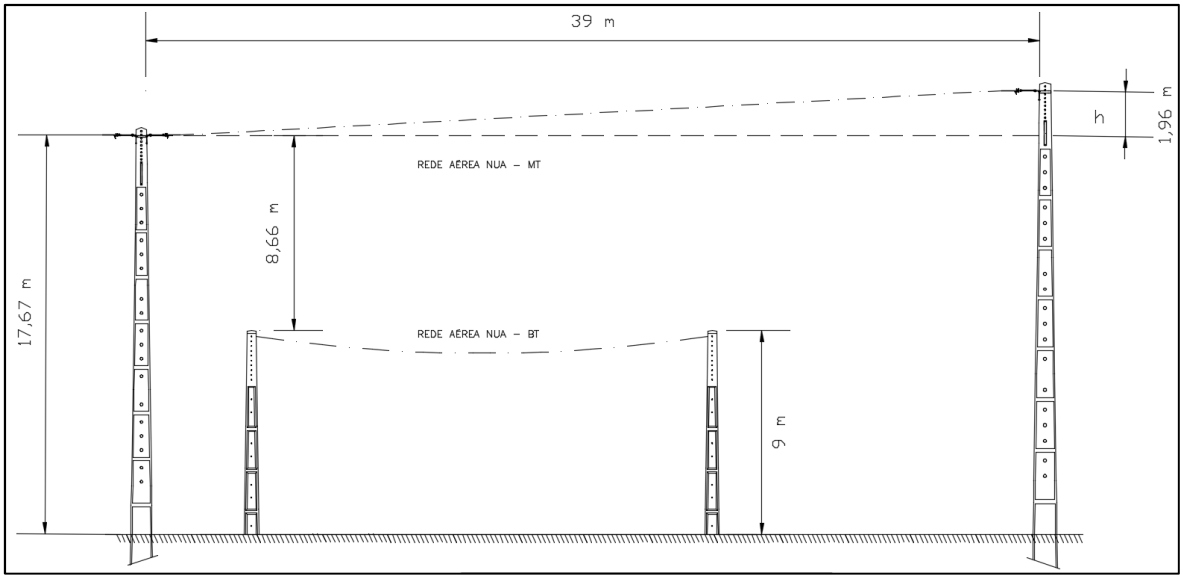


Figura 2 – Distância da rede nua BT à rede nua MT

3.5.3 Apoios

Os apoios a empregar na rede aérea de BT, serão do tipo utilizado nas redes de distribuição de BT. Serão instalados nos locais e respeitando os traçados

O Projetista

indicados nas peças desenhadas. As suas características serão as indicadas na tabela 6.

Tabela 6 – Características dos apoios de BT

Postes de betão para a rede interior de Baixa Tensão (BT)		
Descrição	**Solicitação principal (daN)**	**Altura total, H (m)**
9BF00-200	200	9
9BF00-400	400	9

3.5.3.1 Fundações dos apoios – BT

Uma vez que todos os apoios serão do tipo prefabricado, serão implantados directamente no solo conforme o disposto no artigo 27º do RSRDEEBT, e a sua profundidade de enterramento não deverá ser inferior à expressão seguinte:

$$h = \frac{H}{10} + 0{,}5$$

Onde:

- h - profundidade de enterramento do apoio em metros;
- H – altura total do apoio.

3.5.4 Vãos, flechas e distâncias ao solo

Uma vez que a rede do parque tem dimensão pequena em termos de distância, o vão maior é de 21 m, logo não excede o disposto no artigo 38º do RSRDEEBT, que define na sua alínea a) como vão máximo 50 m (dentro de povoações ou aglomerados populacionais em zonas com consumidores não dispersos). A altura de colocação dos condutores poderá variar em função dos vãos existentes na rede aérea do parque. A titulo exemplificativo é apresentado na figura 2, a distância do vão, assim como a flecha e distância desta ao solo, relativo a um dos vãos maiores, neste caso 21 m.

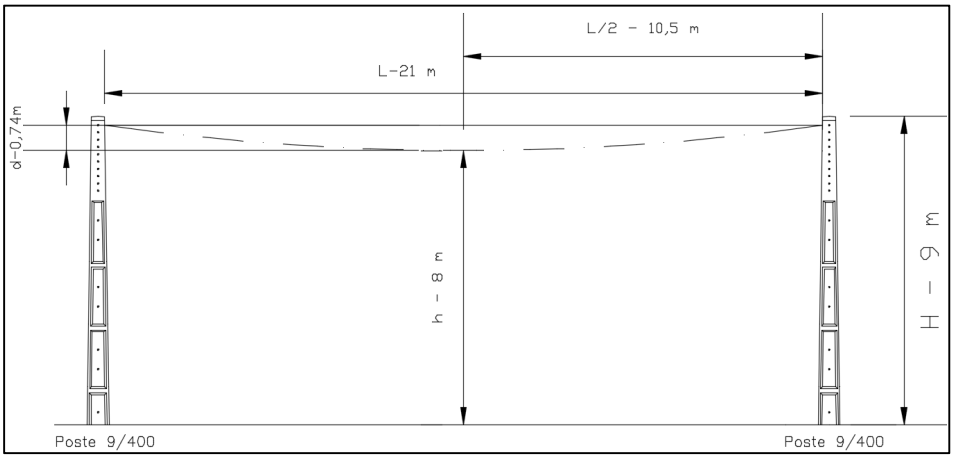


Figura 3 – Distância entre vãos

Onde:

- h - distância ao solo (m);
- H – Altura útil dos apoios (m);
- d – flecha a meio do vão (m);
- L – vão (m).

Cumprindo com estas distâncias entre vãos cumpre-se com o disposto no ponto 1 do artigo 47º do RSRDEEBT a distância dos condutores ao solo deverá ser inferior a 5 m.

O Projetista

4 CAPÍTULO – Instalações e Equipamentos Eléctricos dos PT´s

4.1 Objectivo

O presente projecto, refere-se às infraestruturas eléctricas de alimentação a um parque de formação para trabalhos em tensão (MT e BT), tendo como finalidade a especificação das condições técnicas de construção, exploração e de segurança dos Postos de Transformação, de características normalizadas, cujo objectivo é o fornecimento de energia eléctrica em Baixa Tensão ou em Média Tensão.

Prevê-se a instalação de dois Postos de Transformação (PT), do tipo AI com transformador de 25 kVA e outro PT de cabine baixa do tipo PUCBET, com transformador de igual potência. Desta forma, consegue-se uma infraestrutura que tenta aproximar à realidade das redes de distribuição de energia eléctrica em MT, com um PT de cabine baixa com entrada/saída do lado da rede de MT subterrânea e um PT do tipo AI com a ligação à rede de MT na rede aérea.

4.2 Potência a considerar

Tendo em vista os requisitos necessários para o tipo de trabalhos (formação) a desenvolver nesta infraestrutura, a potência de alimentação será de 20,70 kVA em baixa tensão. Embora não haja a necessidade de potências de transformador muito elevadas, foram dimensionados ambos de 25 kVA, por serem potências utilizadas nas redes de distribuição.

Para o dimensionamento das potências do parque, e uma vez que os PT's são alimentados em baixa tensão, considerou-se que no limite, e embora não necessária, a potência máxima a considerar nas canalizações seria a potência de alimentação, ou seja 20,70 kVA.

4.3 Posto de Transformação Cabine Baixa

4.3.1 Edifício

O Posto de Transformação será instalado numa cabina monobloco, de dimensões 4450 x 2500 mm e altura útil de 2400 mm, em betão armado e moldado, utilizando o betão B30 e o aço A500 e será destinada unicamente a esta finalidade.

A referida cabina será de construção pré-fabricada com uma porta de acesso para exploração com as dimensões de 900 x 2200 mm ou 1200 x 2200 mm e uma porta de acesso ao transformador de 1200 x 2200 mm, conforme a peça desenhada nº18. Ambas as portas são munidas de fechadura de segurança.

O PT será do tipo homologado pela Direção Geral de Energia e Geologia.

O acesso ao PT será restrito aos formadores, formandos acompanhados dos formadores e ao pessoal de manutenção especialmente autorizado. Irá dispor de uma porta cujo sistema de fechadura permitirá o acesso ao pessoal descrito.

4.3.1.1 Implantação

Execução de fosso c/ profundidade 575 mm, e dimensões (largura x comprimento) a exceder em cada lado 500 mm o edifício.

Aperto e alisamento do solo de forma a garantir uma carga de 1800 kg/m^2 evitando o afundamento do edifício.

Aplicação de uma camada de areia fina, com espessura 100 mm, para garantir o perfeito assentamento do edifício e uma melhor distribuição da carga.

4.3.1.2 Equipotencialidade

A própria armadura da malha electrosoldada do edifício em betão garantirá a perfeita equipotencialidade de todo o conjunto. Seguindo a regulamentação, todas as portas e grelhas de ventilação estarão ligadas ao sistema equipotencial.

4.3.1.3 Impermeabilidade

A sua estrutura monobloco de grande resistência, que inclui o piso e as paredes, não utiliza juntas garantindo assim uma elevada robustez e a total ausência de infiltrações.

Os tectos serão concebidos para impedir a acumulação de água e quaisquer infiltrações, escoando-se a água directamente para o exterior.

O Projetista

4.3.1.4 Índice de Protecção

O índice de protecção do envolvente exterior do edifício pré-fabricado será o IP44, excepto as grelhas de ventilação cujo índice de protecção será o IP43, de acordo com a recomendação CEI 529.

Os principais componentes que formarão o Edifício do tipo PUCBET serão:

- Base e paredes
- Teto
- Pavimento
- Cuba de recolha de óleo
- Portas e grelhas de ventilação

4.3.1.5 Bases e paredes

A base e as paredes serão pré-fabricadas em monobloco de betão armado com malha electrosoldada de aço, montada em mesa vibratória.

Esta base irá dispor de orifícios para a entrada e saída de cabos de MT e BT, e na zona imediatamente inferior da posição do transformador colocar-se-á uma cuba de recolha de óleo.

4.3.1.6 Tectos

Os tectos, cujas características serão semelhantes às das paredes. Este sistema, complementado pela concepção do tecto dotado de abas, garante a estanquidade da união entre as paredes e tecto.

4.3.1.7 Pavimentos

O pavimento será constituído por um elemento plano pré-fabricado de betão armado, montado em mesa vibratória e colocado sobre a base por gravidade. Sobre este elemento colocar-se-ão as celas de AT, quadros de BT e restantes elementos do PT. Neste pavimento existem orifícios que permitem a passagem de cabos para as celas e para os quadros eléctricos. Na parte central dispõem-se tampas que permitem o acesso à galeria de cabos.

4.3.1.8 Depósitos de recolha de óleos

O depósito de recolha de óleo fará parte da própria conceção do posto, estando dimensionado para recolher no seu interior todo o óleo do transformador sem que este se derrame.

Um par de carris situado sobre o depósito permitirá uma fácil instalação do transformador no interior do Edifício, que se realizará ao nível do solo por deslizamento.

4.3.1.9 Portas e grelhas de ventilação

As portas e as grelhas de ventilação serão de chapa de aço galvanizada de 2 mm de espessura, pintada por eletrolização com epoxy polimerizada a quente. Esta dupla protecção, galvanização e pintura, torna-as muito resistentes à corrosão causada pelos agentes atmosféricos.

Finas malhas metálicas impedem a penetração de pequenos insectos ou outros animais de pequeno porte, sem diminuir a capacidade de ventilação.

4.3.2 Rede de Alimentação/Fornecimento MT

A rede de Fornecimento de energia eléctrica em MT do Posto de Transformação será subterrânea a uma tensão de 15 kV e à frequência de 50 Hz. A alimentação à rede de MT será efectuada apenas a partir do PT-CB devido ao facto que apenas este detém fusíveis de protecção para a rede MT, conseguindo desta forma obter uma melhor protecção à rede do lado de MT. A rede prevista tem uma configuração em anel, saindo dois ramais subterrâneos de cada uma das celas de MT do PT-CB, que terminarão em apoio com seccionador de transição subterrâneo/aéreo, conforme peça desenhada nº09.

4.3.3 Aparelhagem de Média Tensão

4.3.3.1 Características Gerais das Celas

As celas a usar no posto de Transformação serão da gama NORMAFIX. A gama modular NORMAFIX, homologada pela Direcção Geral de Energia, é constituída por celas de isolamento no ar, sendo o corte e extinção do arco feito em hexafluoreto de enxofre - SF6, ou em vácuo no caso do disjuntor DIVAC.

As celas serão construídas em chapa de aço revestida de alumínio e zinco (Aluzinc) e serão revestidas por uma pintura electroestática de epoxy-poliéster, na cor standard RAL 7032 (cinzento claro).

As celas respeitarão, na sua conceção e fabrico, a definição de aparelhagem sob envolvente metálica compartimentada de acordo com as Normas CEI: 298; 265; 129; 694; 420; 56; 185 e 186.

O Projetista

As Celas serão divididas em três compartimentos separados, da seguinte forma:

- Compartimento do Barramento;
- Compartimento de Disjuntor, Seccionador, Transformadores de Medida e Cabos;
- Compartimento de Baixa Tensão.

4.3.3.2 Características Técnicas das Celas

As celas terão as características técnicas seguintes:

- Tensão estipulada: 17,5 kV
- Tensão de isolamento:
  - de curta duração a 50 Hz/1 minuto: 38 kV eff.
  - à onda de choque (1,2/50 μs): 95 kV crista
- Intensidade estipulada da entrada: 400 A
- Intensidade estipulada para cela fusível: 200 A
- Intensidade estipulada de curta duração admissível:
  - durante 1segundo: 16 kA eff.
- Valor de crista da intensidade estipulada de curta duração admissível:
  - 50 kA crista i.é. 2.5 vezes a intensidade estipulada de curta duração admissível
- Índice de protecção segundo IEC 259:
  - Partes activas IP 3X
  - Comando IP 2XC
- Colector de terra.

O condutor de ligação à terra estará disposto ao longo de todo o comprimento das celas e estará dimensionado para suportar a intensidade de curta-duração admissível. O barramento será sobredimensionado para suportar sem deformação permanente os esforços dinâmicos que, em caso de curto-circuito, se possam apresentar.

4.3.3.2.1 Cela Interruptor Seccionador tipo IS – cela nº 1 e 2

As celas tipo IS terão as seguintes características:

- Compartimento superior contendo barramento tripolar em tubo de cobre para uma intensidade de corrente nominal de 400 A;
- Um interruptor-seccionador ISF de três posições (fechado, aberto, terra) com isolamento em SF6, 400 A, tripolar, com comando manual

tipo CI1. Este interruptor assegura a separação física entre o compartimento superior e o compartimento inferior;

- Conjunto de 3 isoladores-condensadores e uma caixa indicadora de presença de tensão com lâmpadas de néon;
- Seccionador de terra integrado no ISF, com poder de fecho;
- Conjunto de encravamentos mecânicos directos entre o ISF e a porta da cela;
- Cela preparada para receber 3 cabos até 240 mm^2;
- Encravamento mecânico entre o seccionador do apoio e a Cela IS de chegada.

4.3.3.2.2 Cela de protecção transformador com disparo por fusão fusível tipo CIS – cela nº3

As celas tipo CIS terão as seguintes características:

- Compartimento superior contendo barramento tripolar em tubo de cobre para uma intensidade de corrente nominal de 400 A;
- Um interruptor-seccionador ISF de três posições (fechado, aberto, terra) com isolamento em SF6, 200 A, tripolar, com comando manual tipo CI2. Este interruptor assegura a separação física entre o compartimento superior e o compartimento inferior. O interruptor abre automaticamente por actuação de um percutor, em caso de fusão de um ou mais fusíveis;
- Conjunto de 3 isoladores-condensadores e uma caixa indicadora de presença de tensão com lâmpadas de néon;
- Seccionador de terra, com poder de fecho, integrado no ISF. Seccionador de terra adicional na extremidade do fusível junto ao cabo;
- Conjunto de encravamentos mecânicos directos entre o ISF e a porta da cela;
- Cela preparada para receber 3 cabos até 120 mm^2;
- Conjunto de 3 fusíveis de 24 kV, com dimensões definidas pela norma DIN 43625
- Bobina de disparo com 1 contacto auxiliar;
- Fechadura de encravamento do seccionador de terra na posição fechado e fechadura para porta de acesso ao transformador.

O Projetista

4.3.4 Transformador

O transformador a instalar, empregará a tecnologia de enchimento integral em banho de óleo mineral e terá arrefecimento natural.

As suas características mecânicas e eléctricas estarão de acordo com a recomendação da NORMA ECODESIGN DMA da EDP Distribuição apresentam-se de seguida:

- Potência estipulada: 25 kVA
- Tensão estipulada primária: 15000 V
- Regulação no primário: + - 2x2.5%
- Tensão estipulada secundária em vazio: 420 V
- Tensão de curto-circuito: 4 %
- Grupo de ligação: Dyn5
- Tensão de ensaio à onda de choque (1,2/50 μs): 95 kV crista
- Tensão de ensaio a 50 Hz 1 min: 38 kV

Acessório: Termómetro com 2 contactos NA (alarme e disparo)

4.3.4.1 Ligação no lado Primário (AT)

A ligação no lado primário será feita por três cabos monocondutores do tipo LXHIOV – 8,7 / 15 kV, 1 x 120 mm^2 e sua ligação através de extremidades termoretrácteis de 17,5 kV de terminais bimetálicos de 120 mm2 ao transformador de potência (lado de AT) e fichas tipo Elastimold à função de protecção respectiva.

4.3.4.2 Ligação no lado Primário (BT)

A ligação no lado secundário será feita por cabos XV 4x35 mm^2 0,6/1 kV entre o transformador, a caixa de transição de alimentação e o Q.G.B.T., sendo incluindo terminais Cu e mangas termo-retráteis e sua ligação através de terminais bimetálicos ao transformador de potência (lado de BT) e ao Q.G.B.T.

4.3.5 Aparelhagem de Baixa Tensão

Quadro geral de baixa tensão do tipo CA2 com um nível de IP, modelo DMA da EDP com 8 saídas com saída para IP, equipado com Relógio Astronómico.

4.3.6 Terra de Protecção

Serão ligados à terra de protecção os elementos metálicos da instalação que normalmente não estão em tensão, mas que poderão eventualmente estar, devido a avarias ou circunstâncias externas (defeito de isolamento).

As celas disporão de uma barra de cobre que as interligará, constituindo o colector de terra de protecção.

O circuito de terra de protecção será constituído por uma barra de cobre á qual todos os elementos metálicos serão ligados. A terra de protecção do PT irá ser ligada ao anel de terras do parque de formação.

4.3.7 Terra de Serviço

A terra de serviço no PT não será executada, uma vez que se está a adotar o sistema de protecção **TT**. Ligar-se-á ao neutro do transformador o neutro de saída do circuito de alimentação ao transformador em BT, que terá origem nos terminais de saída do Interruptor diferencial correspondente. Desta forma qualquer tipo de desequilíbrio de corrente residual acima do valor estipulado do interruptor diferencial que possa surgir a jusante deste, provocará o seu disparo.

4.3.8 Terras Interiores

A terra no interior do PT terá como missão pôr em continuidade eléctrica todos os elementos que estão ligados à terra exterior de protecção.

Próximo da saída do edifício e dentro deste existirá uma ligação amovível que permita efectuar a medição das resistências de terra dos eléctrodos.

4.3.8.1 Esquema de ligação à terra

O esquema de ligação à terra será do tipo **TT**, com a utilização de interruptores diferenciais contra a corrente residual, sendo ligadas todas as massas metálicas da instalação ao condutor de terra de protecção, (anel de terras da instalação). Desta forma qualquer tipo de desequilíbrio de corrente residual acima do valor estipulado do interruptor diferencial que possa surgir a jusante deste, provocará o seu disparo.

O Projetista

4.3.9 Iluminação e Tomadas

No interior do Posto será instalada uma lâmpada fluorescente de 36 W posicionada de forma a proporcionar um nível de iluminação suficiente para verificação e manobras dos elementos do mesmo e uma tomada para usos gerais.

4.3.10 Ventilação

A ventilação do Posto será feita de modo natural, por cada transformador mediante as grelhas de entrada e saída de ar, sendo a superfície mínima da grelha de entrada de ar função da potência do transformador.

Estas grelhas são concebidas de modo a impedirem a entrada de pequenos animais, a entrada de águas pluviais e os contactos acidentais com as partes sobre tensão pela introdução de elementos metálicos pelas mesmas.

Os cálculos da superfície mínima da grelha encontram-se no ponto 4.5 "Cálculos Justificativos de Média Tensão".

4.3.11 Segurança

4.3.11.1 Segurança nas Celas FLUOFIX

As celas tipo FLUOFIX dispõem de uma série de encravamentos funcionais que respondem às recomendações CEI 298 que descrevem da seguinte forma:

- Só é possível fechar o interruptor se o seccionador de terra estiver aberto e o painel de acesso colocado no lugar;
- O fecho do seccionador de ligação à terra só é possível se o interruptor estiver aberto;
- A abertura do painel de acesso ao compartimento dos cabos só é possível se o seccionador de ligação à terra estiver fechado;
- Com o painel dianteiro retirado, é possível abrir o seccionador de ligação à terra para realizar o ensaio dos cabos, mas não é possível fechar o interruptor. Dos encravamentos funcionais também está previsto que algumas das diferentes funções se encravarão entre elas mediante fechadura. As celas Fluofix dispõem de reforços estruturais quer nos painéis quer na porta de acesso ao compartimento de cabos que lhes permite resistir em caso de arco interno. Para além deste reforço, estas celas

possuem dispositivos de escape de sobrepressões de modo a proteger os operadores dos fumos e gases quentes.

4.3.12 Acessórios

No interior do PT deverá deter os acessórios seguintes:

- 1 Tapete isolante em borracha;
- 1 Par de luvas isolantes;
- 1 Quadro de instruções para Primeiros Socorros;
- 1 Quadro de registo de valores de resistência de terra dos eléctrodos respectivos;
- 3 Chapas de aviso de "Perigo de Morte";
- 1 Lanterna.

4.4 Posto de Transformação do Tipo – AI

O posto de transformação será do tipo AI, equipado com transformador de 25 kVA, e quadro geral de baixa tensão do tipo CA2.

4.4.1 Alimentação

A alimentação deste Posto de Transformação do tipo AI, será realizada através de ramal aéreo (rede interior MT do parque) á tensão de 15 kV - 50 Hz.

4.4.2 Posto de Transformação - AI

4.4.2.1 PTD - AI

O PTD (Posto de Transformação de Distribuição) será aéreo do tipo AI de 25 kVA, aprovado pela Direcção Geral de Energia.

Será constituído por um poste de betão armado assente num maciço de betão convenientemente dimensionado, transformador de potência, seccionador, descarregadores de sobretensões e um interruptor de corte geral. O PT será dotado de um quadro geral de baixa tensão (Q.G.B.T.) do tipo AI, onde serão instalados os fusíveis, os dispositivos de protecção e a contagem de energia eléctrica. O seccionador será comandado mecanicamente através de uma vara de comando a partir da base do poste.

As massas da aparelhagem de média tensão serão ligados entre si e aos pontos de ligação à terra existente no poste, no (QGBT), o punho do comando do

O Projetista

seccionador e as plataformas de manobra também serão ligados à terra de protecção.

A ligação dos descarregadores de sobretensões ao eléctrodo deve ser efectuada por condutor de cobre nu, estabelecido o mais directamente possível, evitando-se ângulos pronunciados, e protegido por tubo de PVC até 2 m acima do solo e 0,5 m de profundidade.

4.4.3 Transformador

O transformador a instalar terá o neutro acessível em Baixa Tensão e refrigeração natural, em banho de óleo mineral. A tecnologia empregada será enchimento integral.

As suas características mecânicas e eléctricas estarão de acordo com as normas e recomendações internacionais, IEC standards e as normas particulares da Empresa Distribuidora, sendo as seguintes:

- Potência estipulada: 25 kVA;
- Tensão estipulada primária: 15 000 V;
- Regulação no primário: ± -2,5 % ± -5 %;
- Tensão estipulada secundária em vazio: 400 V ;
- Tensão de curto-circuito: 4 %;
- Grupo de ligação: Dyn05;
- Nível de isolamento:
    - Tensão de ensaio a onda de choque 1,2/50 s 95 kV;
    - Tensão de ensaio a 50 Hz 1 m 38 kV

Na peça desenhada nº 20 "*Esquema do Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) e do Apoio -PT-AI*", é apresentado o esquema unifilar do PTD – AI.

4.4.4 Chegada Aérea em 15 kV

Esta chegada será estabelecida por ramal aéreo, desenvolvendo-se no interior do parque, tendo a configuração apresentada na peça desenhada nº 09, devendo ser executada atendendo às condições regulamentares em vigor, utilizando-se isoladores de porcelana em cadeia e de amarração.

4.4.5 Equipamento de Alta Tensão

É do tipo exterior, e tem uma tensão nominal suportável de curta duração à frequência industrial não inferior a 38 kV e uma tensão nominal suportável ao choque de 75 kV.

4.4.6 Protecção Contra Sobretensões

É executada por meio de pára-raios do tipo auto-valvular, de poder de descarga nominal mínimo de 7,5 kA, dotados de dispositivo de sobrepressão.

4.4.7 Seccionadores

O seccionador será instalado junto da entrada da linha de Alta Tensão tem uma intensidade nominal de 200 A.

4.4.7.1 Características do Seccionador

O seccionador a instalar não deverá possuir características inferiores às seguintes:

- Tensão mais elevada para o material 24 kV;
- Corrente nominal de serviço continuo 400 A;
- Corrente de curta duração nominal admissível 20 kA;
- Poder de fecho nominal em curto-circuito (crista) 30 kA;
- Poder de corte nominal do transformador em vazio 10 A;
- Poder de corte nominal da linha em vazio 4 A;
- Poder de corte nominal do cabo em vazio 25 A.

4.4.8 Comandos (Seccionador e Interruptor)

Estes órgãos deverão ser comandados mecanicamente do solo através de vara de comando e serão instalados tendo em conta que, em caso de ruptura acidental, não seja possível qualquer contacto com a peça em tensão.

4.4.9 Ligação Transformador (Quadro de Comando2 – QGBT)

Serão executadas em cabo unipolar com alma de Alumínio e com isolamento e bainha de polietileno reticulado, do tipo (LXS – 4 x 70 mm^2 de secção).

4.4.10 Quadro Geral de Baixa Tensão

O quadro geral de baixa tensão (QGBT), será do tipo CA2, aprovado pela DGEG, e conterá os órgãos de protecção e manobra indicados nas peças desenhadas.

O Projetista

Deverá possuir dimensões tais que permita conter folgadamente toda a aparelhagem, bem assim como permitir um fácil acesso.

4.4.11 Protecção de Pessoas

A proteção de pessoas contra contactos acidentais é assegurada pela execução de duas terras distintas (uma de protecção e outra de serviço), sendo que esta separação será reflectida no QGBT, para aproximar esta tipologia de ligação com o existente nas redes. Neste caso a terra de protecção será interligada ao anel de terras do parque de formação uma vez que estamos a utilizar o sistema de protecção **TT**.

4.4.11.1 Terra de protecção

É executada junto do PT e interligada ao anel de terras do parque, e a ela deverão ligar as ferragens de alta tensão, bem como todas as peças metálicas do PT.

A ligação ao eléctrodo será efectuada por condutor de cobre XV de 35 mm² de secção, devendo esta ser o mais directa possível.

Para além disto, são estabelecidas as ligações equipotenciais seguintes:

- Entre os comandos dos seccionadores e os dos interruptores-seccionadores;
- Entre a parte fixa e a parte móvel destes comandos através de trança flexível de cobre.

A secção dos condutores nas linhas principais é de 35 mm² e nas derivações de 16 mm².

4.4.11.2 Terra de serviço

Será executada uma terra de serviço sendo ligada no secundário (lado BT) ao neutro do transformador de potência. Este circuito será ligado, através de um ligador amovível, ao eléctrodo de terra de serviço no exterior por um condutor isolado, isolamento de 1 kV, de secção igual a 35 mm². O eléctrodo da terra de serviço será instalado a uma distância mínima de 20 m do eléctrodo da terra de proteção.

4.4.11.3 Eléctrodos de terra

Os eléctrodos a utilizar são constituídos por varetas de aço, ou de aço revestido a cobre com uma camada de 0,5 mm de espessura. Têm um diâmetro exterior de

15 mm e um comprimento de 2 m. Encontram-se enterrados a uma profundidade tal que, entre a superfície do solo e a parte superior do eléctrodo, haja uma distância mínima de 0,80 m.
A fim de evitar o aparecimento à superfície do terreno de uma tensão de passo perigosa, os condutores de ligação ao eléctrodo são isolados.

4.4.12 Acessórios

Na face exterior da porta do armário será fixada uma chapa com a inscrição de " PERIGO DE MORTE "
No interior serão colocadas as instruções para os primeiros socorros a prestar em caso de acidentes pessoais, produzidos por correntes eléctricas, e o registo das terras.

4.5 Cálculos Justificativos Média Tensão

De forma a construir os Postos de Transformação que cumpram com os objectivos a que foram propostos e simultaneamente respeitem a segurança de pessoas e bens, impõe-se o cálculo de algumas grandezas eléctricas fundamentais. O conhecimento dos valores destas grandezas para cada caso particular permite a adequada escolha de técnicas e materiais a usar.
Nas secções seguintes são apresentados os cálculos efectuados e respectiva adequação dos equipamentos escolhidos. De notar que os cálculos aqui apresentados tem em consideração a potencia de cada um dos transformadores.

4.5.1 Intensidades de Correntes Nominais

Para o cálculo das intensidades de corrente nominais nos circuitos de Alta Tensão e Baixa Tensão, considera-se a potência do transformador e que este está em regime de exploração trifásico equilibrado.
Considera-se, também, que o sentido do fluxo de energia é da Alta Tensão para a Baixa Tensão, embora o sentido do fluxo poderá ser alterado. Este pressuposto é importante, pois no cálculo das correntes nominais é necessário considerar as perdas do transformador. No caso do fluxo de energia ser o inverso estas perdas serão consideradas na expressão de I_{AT} e não na expressão de I_{BT}.

O Projetista

a) <u>Circuito de Alta Tensão</u>

A intensidade de corrente no circuito de Alta Tensão é calculada através da seguinte expressão:

$$I_{AT} = \frac{S - W_{cu} - W_{fe}}{U_{AT} \times \sqrt{3}} \quad \text{(A)}$$

Onde:

- S – Potência nominal do transformador, em VA;
- U_{AT} – Tensão composta na Alta Tensão, em V;
- W_{cu} – Perdas por efeito de Joule nos enrolamentos, em W;
- W_{fe} – Perdas no circuito magnético por correntes de Foucault e histerese, em W;
- I_{AT} – Intensidade de corrente nominal no circuito de Alta Tensão, em A.

b) <u>Circuito de Baixa Tensão</u>

A intensidade nominal de corrente no circuito de Baixa Tensão é calculada através da seguinte expressão:

$$I_{BT} = \frac{S}{U_{BT} \times \sqrt{3}} \quad \text{(A)}$$

Onde:

- S – Potência nominal do transformador, em VA;
- U_{BT} – Tensão composta em carga na Baixa Tensão;
- I_{BT} - Intensidade nominal de corrente no circuito de Baixa Tensão, em A.

Substituindo os valores respetivos nas expressões anteriores, obtemos os seguintes resultados:

Tabela 7 – Intensidades de Correntes Nominais

Transformador	Potência Nominal do Transformador (kVA)	Intensidade Nominal a Alta Tensão (A)	Intensidade Nominal a Baixa Tensão (A)
TOTAL	**25**	**0,94**	**36,08**

4.5.2 Intensidades de Corrente de Curto-Circuito

As intensidades de corrente de curto-circuito no caso deste tipo de infra-estrutura são calculadas em função da impedância da rede a montante do defeito Z_{cc} e da tensão de curto-circuito do transformador e pressupondo que os curto-circuitos são trifásicos simétricos. De todos os tipos de defeito possíveis, esta é a que conduz aos valores máximos das intensidades de corrente. Para além disso, e uma vez que se trata de uma infra-estrutura que detém vários níveis de tensão (BT

e MT) no seu interior, assim como os respectivos transformadores, que permitem essa transição de nível de tensão de BT para MT, os cálculos das correntes de curto-circuito abaixo apresentados foram elaborados seguindo o sistema ***pu***, que permite uma melhor e mais fidedigna análise dos cálculos.

4.5.2.1 Características dos Transformadores e rede de distribuição

As características dos transformadores e da rede de distribuição são de extrema importância para os cálculos da corrente de curto-circuito da instalação eléctrica do parque de formação, sendo os mesmos apresentados abaixo.

1. **Rede de Distribuição**

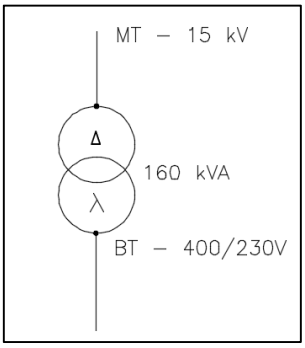


Figura 4 – Transformador da rede de distribuição EDP

Características do transformador:

- Tensão em AT – 15 kV;
- Tensão em BT – 400/230 V;
- Tensão de curto-circuito – 4 %;
- Potência nominal – 160 kVA;

Característica da rede de distribuição:

- Potencia de curto-circuito da rede distribuição - $S_{CC} = 350\ MVA$.

2. **Transformadores da Rede Interior**

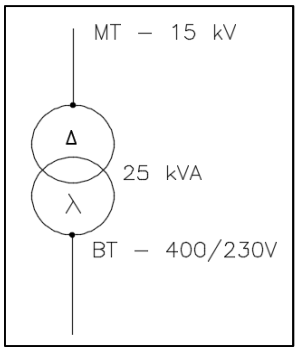


Figura 5 – Transformador tipo da rede interior do parque

O Projetista

Características dos transformadores:

- Tensão em AT – 15 kV;
- Tensão em BT – 400/230 V;
- Tensão de curto-circuito – 4 %;
- Potência nominal – 25 kVA.

4.5.2.2 Intensidade de corrente de curto-circuito na Alta e Baixa Tensão

A intensidade de corrente de curto-circuito na Baixa Tensão poderá ser provocada por um curto-circuito no lado da Alta Tensão. Neste caso a intensidade de corrente será sempre inferior para o caso do curto-circuito ser na Alta Tensão, pois o valor total da impedância de curto-circuito no lado da Alta Tensão será maior devido à impedância do transformador. Para uma melhor percepção da infraestrutura da rede interior, rede de distribuição de onde sairá a alimentação ao parque, assim como de todos os troços das canalizações, neste caso para a rede de MT interior, é abaixo apresentado um diagrama da infraestrutura.

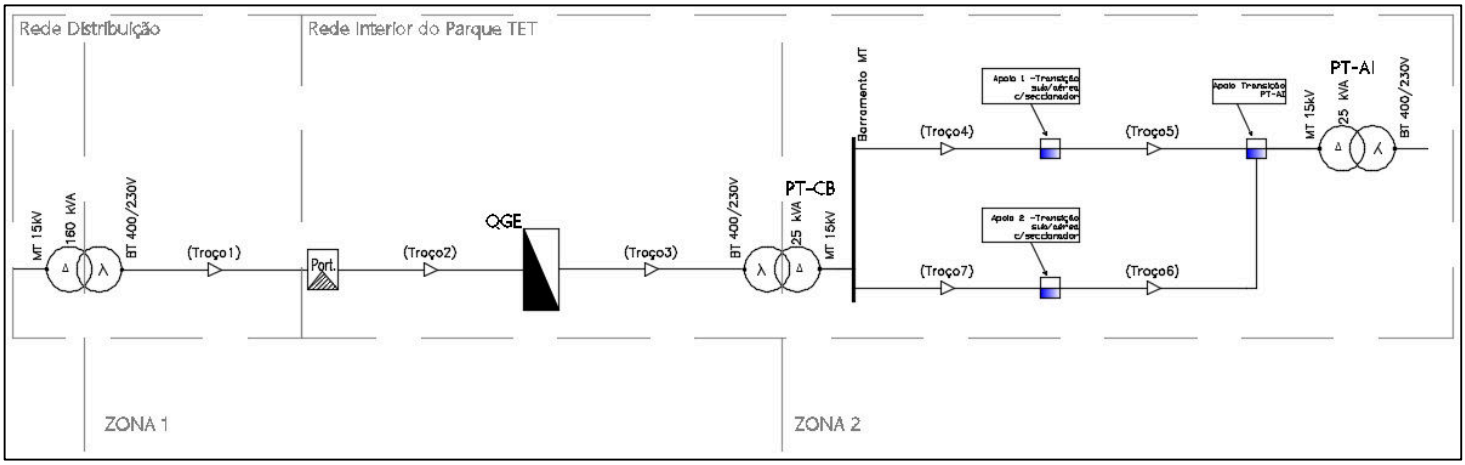


Figura 6 – Diagrama da rede interior com a definição das Zonas de tensão para cálculo em p.u.

Como se verifica são definidas 2 zonas com diferentes níveis de tensão, Zona 1 – 400 V e Zona 2 – 15 kV. São de seguida definidos os pressupostos a assumir nas diferentes zonas e cálculos por troço, sendo efectuados os cálculos desde a rede de distribuição até ao troço nº5, os restantes são apresentados na tabela 8.

4.5.2.2.1 Zona 1, cálculo dos valores por unidade *p.u.*

- **<u>Rede de Distribuição</u>**

Para o cálculo da impedância da rede reflectida ao secundário são utilizadas as seguintes expressões:

$$Z_{rede} = \frac{U_{base2}^2}{S_{CC}}\ (\Omega) \rightarrow \frac{400^2}{350 \times 10^6} = 0{,}000457\ \Omega$$

Onde:

- Z_{rede} – Impedância da rede de distribuição em Ω;
- S_{CC} – Potência de curto-circuito da rede distribuição (valores fornecidos pelo operador da rede de distribuição – 350 MVA;
- U_{base2} – Tensão de saída do transformador da rede distribuição – 400 V;

A impedância do transformador reflectida ao seu secundário é calculada através da expressão seguinte:

$$Z_{transf.rede} = \frac{U_{base2}^2}{S_{transf.rede}} \times u_{CC}\ \ (\Omega)\ \rightarrow \frac{400^2}{160 \times 10^3} \times 0{,}04 = 0{,}04\ \Omega$$

Onde:

- $Z_{transf.rede}$ – Impedância do transformador da rede de distribuição;
- $S_{transf.rede}$ – Potência nominal do transformador – 160 kVA;
- u_{CC} – Tensão de curto-circuito do transformador da rede distribuição – 4 %;

Passagem dos valores calculados, por unidade *p.u.* Para este cálculo é necessário obter a impedância de base, que é obtida através da expressão:

$$Z_{base} = \frac{U_{base2}^2}{S_{base}}\ \ (\Omega)\ \rightarrow \frac{400^2}{25 \times 10^3} = 6{,}4\ \Omega$$

Onde:

- Z_{base} – Impedância de base, expressa em Ω;
- S_{base} – Potência de base (valor assumido para toda a instalação) – 25 kVA;

O valor, neste caso da Impedância da rede de distribuição e transformador em *p.u.* é obtido através das expressões seguintes:

$$Z_{rede\ pu} = \frac{Z_{rede}}{Z_{base}}\ \ (\Omega\ \ p.u)\ \ \rightarrow \frac{0{,}000457}{6{,}4} = 0{,}000071\ \Omega\ p.u.$$

$$Z_{tranf.rede\ pu} = \frac{Z_{transf.rede}}{Z_{base}}\ \ (\Omega\ \ p.u)\ \ \rightarrow \frac{0{,}04}{6{,}4} = 0{,}00625\ \Omega\ p.u.$$

– **<u>Troço 1 – QGBT (rede de distribuição) – Portinhola</u>**

Neste troço (ramal de alimentação á instalação) o cabo utilizado:

- LSVAV – 4 x16 mm²;

O Projetista

Para o cálculo da resistência e reactância linear da canalização são utilizadas as seguintes expressões:

$$R_{troço1} = 0{,}002292\ (\Omega/m) \rightarrow 0{,}0001 \times 20 = 0{,}04584\ \Omega$$
$$X_{troço1} = 0{,}0001\ (\Omega/m) \rightarrow j\ 0{,}0001 \times 20 = 0{,}002\ \Omega$$

Onde:

$R_{troço1}$ – Resistência da canalização à temperatura de 70º, valor obtido através de consulta de documento do operador da rede – DIT-C14-100/N;

L – Comprimento da canalização expresso em metros;

X – Reactância linear da canalização – 0,0001 Ω/m, valor obtido através de consulta de documento do operador da rede – DIT-C14-100/N.

De seguida são passados para *p.u.* através das expressões seguintes:

$$R_{troço1\,pu} = \frac{R_{troço1}}{Z_{base}}\ (\Omega\ p.u) \rightarrow \frac{0{,}04584}{6{,}4} = 0{,}007163\ \Omega\, p.u.$$
$$X_{troço1} = \frac{X_{troço1}}{Z_{base}}\ (\Omega\ p.u) \rightarrow \frac{0{,}002}{6{,}4} = j0{,}000313\ \Omega\, p.u.$$
$$Z_{troço1\,pu} = \sqrt{R^2_{troço1} + X^2_{troço1}}\ (\Omega\ p.u) \rightarrow \sqrt{0{,}007163^2 + j0{,}000313^2} = 0{,}007169\ \Omega\, p.u.$$

A impedância equivalente em *p.u.* neste ponto da canalização (portinhola) é obtida através do seguinte cálculo:

$$Z_{eq1\,pu} = Z_{troço1\,pu} + Z_{rede\,pu} + Z_{tranf.rede\,pu}\ (\Omega\ p.u)$$
$$\rightarrow 0{,}007163 + j(0{,}000071 + 0{,}00625 + 0{,}000313)$$
$$= 0{,}007163 + j0{,}006634\ (\Omega\ p.u)$$

Para retirar o valor de *p.u.* é utilizada a seguinte formula:

$$Z_{eq1} = Z_{eq1\,pu} \times Z_{base}\ (\Omega) \rightarrow 0{,}009763 \times 6{,}4 = 0{,}062484\ \Omega$$

Com este valor já é possível calcular a corrente de curto-circuito neste ponto da instalação, que é obtido através da expressão seguinte:

$$I_{CC} = \frac{U_{base2}}{\sqrt{3} \times Z_{eq1}} \times 10^{-3}\ (kA) \rightarrow \frac{400}{\sqrt{3} \times 0{,}062484} \times 10^{-3} = 3{,}70\ kA$$

- **<u>Troço 2 – Portinhola – QGE</u>**

Neste troço o cabo utilizado é o seguinte:

- XV – 4 x 35 mm^2;

Para o cálculo da resistência e reactância linear da canalização são é utilizadas as seguintes expressões:

$$R_{troço2} = \rho \frac{L}{S} \ (\Omega) \ \rightarrow 0{,}0225 \times \frac{89}{35} = 0{,}057214 \ \Omega$$

Onde:

- ρ – Resistividade do material à temperatura normal de funcionamento (1,25 x ρ 20º) da canalização expresso em Ω/m;
- L – Comprimento da canalização expresso em metros;
- S – Secção do condutor da canalização expresso em mm²;
- X – Reactância linear da canalização – neste caso é não é considerado este valor, sendo apenas considerado valor para condutores de secção $\geq 70 \ mm^2$;

De seguida são passados para *p.u.* através das expressões seguintes:

$$R_{troço2\,pu} = \frac{R_{troço2}}{Z_{base}} \ (\Omega \ p.u) \ \rightarrow \frac{0{,}057214}{6{,}4} = 0{,}00894 \ \Omega \, p.u.$$

$$Z_{troço2\,pu} = \sqrt{R^2_{troço2}} \ (\Omega \ p.u) \ \rightarrow \sqrt{0{,}00894^2} = 0{,}00894 \ \Omega \, p.u.$$

A impedância equivalente em *p.u.* neste ponto da canalização (QGE) é obtida através do seguinte cálculo:

$$Z_{eq2\,pu} = Z_{eq1\,pu} + Z_{troço2\,pu} \ (\Omega \ p.u) \rightarrow (0{,}007163 + 0{,}00894\ ) + j(0{,}006634)$$
$$= 0{,}016103 + j0{,}006634 \ (\Omega \ p.u)$$

Para retirar o valor de *p.u.* é utilizada a seguinte formula:

$$Z_{eq2} = Z_{eq2\,pu} \times Z_{base} \ (\Omega\ ) \ \rightarrow 0{,}017416 \times 6{,}4 = 0{,}111462 \ \Omega$$

Com este valor já é possível calcular a corrente de curto-circuito neste ponto da instalação, que é obtido através da expressão seguinte:

$$I_{CC} = \frac{U_{base2}}{\sqrt{3} \times Z_{eq2}} \times 10^{-3} \ (kA) \ \rightarrow \frac{400}{\sqrt{3} \times 0{,}111462} \times 10^{-3} = 2{,}07 \ kA$$

– **Troço 3 – QGE – Terminais do secundário Transformador PT-CB**

Neste troço o cabo utilizado é o seguinte:

O Projetista

- XV – 4 x 35 mm²;

Para o cálculo da resistência e reactância linear da canalização são é utilizadas as seguintes expressões:

$$R_{troço3} = \rho \frac{L}{S} \ (\Omega) \ \rightarrow 0{,}0225 \times \frac{3}{35} = 0{,}001929 \ \Omega$$

De seguida são passados para *p.u.* através das expressões seguintes:

$$R_{troço3\ pu} = \frac{R_{troço3}}{Z_{base}} \ (\Omega \ p.u) \ \rightarrow \frac{0{,}001929}{6{,}4} = 0{,}000301 \ \Omega \ p.u.$$

$$Z_{troço3\ pu} = \ 0{,}000301 \ \Omega \ p.u.$$

A impedância equivalente em *p.u.* neste ponto da canalização (QGE) é obtida através do seguinte cálculo:

$$Z_{eq3\ pu} = \ Z_{eq2\ pu} + Z_{troço3\ pu} \ (\Omega \ p.u) \rightarrow (0{,}016103 + 0{,}000301) + j(0{,}006634)$$
$$= 0{,}016404 + j0{,}006634 \ (\Omega \ p.u)$$

Para retirar o valor de *p.u.* é utilizada a seguinte formula:

$$Z_{eq3} = Z_{eq3\ pu} \times Z_{base} \ (\Omega) \ \rightarrow 0{,}017695 \times 6{,}4 = 0{,}113246 \ \Omega$$

4.5.2.2.2 Zona 2, cálculo dos valores por unidade *p.u.*

Para os seguintes cálculos da impedância rede é necessário reflectir a impedância da rede do lado do primário (BT) para o lado do secundário (MT) do transformador, para isso são realizados os seguintes cálculos:

Para o cálculo da impedância da rede reflectida ao secundário são utilizadas as seguintes expressões:

A impedância do transformador reflectida ao seu secundário é calculada através da expressão seguinte:

$$Z_{transf.cb} = \frac{U_{base3}^2}{S_{transf.cb}} \times u_{CC} \ (\Omega) \ \rightarrow \frac{15000^2}{25 \times 10^3} \times 0{,}04 = j360 \ \Omega$$

Onde:

- $Z_{transf.cb}$ – Impedância do transformador do PT-CB;
- $S_{transf.cb}$ – Potência nominal do transformador – 25 kVA;
- u_{CC} – Tensão de curto-circuito do transformador da rede distribuição – 4 %;

Passagem dos valores calculados, por unidade *p.u.* Para este cálculo é necessário obter a impedância de base, que é obtida através da expressão:

$$Z_{base3} = \frac{U_{base3}^2}{S_{base}} \ (\Omega) \ \rightarrow \frac{15000^2}{25 \times 10^3} = 9000\ \Omega$$

O valor, neste caso da Impedância do transformador em *p.u.* é obtido através das expressões seguintes:

$$Z_{transf.cb\ pu} = \frac{Z_{transf.cb}}{Z_{base}} \ (\Omega\ p.u) \ \rightarrow \frac{360}{9000} = 0{,}04\ \Omega\, p.u.$$

Para o cálculo da impedância a montante há a necessidade de reflectir a mesma ao secundário do transformador, ou seja à rede de MT, sendo efectuada através da seguinte expressão:

$$Z_{eq4\ pu} = Z_{eq3\ pu} \times (\frac{U_{base2}}{U_{base3}})^2 \times \frac{S_{base3}}{S_{base2}} \ (\Omega\ p.u)$$

$$\rightarrow (0{,}016404 + j0{,}006634) \times (\frac{400}{15000})^2 \times \frac{25 \times 10^3}{25 \times 10^3}$$

$$= 0{,}000012 + j0{,}000005\ (\Omega\ p.u)$$

- **<u>Troço 4 – Saída da Cela de MT – Apoio transição1 Subterrânea/aérea</u>**

Neste troço o cabo utilizado é o seguinte:

- LXHIOZ1 (be)– 3 x (1 x 120 mm^2);
- Comprimento L = 65 m;

R – Resistência do condutor considerando a temperatura de 90 °C, valor obtido do fabricante (*Solidal*) - $0{,}000324\ (\Omega/m)$

X – Reatância linear dos condutores considerando que estão dispostos em esteira, valor obtido do fabricante (*Solidal*) - $0{,}000157\ (\Omega/m)$

Para o cálculo da resistência e reactância linear da canalização são é utilizadas as seguintes expressões:

$$R_{troço4} = R \times L\ (\Omega/m) \rightarrow 0{,}000324 \times 65 = 0{,}02106\ \Omega$$

$$X_{troço4} = X \times L\ (\Omega/m) \rightarrow 0{,}000157 \times 65 = j0{,}010205\ \Omega$$

De seguida são passados para *p.u.* através das expressões seguintes:

$$R_{troço4\ pu} = \frac{R_{troço4}}{Z_{base3}} \ (\Omega\ p.u) \ \rightarrow \frac{0{,}02106}{9000} = 0{,}000002\ \Omega\, p.u.$$

O Projetista

$$X_{troço4\,pu} = \frac{X_{troço4}}{Z_{base3}}\ (\Omega\ p.u)\ \rightarrow \frac{0{,}010205}{9000} = j0{,}000001\ \Omega\, p.u.$$

$$Z_{troço4\,pu} = 0{,}000002 + j0{,}000001\ \Omega\, p.u.$$

A impedância equivalente em *p.u.* neste ponto da canalização, é obtida através do seguinte cálculo:

$$Z_{eq5\,pu} = Z_{eq4\,pu} + Z_{troço4\,pu} + Z_{transf.cb\,pu}(\Omega\ p.u)$$
$$\rightarrow (0{,}000012 + 0{,}000002) + j(0{,}000005 + 0{,}000001 + 0{,}04)$$
$$= 0{,}000014 + j0{,}040006\ (\Omega\ p.u)$$

Para retirar o valor de *p.u.* é utilizada a seguinte formula:

$$Z_{eq5} = Z_{eq5\,pu} \times Z_{base3}\ (\Omega) \rightarrow 0{,}040006 \times 9000 = 360{,}054\ \Omega$$

Para o cálculo da corrente de curto-circuito é utilizado o valor de correcção $C = 1{,}1$ aplicado à tensão de 15 kV. Com este valor já é possível calcular a corrente de curto-circuito neste ponto da instalação, que é obtido através da expressão seguinte:

$$I_{CC} = \frac{C \times U_{base3}}{\sqrt{3} \times Z_{eq5}} \times 10^{-3}\ (kA) \rightarrow \frac{1{,}1 \times 15000}{\sqrt{3} \times} \times 10^{-3} = 0{,}02646\ kA$$

- **<u>Troço 5 – Apoio transição1 Subterrânea/aérea – Rede aérea até apoio PT-AI</u>**

Neste troço o cabo utilizado é o seguinte:

- 55-AL4 - ASTER – 3 x (1 x 54,6 mm^2);
- Comprimento L = 85 m;

R – Resistência do condutor considerando a temperatura de 90 °C, valor obtido do fabricante (*Solidal*) - $0{,}000775\ (\Omega/m)$

X – Reatância linear dos condutores considerando que estão dispostos em triangulo distando entre si 1 m, valor obtido do fabricante (*Solidal*) - $0{,}000352\ (\Omega/m)$

Para o cálculo da resistência e reactância linear da canalização são é utilizadas as seguintes expressões:

$$R_{troço5} = R \times L\ (\Omega/m) \rightarrow 0{,}000775 \times 85 = 0{,}065875\ \Omega$$
$$X_{troço5} = X \times L\ (\Omega/m) \rightarrow 0{,}000352 \times 85 = j0{,}029906\ \Omega$$

De seguida são passados para *p.u.* através das expressões seguintes:

$$R_{troço5\,pu} = \frac{R_{troço5}}{Z_{base3}}\ (\Omega\ p.u)\ \rightarrow \frac{0{,}065875}{9000} = 0{,}000008\ \Omega\, p.u.$$

$$X_{troço5\,pu} = \frac{X_{troço4}}{Z_{base3}}\ (\Omega\ p.u)\ \rightarrow \frac{0{,}029906}{9000} = j0{,}000003\ \Omega\, p.u.$$

$$Z_{troço5\,pu} = 0{,}000008 + j0{,}000003\ \Omega\, p.u.$$

A impedância equivalente em *p.u.* neste ponto da canalização, é obtida através do seguinte cálculo:

$$Z_{eq6\,pu} = Z_{eq5\,pu} + Z_{troço5\,pu}\ (\Omega\ p.u) \rightarrow (0{,}000014 + 0{,}000008) + j(0{,}040006 + 0{,}000003)$$
$$= 0{,}000022 + j0{,}040009\ (\Omega\ p.u)$$

Para retirar o valor de *p.u.* é utilizada a seguinte formula:

$$Z_{eq6} = Z_{eq6\,pu} \times Z_{base3}\ (\Omega\,) \rightarrow 0{,}040009 \times 9000 = 360{,}081\ \Omega$$

O valor da corrente de curto-circuito neste ponto da instalação, que é obtido através da expressão seguinte:

$$I_{CC} = \frac{C \times U_{base3}}{\sqrt{3} \times Z_{eq5}} \times 10^{-3}\ (kA)\ \rightarrow \frac{1{,}1 \times 15000}{\sqrt{3} \times 360{,}081} \times 10^{-3} = 0{,}02646\ kA$$

- **<u>Troço 6 – Apoio transição PT-AI - Apoio transição2 Subterrânea/aérea</u>**

Neste troço o cabo utilizado é o seguinte:

- 55-AL4 - ASTER – 3 x (1 x 54,6 mm^2);
- Comprimento L = 45 m;

- **<u>Troço 7 – Apoio transição2 Subterrânea/aérea – Cela de MT</u>**

Neste troço o cabo utilizado é o seguinte:

- LXHIOZ1 (be)– 3 x (1 x 120 mm^2);
- Comprimento L = 105 m;

Os restantes valores calculados referente a todos os troços são apresentados na tabela 8, sendo que os equipamentos a instalar têm que suportar como mínimo, as correntes de curto-circuito calculadas, conseguindo desta forma cumprir com a Regra do Poder de Corte (*Pdc*), $I_{ccmax} \leq Pdc$.

O Projetista

Tabela 8 – Correntes de curto-circuito na rede interior BT e de MT

CALCULO DO Iccmax em (kA)										
Troço Origem-Destino	**TIPO DE CANALIZAÇÃO (Método Ref.)**	**Tipo de condutores**	**Secção dos condutores**	**POTÊNCIA (kVA)**	**Reatância Linear X da canalização (Ω/m)**	**Resistência R (Ω) cobre com ρ 90º (Ω/m)**	**Resistência R (Ω) alumínio com ρ 90º (Ω/m)**	**Impedância equivalente Zs em (Ω)**	**Iccmax em (kA)**	**Comprimento (m)**
Transf.-Port.	Enterrada, tubos (D)	LSVAV - 4X16	16	20,7	0,04245714	0	0,04584	0,06248	3,70	20
Port.-QGE		XV - 4x35	35	20,7	0	0,05721429	-	0,11146	2,07	89
QGE - Transf.	Cabos multicondutor Fixados às paredes, aos tectos (C)	XV - 4X70	70	25,0	0,00024	0,00096	-	0,11244	2,05	3
CelaMT-Apoio AI	Enterrada directamente ao solo (D)	LXHIOZ1(be) 3x(1x120mm2)	120	25,0	0,01021018	-	0,0164	90,053	0,0265	65
	Rede aérea	55-AL4 3x(54,6)	54,6	25,0	0,02990583	-	0,0658	90,083	0,0265	85
Apoio AI-CelaMT	Rede aérea	55-AL4 3x(54,6)	54,5	25,0	0,01583250	-	0,0349	90,0989	0,0265	45
	Enterrada, tubos (D)	LXHIOZ1(be) 3x(1x120mm2)	120	25,0	0,01649336	-	0,0266	90,1155	0,0265	105

4.5.3 Dimensionamento de Circuitos

Nos Postos de Transformação compactos, os equipamentos que constituem os circuitos de Alta Tensão e Baixa Tensão são projectados, fabricados, e certificados de acordo com as normas CEI aplicáveis, respectivamente. A escolha dos equipamentos é feita de modo que as características nominais satisfaçam, no mínimo, os valores das grandezas eléctricas calculadas nos pontos anteriores. Assim é garantida a segurança e fiabilidade na utilização destes equipamentos.

4.5.3.1 Circuito de Alta Tensão

O quadro NORMAFIX a utilizar terá características eléctricas mínimas superiores aos valores calculados, para a intensidade de corrente nominal, I_{AT}, Intensidade de corrente de curto-circuito, I_{ccAT}, e tensão nominal maior ou igual a U_{AT}.

Assim, o quadro NORMAFIX a instalar terá as seguintes características eléctricas relevantes, de acordo com norma CEI 298:

Tabela 9 – Características dos equipamentos a utilizar

Tensão Nominal U_N (kV)	Corrente Nominal I_N (A)	Corrente de curto-circuito I_{cc} (kA/1s)	Corrente de pico I_p (kAp)
17,5	400	16	40

4.5.3.2 Circuito de Baixa Tensão

O interruptor de entrada do Quadro Geral de Baixa Tensão, assim como o cabo que liga este aos terminais de Baixa Tensão do transformador devem ter tensão nominal, U_{BT}, e corrente nominal superior a I_{BT}. O poder de corte de fusíveis e disjuntores, e a corrente de curto-circuito suportada pelos restantes equipamentos do quadro deverá ser no mínimo igual a I_{ccBT}, ou seja 2,07 kA.

4.5.4 Escolha das Protecções de Sobreintensidades

- **Alta Tensão**

A escolha das protecções de curto-circuito na Alta Tensão é feita considerando o poder de corte dos equipamentos de protecção e o tempo máximo para a eliminação do defeito. Nas redes de distribuição a Empresa Distribuidora de Energia Eléctrica impõe como valor máximo para eliminação do defeito, 800 ms, neste caso será adoptado o mesmo.

- **Cela Tipo CIS**

Neste caso utiliza-se para a função de protecção de sobreintensidades os corta-circuitos fusíveis. Dispositivo constituído por fusível e interruptor atuado por percutor associado. A escolha dos fusíveis a aplicar deve considerar a tensão nominal da rede, a intensidade da corrente de magnetização do transformador, cerca de 5 vezes a corrente nominal durante 0,1 s; a sua corrente nominal; e poder de corte superior ao valor calculado para a corrente máxima de curto-circuito na Alta Tensão.

Assim os fusíveis a utilizar terão as seguintes características eléctricas principais:

- Tensão Nominal: $\geq U_{AT}$
- Corrente Nominal: $\approx 1{,}6 \times I_{AT}$
- Poder de Corte: $\geq I_{ccAT}$

O Projetista

Tabela 10 – Características dos fusíveis de protecção MT

Potência Nominal do Serviço Transformador (kVA)	Calibre do Fusível (A)	Poder de Corte (kA)	Tensão (kV)
25	10	40	15

- **<u>Baixa Tensão</u>**

A saída do transformador será protegida por disjuntor de poder de corte e intensidade de corrente nominal no mínimo iguais a 6 kA, e 149 A, respectivamente. Valores calculados anteriormente.

4.5.5 Dimensionamento dos Circuitos de Ligação à Terra

Os circuitos de ligação á terra devem ser dimensionados e instalados de modo a garantir, com a máxima fiabilidade e eficiência, a segurança das pessoas, e equipamentos constituintes e/ou ligados ao Posto de Transformação – PT. O sistema de terras será constituído por dois circuitos de ligação à terra separados, sendo os seguintes:

- Terra de protecção (interligada ao anel de terras da instalação)
- Terra de serviço da baixa tensão (ligada ao circuito de alimentação em baixa tensão)

4.5.5.1 Impedância de defeito à terra e tempo de eliminação do defeito

De forma a calcular a elevação de potencial no circuito de terra de protecção, devido a defeito à terra nas instalações do Posto de Transformação, é essencial conhecer o valor da impedância de defeito à terra da rede de Alta Tensão.

De acordo com o tipo de transformadores utilizados Dyn5, ou seja ligação em triângulo do lado da Média Tensão, o neutro de MT não é ligado à terra.

No caso de defeito á terra, a impedância de defeito que limita a intensidade de corrente de defeito máxima, I_{dM}, dependerá exclusivamente da capacidade entre os cabos e a terra, de toda rede de interior com origem nas celas do PT-CB. A corrente máxima de defeito verifica-se pressupondo a resistência de terra do PT nula. Neste tipo de ligação pressupõem-se 0,8 s o tempo máximo para eliminação do defeito à terra. De acordo com a constituição da rede temos, cabos com as características seguintes:

- **Rede subterrânea:**

- LXHIOZ1 (be)– 3 x (1 x 120 mm²);

- Comprimento L = 170 m;

Para o cálculo da impedância da rede ao defeito à terra utiliza-se a seguinte expressão:

$$X_C = \frac{1}{6 \times \pi \times f \times C} \times 10^6 \ (\Omega)$$

Onde:

- C – Capacidade da rede de cabos subterrânea, em μF;
- f - frequência da rede, 50 Hz;
- π - Constante de valor igual a 3,14;
- X_C – Impedância capacitiva da rede de cabos de AT;

Através da expressão seguinte calcula-se o valor de C:

$$C_{Sub} = L_{R\_sub} \times C_{R\_sub} \qquad (\mu F)$$

Onde:

- L_{R_sub} – Comprimento da rede de cabos (subterrânea) da Média Tensão, em m;
- C_{R_sub} - Capacidade por m do cabo, valor obtido do fabricante (*Solidal*) de 0,0003 μF.

Fazendo os cálculos das expressões anteriores chegamos aos seguintes valores:

- $C_{Sub} = 0{,}051 \ \mu F$
- $X_{C\_sub} = 20804{,}6 \ \Omega$

- **Rede aérea:**

- 55-AL4 - ASTER – 3 x (1 x 54,6 mm²);

- Comprimento L = 130 m;

Através da expressão seguinte calcula-se o valor de C:

$$C_{aerea} = L_{R\_aerea} \times C_{R\_aerea} \qquad (\mu F)$$

Onde:

- L_{R_aerea} – Comprimento da rede de cabos (aérea) da Média Tensão, em m;
- C_{R_aerea} - Capacidade por m do cabo, valor obtido do fabricante (*Solidal*) de 0,0000051997 μF.

O Projetista

Fazendo os cálculos das expressões anteriores chegamos aos seguintes valores:

- $C_{aerea} = 0{,}000675961\ \mu F$
- $X_{C\_aerea} = 15696665{,}93\ \Omega$

$$X_C = X_{C\_sub} + X_{C_{aerea}}\ (\Omega)$$

Como acima referido a impedância é de natureza capacitiva, a sua componente resistiva é desprezável.

Fazendo uso do valor de X_C pode ser calculada a intensidade de corrente máxima de defeito, I_{dM}:

$$I_{dM} = \frac{U_{AT}}{\sqrt{3} \times X_C} \qquad (kA)$$

$I_{dM} = 0{,}000005\ kA$

4.5.5.2 Circuito de terra de protecção

O interior da cabina do PT será percorrido por uma barra de cobre nu, fixa nas paredes, com secção não inferior a 35 mm^2.

A esta barra serão ligadas as seguintes massas metálicas:

- carcaça do transformador de potência;
- o circuito de terra do quadro de alta tensão;
- circuito de terra do quadro de baixa tensão;
- a malha metálica do piso, das paredes e dos degraus de entrada da cabina;
- as grelhas de ventilação e as portas;
- todas as peças metálicas que normalmente não estejam em tensão mas possam vir estar como consequência de avarias ou causas fortuitas.

A barra será ligada ao terminal geral da terra de protecção da cabina. Este terminal, amovível, é ligado ao eléctrodo de terra no exterior através de um condutor isolado, isolamento a 1 kV, de secção não inferior a 35 mm^2, enterrado e protegido contra eventuais acções mecânicas.

O eléctrodo de terra será constituído por um anel de cabo de cobre nu de secção igual a 35 mm^2. Este anel será colocado a 0,8 m de profundidade e a uma distância horizontal aproximada de 1 m das paredes da cabina. A este anel serão solidamente ligados, quatro eléctrodos de vareta de cobre com 2 m de comprimento e 20 mm de diâmetro, enterrados verticalmente a 0,8 m. Estes serão

dispostos ao longo do anel, um por cada lado da cabina, e com uma separação entre eles de aproximadamente 4 m. Deverá ser prevista a disponibilidade de terreno necessário à instalação deste eléctrodo. Este anel do PT será ligado ao anel de terras do parque.

Conforme anteriormente calculado o valor da terra da instalação é o seguinte:

$R_T = 0{,}8620\ \Omega$

Com o valor de R_T, podemos calcular o valor da intensidade de corrente de defeito à terra, I_d , e o valor da tensão de defeito à terra U_d.

$$I_d = \frac{U_{AT}}{\sqrt{3} \times \sqrt{X_C^2 + R_T^2}} \times 10^3 \qquad (A)$$

Onde:

- U_{AT} – Tensão composta na Alta Tensão, em kV;
- X_C – Impedância capacitiva da rede de cabos de AT;
- I_d – Intensidade de corrente de defeito à terra no PT, em A.

Substituindo os valores e calculando, obtemos:

$I_d = 0{,}000551\ A$

Com os valores calculados anteriormente obtém-se a tensão de defeito, U_d:

$U_d = I_d \times R_T \quad (V)$

$U_d = 0{,}000475\ V$

O isolamento dos equipamentos dos circuitos de Baixa Tensão do PT deverão ter um isolamento superior à tensão de defeito calculada, 0,00475 V. Deste modo evita-se que em caso de defeito à terra na Alta Tensão do PT não exista dano para os equipamentos, evitando a transferência de sobretensões para a rede de Baixa Tensão.

O Projetista

4.5.5.3 Circuito de terra de serviço, PT-AI

Ao circuito da terra de serviço de baixa tensão será ligado o neutro do transformador de potência. Este circuito será ligado, através de um ligador amovível, ao eléctrodo de terra no exterior por um condutor isolado, isolamento de 1 kV, de secção igual a 35 mm^2. O eléctrodo da terra de serviço será instalado a uma distância mínima de 20 m do eléctrodo da terra de proteção.

O eléctrodo da terra de serviço será constituído por um conjunto de 4 varetas de cobre nu de 2 m de comprimento e enterradas verticalmente até uma profundidade de 0,8 m. As varetas serão interligadas através de um condutor de cobre nu de secção 35 mm^2, enterrado a uma profundidade de 0,8 m. A disposição relativa das varetas não é relevante desde que a distância mínima entre qualquer uma delas seja 4 m.

Para cálculo do valor de resistência de terra é utilizada a seguinte expressão:

$$R_{terra\ serviço} \cong 2 \times \frac{\rho}{L + 2nl}$$

Onde:

- $R_{terra\ serviço}$ – Resistência da terra de serviço (Ω)
- ρ – Resistividade do terreno (Ω.m) - (terreno calcário macio – 100 Ω)
- L – Comprimento da vala ocupada pelo condutor (m) – (12 m)
- n – Número de varetas aplicadas – (4)
- l – Comprimento das varetas – (2 m)

Substituindo os valores na expressão obtém-se um valor de resistência de terra de 7,14 Ω.

Como se verifica este valor está abaixo dos 20 Ω de valor máximo permitido pelo Art. 58º do RSSPTS (Regulamento de Segurança de Subestações e PTs.).

4.5.5.4 Tensões no interior da instalação PT-CB

O piso da cabina do PT, as paredes e os degraus de acesso, são constituídos no seu interior por uma malha condutora electrosoldada de quadrícula não superior a 20 x 20 cm e secção não inferior a 4 mm^2. Estas malhas serão ligadas ao circuito de terra de protecção, de forma a garantir contacto eléctrico sólido. Assim, consegue-se uma superfície equipotencial fazendo desaparecer o perigo do aparecimento de tensões de contacto e de passo no interior da cabina do PT.

No acesso ao PT também não haverá tensões de contacto e de passo, pois o eléctrodo da terra de protecção é um anel que garante uma superfície equipotencial no solo exterior adjacente à cabina, conjuntamente com o degrau de acesso.

4.5.5.5 Tensão de passo permitida no exterior

O cálculo da tensão de passo máxima admissível no exterior do PT é feito recorrendo à expressão seguinte:

$$U_{Pext} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{6 \times \rho_T}{1000}\right) \qquad (V)$$

Onde:

- *t* – tempo máximo de eliminação do defeito, 0,8 s;
- *K* – constante dependente do máximo de eliminação do defeito, 72;
- *n* – constante dependente do máximo de eliminação do defeito, 1;
- ρ_T – resistividade do terreno, em Ω.m;
- U_p – Tensão no exterior, em V.

Substituindo os valores e calculando obtemos 1440,0 V como valor máximo para a tensão de passo no exterior.

4.5.5.6 Tensões no exterior da instalação

Devido ao facto de o eléctrodo da terra de proteção ser um anel contornando, na totalidade, a cabina do PT à distância de um metro do seu perímetro exterior, é criada uma superfície equipotencial no solo circundante e adjacente ao PT. Desta forma não existirão tensões de contacto significativas no exterior do PT.

Uma vez que a rede de anel de terra do PT é constituída por condutor de cobre nu de 35 mm^2 e por 4 eléctrodos, onde cada um deles tem os parâmetros característicos K_R e K_P abaixo indicados, sendo posteriormente interligados ao anel de terras do parque, para este calculo apenas é considerado o parâmetro dos eléctrodos K_P utilizados no anel de terras da instalação.

K_R= 0,071 Ω/(Ω.m)

K_P= 0,0089 V/(Ω.m.A)

A tensão de passo no exterior, U_p, será calculada pela seguinte expressão:

$$U_P = K_P \times \rho_T \times I_d \quad (V)$$

Substituindo os valores calculados anteriormente, temos:

O Projetista

U_P = 0,00049 V

4.5.5.7 Tensões transferíveis para o exterior

Não existem meios de transferência de tensões para o exterior, assim não é necessário tomar medidas para a sua redução ou eliminação.

4.5.6 Ventilação do Posto de Transformação

Com o objectivo de evitar o sobreaquecimento dos equipamentos no interior do PT há que garantir a adequada renovação de massa de ar. Isto é conseguido através do correto dimensionamento das grelhas de ventilação da cabina do PT. O cálculo seguinte não considera as perdas nos circuitos de Alta Tensão e Baixa Tensão. Apenas as perdas no transformador de potência são contabilizadas.

$$S_E = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0{,}24 \times K_C \times \sqrt{\Delta h \times \Delta T^3}} \quad (m^2)$$

Onde:

- W_{cu} – Perdas por efeito de Joule nos enrolamentos, em kW;
- W_{fe} – Perdas no circuito magnético por correntes de Foucault e histerese, em kW;
- Δh – distância vertical entre centros das grelhas, neste caso é 1,1 m;
- ΔT – diferença de temperatura entre o ar de saída e ar de entrada, considera-se 15 °C;
- K_C – factor de correcção, relação entre área e área total da grelha, considera-se 0,6;
- S_E – superfície mínima para a grelha de entrada de ventilação do transformador, em m^2.

Substituindo os valores, já calculados, na expressão anterior, obtemos os seguintes resultados:

Tabela 11 – Perdas do transformador e superfície da grelha de ventilação

Potência Nominal do Transformador (kVA)	Perdas no Transformador (kW)	Superfície mínima da grelha (m^2)
25	0,5	0,22

Será instalada uma grelha, disposta verticalmente na porta de acesso ao transformador e na parede oposta, consoante a superfície mínima pretendida, sobredimensionada para a dimensão da grelha de 800 x 600 mm.

4.5.7 Dimensionamento do Depósito de Óleo

O depósito de recolha de óleo será ser colocado por debaixo do transformador, ou então devem existir caleiras de recolha e condução do óleo até ao depósito. Este terá uma capacidade superior ao volume de óleo do transformador.

É usual a quantidade de óleo do transformador ser fornecida pelo fabricante em massa de óleo, assim teremos que usar a seguinte expressão para calcular a capacidade:

$$V = \frac{M}{\sigma} \qquad (litros)$$

Onde:

- σ – densidade típica do óleo de transformador a 20 °C, 0,887 kg/litro;
- M – massa de óleo do transformador, em kg;
- V – volume de óleo, em litros.

Tabela 12 – Volume do depósito do óleo

Potência Nominal do Transformador (kVA)	Volume mínimo do depósito (litros)
25	26,5

O Projetista

5 Rede de MT

A rede de MT terá como objectivo a transmissão de energia elétrica, (de montante (PT-CB) para jusante (PT-AI)) entre os PT's instalados no parque, sendo esta rede dimensionada considerando a especificação das condições técnicas de construção, exploração e de segurança das Redes de Distribuição de MT, e suas características normalizadas, cujo objectivo é o fornecimento de energia eléctrica em Média Tensão. Esta rede terá uma configuração em anel, com início e fim nas celas de entrada/saída do PT-CB.

5.1 Distancias regulamentares a respeitar

Na execução da rede de MT é necessário o cumprimento das distâncias de segurança descritas no (RSLEAT) Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão, o respeito por estas distâncias é obrigatório. São abaixo descritas as distâncias do RSLEAT a respeitar na execução da instalação da rede de energia eléctrica do parque de formação.

- Artigo 27º Distância dos condutores ao solo (em metros):
  - $D \geq 6 + 0{,}005 \times U$, (recomenda-se 7 m);
- Artigo 28º Distância dos condutores às árvores (em metros):
  - $D \geq 2 + 0{,}0075 \times U$, (não inferior a 2,5 m e recomenda-se 3 m);
- Artigo 29º Distância dos condutores aos edifícios (em metros):
  - $D \geq 3 + 0{,}0075 \times U$, (não inferior a 4 m);
- Artigo 30º Distância dos condutores a obstáculos diversos (em metros):
  - $D \geq 2 + 0{,}0075 \times U$, (não inferior a 3 m);
- Artigo 31º Distância entre condutores (em m):
  - $D \geq 0{,}75 \times k \times \sqrt{f + d} + \frac{U}{200}$, em que:
    - f – em metros, é a flecha máxima dos condutores;
    - d – em metros, é a comprimento das cadeias de isoladores susceptíveis de oscilarem transversalmente à linha;
    - U – em kilovolts, é a tensão nominal da linha;
    - 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 liga de alumínio.

– Artigo 33º Distância dos condutores e os apoios (em metros):
  - $D \geq 0{,}1 + 0{,}0065 \times U$, (para condutores nus em repouso);
  - $D \geq 0{,}0065 \times U$, (para condutores nus desviados pelo vento);
  - D - não inferior a 0,15 m.

– Artigo 108º Vizinhança de linhas de baixa tensão com linha de alta tensão em apoios diferentes (em metros):
  - $D \geq 1{,}5 + \frac{U}{100}$, (não inferior a 2 m).

Nas expressões acima apresentadas o valor de U é a tensão nominal da linha expressa em kilovolts.

5.2 Rede Aérea

Na rede aérea de MT do parque, serão aplicados diferentes tipos de apoios (betão e metálicos) simulando a diversidade de apoios existentes nas redes de MT.

Esta rede será constituída por 4 apoios, 3 de betão e 1 metálico, localizados e de tipo indicado nas peças desenhadas.

5.2.1 Cálculo mecânico da rede aérea

O cálculo mecânico da rede de transmissão de energia tem vários objectivos, entre os quais os abaixo descritos:

– Determinação da tensão mecânica de montagem da linha, em conformidade com as condições climatéricas que se verifiquem no momento de instalação, garantindo desta forma que quaisquer que sejam as condições climatéricas verificadas, não serão solicitadas aos condutores tensões mecânicas superiores à sua tensão de segurança;

– Determinação da altura dos apoios, garantindo que os condutores não ultrapassem as distâncias regulamentares, em quaisquer condição climatérica que se venha a verificar;

– Verificação das condições de estabilidade dos diferentes tipos de apoios, a utilizar e seus maciços;

O Projetista

São apresentados os cálculos mecânicos dos apoios e dos condutores, ou seja, o cálculo do parâmetro e flechas de montagem para as diversas temperaturas, dada a extensão da linha e consequente extensão de cálculo.

5.2.1.1 Tensão máxima de serviço a considerar

A tensão máxima de serviço dos condutores é realizado por interacções com base na experiência do projectista, sendo para a rede em análise e como se trata de condutores com características iguais, o valor da tensão máxima de serviço é o seguinte:

$t_{\max\_serviço} = 8\ daN/mm^2$

Conforme o descrito no artigo 24º do RSELAT, as tensões máximas para os condutores não deverão ser superiores ao quociente das suas tensões de rotura por 2,5. Desta forma a tensão máxima é obtida através da expressão seguinte:

$$t_{max} = \frac{t_{rotura}}{2{,}5}\ daN/mm^2 \leftrightarrow \frac{17{,}73}{2{,}5} = 7{,}10\ daN/mm^2$$

Onde:

- t_{max} – tensão máxima de tracção (daN/mm^2);
- t_{rotura} – tensão de rotura do condutor, segundo dados do fabricante (Solidal – 55AL4 – ASTER 54,6) - 17,73 daN/mm^2;

Sendo que estes valores têm que obedecer à seguinte condição:

- ✓ $t_{serviço} < t_{max} \leftrightarrow 7 < 7{,}10\ (daN/mm^2)$

5.2.1.2 Dimensionamento dos apoios

Para a realização do dimensionamento dos apoios é necessário a utilização das expressões seguintes:

- $F_{tx} = \sum_{i=1}^{n} |N.S.T.\cos(\theta)|$;
- $F_{ty} = \sum_{i=1}^{n} |N.S.T.\text{sen}(\theta)|$;
- $F_t = F_{tx} + F_{ty}$;
- $Onde$:
  - F – força aplicada em (N);
  - n – número de vãos ligados ao apoio;
  - N – número de condutores;

- S – secção do condutor em (mm²);
- T – tensão máxima aplicada (N/mm²);

- $F_{vx} = \sum_{j=1}^{n}\left(N.a.c.q.\frac{L}{2}.d.sen^2(\theta)\right) + i.F_{iso}$
- $F_{vy} = \sum_{j=1}^{n}\left(N.a.c.q.\frac{L}{2}.d.cos^2(\theta)\right) + i.F_{iso}$
- $F_v = máx(F_{vx}\ ,\ F_{vy})$;
- $F_T = F_t +\ F_v$;
- $Onde$:
  - a – coeficiente de redução;
  - c – coeficiente de forma;
  - q – pressão dinâmica do vento em (Pa);
  - L – comprimento do vão em (m);
  - d – diâmetro do condutor em (m);
  - θ – ângulo entre o eixo positivo dos xx e o vão;
  - i – número e isoladores;
  - F_{iso} – força do vento aplicada ao isolador em (N).

5.2.1.2.1 Cálculo e características dos apoios da rede

A título exemplificativo é apresentado o desenrolar dos cálculos, neste caso para o apoio 1, onde são apresentadas as características da rede de entrada e saída do apoio, sendo os restantes exibidos apenas o resultado final dos cálculos na tabela 12.

✓ ***Apoio 1 – Apoio 1 de transição rede subterrânea/aérea***

- Tensão da linha – $U_n = 15\ kV$;
- Comprimento do vão a jusante – L = 41 m (0º);
- 3 condutores dispostos em triângulo AL4 – ASTER 54,6 mm²
- $T_{max} = 7{,}10\ \ daN/mm^2$

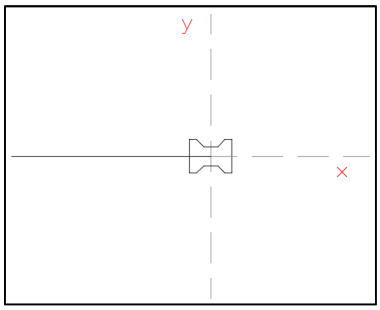


Figura 7 – Apoio1 – Apoio em fim de linha (condições a que o apoio está sujeito)

O Projetista

- $F_{tx} = 3 \times 54{,}6 \times 129{,}9 \times \cos(0º) = 21277{,}6\ N$
- $F_{ty} = 3 \times 54{,}6 \times 129{,}9 \times sen(0º) = 0\ N$
- $F_t = 21277{,}6 + 0 = 21277{,}6\ N \leftrightarrow 2127{,}77\ daN$
- $F_{vx} = 3 \times 0{,}6 \times 1{,}2 \times 750 \times \frac{41}{2} \times 0{,}009 \times sen^2(0º) + 9 \times 37{,}5 = 337{,}5\ N$
- $F_{vy} = 3 \times 0{,}6 \times 1{,}2 \times 750 \times \frac{41}{2} \times 0{,}009 \times cos^2(0º) + 9 \times 37{,}5 = 636{,}39\ N$
- $F_v = máx(F_{vx}\ ,\ F_{vy}) = 636{,}39\ N \leftrightarrow 63{,}64\ daN$
- $F_T = F_t + F_v = 2127{,}77 + 63{,}64 = 2191{,}4\ daN$

✓ ***Apoio 2 – Apoio de derivação da linha para o PT-AI***

- Tensão da linha – $U_n = 15\ kV$;
- Comprimento do vão a montante – L = 41 m (135º);
- Comprimento do vão a jusante – L = 39 m (44º);
- Comprimento do vão a jusante (saída PT-AI) – L = 5 m (51º);
- 3 condutores dispostos em triângulo AL4 – ASTER 54,6 mm²
- $T_{max} = 7{,}10\ daN/mm^2$.

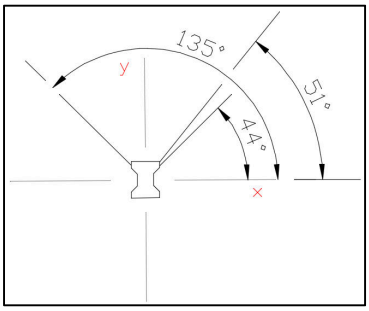


Figura 8 – Apoio 2 – Apoio de derivação (condições a que o apoio está sujeito)

✓ ***Apoio 3 – Apoio de PT-AI***

- Tensão da linha – $U_n = 15\ kV$;
- Comprimento do vão a jusante – L = 5 metros (0º);
- 3 condutores dispostos em triângulo AL4 – ASTER 54,6 mm²
- $T_{max} = 7{,}10\ daN/mm^2$

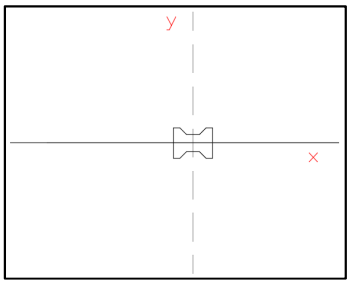


Figura 9 – Apoio 3 de fim de linha (condições a que o apoio está sujeito)

- ✓ **Apoio 4 – Apoio de alinhamento da linha**
  - Tensão da linha – $U_n = 15\ kV$;
  - Comprimento do vão a montante – L = 39 m (0º);
  - Comprimento do vão a jusante – L = 39 m (180º);
  - 3 condutores dispostos em triângulo AL4 – ASTER 54,6 mm²
  - $T_{max} = 7{,}10\ \ daN/mm^2$.

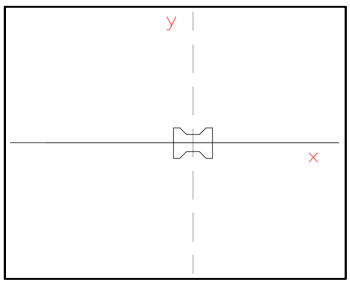


Figura 10 – Apoio 4 – Apoio em alinhamento (condições a que o apoio está sujeito)

- ✓ **Apoio 5 – Apoio 2 de transição rede subterrânea/aérea**
  - Tensão da linha – $U_n = 15\ kV$;
  - Comprimento do vão a jusante – L = 41 m (0º);
  - 3 condutores dispostos em triângulo AL4 – ASTER 54,6 mm²
  - $T_{max} = 7{,}10\ \ daN/mm^2$

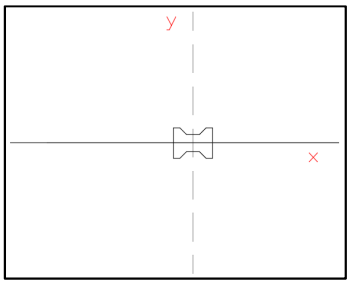


Figura 11 – Apoio 5 de fim de linha (condições a que o apoio está sujeito)

O Projetista

O valor da força aplicada a cada um dos Apoios, é a apresentada na tabela 13, no caso do Apoio 3 (PT-AI) foi considerado a influência do transformador e seccionador no apoio.

Tabela 13 – Força aplicada aos Apoios a considerar, em daN

Apoios	Vão a considerar	Angulo a considerar (º)	Nº de condutores	Secção (mm^2)	Tensão máxima aplicada (N/mm^2)	coeficiente de redução (a)	Coeficiente de forma (c)	pressão dinâmica (q)	comprimento do vão (m)	diâmetro dos condutores (m)	numero de isoladores (i)	força do vento aplicada ao isolador	Força aplicada Ftx (N)	Força aplicada Fty (N)	Força aplicada Fvx (N)	Força aplicada Fvy (N)	Força aplicada em (daN)
Apoio 1	Apoio 1 - Apoio 2	0	3	54,6	70,92	0,6	1,2	750	41	0,009	9	37,5	11616,70	0,00	337,50	636,39	1225,31
Apoio 2	Apoio 2 - Apoio 1	135	3	54,6	70,92	0,6	1,2	750	41	0,009	9	37,5	-8214,24	8214,24	486,95	486,95	3409,56
	Apoio 2 - Apoio 3	51	3	54,6	70,92	0,6	1,2	750	5	0,009	9	37,5	7310,62	9027,87	359,51	351,94	
	Apoio 2 - Apoio 4	44	3	54,6	70,92	0,6	1,2	750	39	0,009	9	37,5	8356,35	8069,64	474,69	484,62	
Apoio 3	Apoio 3 - Apoio 2	0	3	54,6	70,92	0,6	1,2	750	39	0,009	9	37,5	11616,70	0,00	337,50	711,81	1232,85
Apoio 4	Apoio 4 - Apoio 2	0	3	54,6	70,92	0,6	1,2	750	39	0,009	9	37,5	11616,70	0,00	337,50	621,81	124,36
	Apoio 4 - Apoio 5	180	3	54,6	70,92	0,6	1,2	750	39	0,009	9	37,5	-11616,70	0,00	337,50	621,81	
Apoio 5	Apoio 5 - Apoio 4	0	3	54,6	70,92	0,6	1,2	750	39	0,009	9	37,5	11616,70	0,00	337,50	621,81	1223,85

Os apoios a aplica no presente projecto deverão cumprir com as solicitações a que estarão sujeitos, tendo em consideração o seguinte:

$$F_{apoio\ aplicar} > F_{apoio\ calculada}$$

Onde:

- $F_{apoio\ aplicar}$ - Força do apoio a aplicar;
- $F_{apoio\ calculada}$ - Força do apoio calculada.

5.2.1.3 Condições Atmosféricas

O terreno do parque não tem irregularidade, sendo maioritariamente plano. A rede a projectar, embora não se encontre em zona com frequência de acção de gelo, será considerada em conformidade com o artigo 16º do RSLEAT essa acção do gelo, considerando uma formação uniforme de gelo de 10 mm e uma densidade de 0,9, em toda a rede.

5.2.1.4 Parâmetro de flecha e montagem

Nestes cálculos são apresentados as formulas utilizadas e os pressupostos apenas para um dos vãos, sendo no final apresentada uma tabela com os valores de todos os vãos calculados.

5.2.1.4.1 Vão entre (Apoio 1 e Apoio 2)

O vão entre estes apoios é de 41 m.

5.2.1.4.1.1 Estado atmosférico

a) Estado de Inverno

Conforme descrito no artigo 21º do RSLEAT, o estado de Inverno caracteriza-se pela existência de manga de gelo e vento reduzido que actua sobre os condutores com a manga de gelo, sendo considerado a temperatura de -10 °C.
A expressão que permite calcular a força do vento (segundo o artigo 10º do RSLEAT) nos condutores é a seguinte:

$$F_{vento} = a \times c \times q \times s$$

Onde:

- a – coeficiente de redução (artigo 14º RSLEAT);
- c – coeficiente de forma (artigo 15º RSLEAT);
- q – pressão dinâmica do vento (Pa);
- s – área da superfície batida pelo vento (mm/m).

Diâmetro total do condutor é obtido através da seguinte expressão:

$d_{tot} = d_{condutor} + 2 \times d_{gelo} = 9{,}45 + 2 \times 10 = 49{,}45\ mm$

A área de influência afetada pela acção do vento é calculada através da expressão:

$s = \frac{d_{tot}}{1000} = \frac{49{,}45}{1000} = 0{,}04945\ mm/m$

Desta forma a força do vento nos condutores é obtida com o cálculo seguinte:

$F_{vento} = 0{,}6 \times 1 \times 360 \times 0{,}04945 = 10{,}6812\ N/m \leftrightarrow 1{,}09 kgf/m$

Por conseguinte o coeficiente de sobrecarga é:

$$m_1 = \frac{\sqrt{\left[w + w_g \times \frac{\pi}{4} \times (d_{tot}^2 - d_{condutor}^2)\ \right]^2 + F_{vento}^2}}{w}$$

O Projetista

Onde:

- w – peso próprio do condutor (kgf/m);
- w_g – densidade do gelo (artigo 16º RSLEAT) em (kg/m³);
- d_{tot} – diâmetro total (mm);
- $d_{condutor}$ – diâmetro do condutor (mm);
- F_{vento} – força proveniente da acção do vento (kgf/m).

Substituindo os valores na expressão obtém-se:

$$m_1 = \frac{\sqrt{\left[0{,}145922 + 900 \times \frac{\pi}{4} \times (0{,}04945^2 - 0{,}00945^2)^2\right]^2 + 1{,}09^2}}{0{,}145922} = 14{,}49$$

b) <u>Estado de Primavera</u>

Conforme descrito no artigo 21º do RSLEAT, o estado de primavera caracteriza-se pela existência de vento máximo habitual que actua sobre os condutores, e considerando a temperatura de +15 °C.

O diâmetro total do condutor é obtido através da seguinte expressão:

$d_{tot} = d_{condutor} = 9{,}45\ mm$

A área de influência afectada pela acção do vento é calculada através da expressão:

$s = \frac{d_{tot}}{1000} = \frac{9{,}45}{1000} = 0{,}00945\ mm/m$

O valor da força do vento nos condutores é obtido com o cálculo seguinte:

$F_{vento} = 0{,}6 \times 1 \times 360 \times 0{,}00945 = 2{,}0412\ N/m \leftrightarrow 0{,}2083 kgf/m$

Por conseguinte o coeficiente de sobrecarga é:

$$m_2 = \frac{\sqrt{w^2 + F_{vento}^2}}{w}$$

Onde:

- w – peso próprio do condutor (kgf/m);
- F_{vento} – força proveniente da acção do vento (kgf/m).

Substituindo os valores obtém-se:

$m_2 = \frac{\sqrt{0{,}145922^2 + 0{,}2083^2}}{0{,}145922} = 1{,}7429$

Efectuando a comparação dos coeficientes anteriormente calculados (m_1 e m_2), através da árvore de decisão abaixo apresentada, conclui-se que o estado mais desfavorável (a considerar) é o estado de inverno porque $m_1 > m_2$.

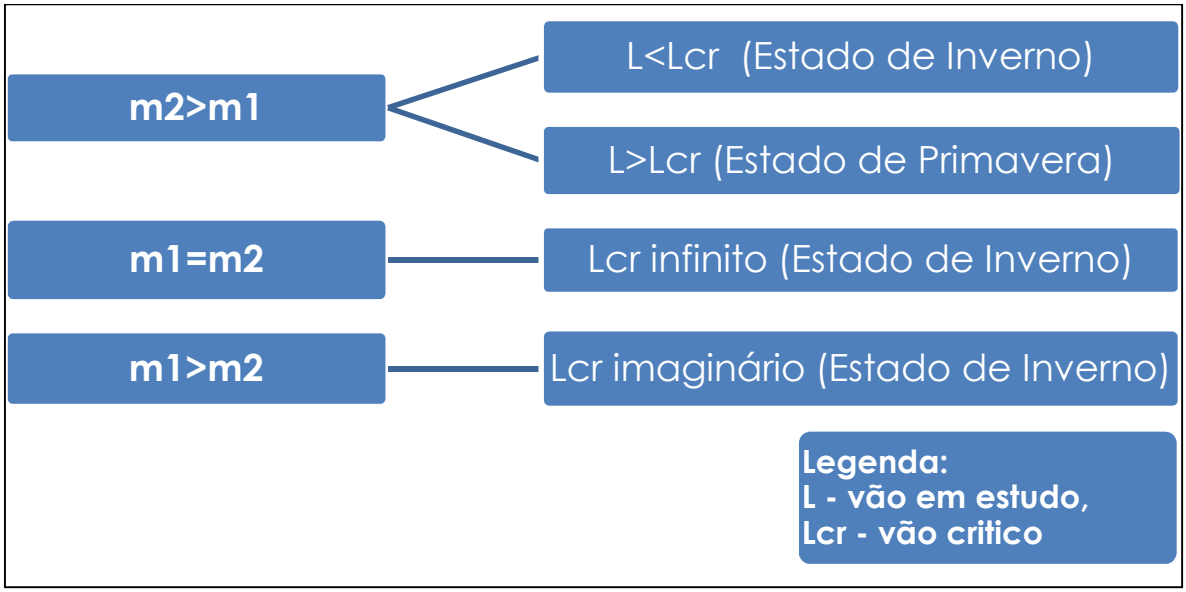


Figura 12 – Arvore de decisão do estado atmosférico mais desfavorável

5.2.1.4.1.2 Tensões e flechas de montagem a considerar

No cálculo da tensão de montagem e consequente flecha, em função de um determinado estado atmosférico é aplicada a equação de estados. É efectuada a comparação do estado mais desfavorável com o estado em análise para a obtenção da sua tensão de montagem.

Dados a considerar:

- Estado Inverno
  - Coeficiente de sobrecarga – 14,49;
  - Tensão máxima de serviço - $T_{max} = 7{,}10\ daN/mm^2$;
  - Temperatura -10 °C.
- Estado em estudo
  - Coeficiente de sobrecarga – 1;
  - Tensão máxima de serviço – (a calcular);
  - Temperatura +20 °C.

A equação de estados é a seguinte:

$$\theta_i + \frac{t_i}{a.E} - \frac{m_i^2.w^2.L^2}{24.a.\sigma^2.t_i^2} = \theta_k + \frac{t_k}{a.E} - \frac{m_k^2.w^2.L^2}{24.a.\sigma^2.t_k^2}$$

Onde:

O Projetista

- θ_i e θ_k – temperatura do estado i(-10 °C) e k(+20 °C);
- t_i e t_k – tensão máxima do estado i(7,10 daN/mm^2) e k(a calcular);
- w – peso próprio do condutor (kgf/m);
- L – comprimento do vão em análise (41 m);
- E – módulo da eslasticidade do condutor (62 daN/mm^2);
- a – coeficiente de dilatação linear do condutor (26x10^{-6} / °C);
- σ – secção real do condutor (54,6 mm^2).

Realizando o cálculo, substituindo os valores da equação de estados obtém-se:
$t_k = 6{,}92\ daN/mm^2$

O valor da tensão de montagem será o seguinte:
$T_{montagem} = \sigma \times t_k = 54{,}6 \times 6{,}92 = 377{,}83\ daN$

Para o cálculo da flecha de montagem do vão em análise é utilizada a expressão seguinte:

$$f_{montagem} = \frac{w \times L_{per} \times L_{montagem}}{8 \times T_{montagem}}$$

Onde:

- L_{per} - distância entre os apoios medida na perpendicular;
- $L_{montagem}$– distância entre os apoios obtida através da expressão:
  - $L_{montagem} = \sqrt{L_{per}^2 + h^2}$

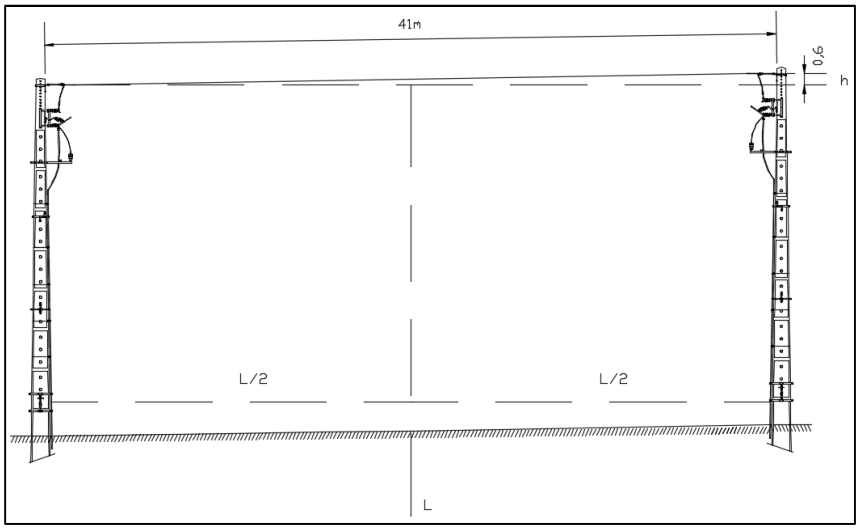


Figura 13 – Exemplo do vão com desnível (Apoio 1 – Apoio 2)

$$L_{montagem} = \sqrt{41^2 + 0{,}60^2} = 41{,}0044\ m$$

Sendo a flecha a seguinte:

$$f_{montagem} = \frac{0{,}145922 \times 41 \times 41{,}0044}{8 \times 377{,}83} = 0{,}081161\ m$$

Para o cálculo da catenária conforme descrito no ponto 62 do artigo 4º do RSLEAT, é definido através da expressão seguinte:

$$p_{catenária} = \frac{T_k}{w}$$

Onde:

- T_k – tensão máxima no estado k (neste caso 20 °C);
- w – peso do próprio condutor (kgf/m).

$$p_{catenária} = \frac{377{,}83}{0{,}145922} = 2589\ m$$

Os cálculos até aqui apresentados apenas dizem respeito à tensão e flecha com uma temperatura de 20 °C. No entanto foram efectuados os restantes cálculos para as diferentes temperaturas de montagem, uma vez que é necessário o seu conhecimento aquando da montagem da rede aérea. São apresentados na tabela 14, esses cálculos considerando as temperaturas, tensão de montagem, flechas e parâmetro de catenária.

Tabela 14 – Tensões de montagem para diferentes temperaturas do vão (Apoio 1 – Apoio 2)

Tensões de montagem para diversas temperaturas do vão (Apoio 1 - Apoio 2)				
Temperatura de montagem (ºC)	**Tensão máxima no estado T(k) - (daN/mm2)**	**Tensão máxima de montagem - (daN/mm2)**	**Flecha montagem (m)**	**Parâmetro de catenária**
-10	6,9715	380,64	0,08056	2608,52
-5	6,9633	380,20	0,08066	2605,49
0	6,9555	379,77	0,08075	2602,57
5	6,9473	379,32	0,08084	2599,48
10	6,9392	378,88	0,08094	2596,47
15	6,9312	378,44	0,08103	2593,45
20	6,9231	378,00	0,08112	2590,43
25	6,9150	377,56	0,08122	2587,42
30	6,9070	377,12	0,08131	2584,40
35	6,8989	376,68	0,08141	2581,39
40	6,8909	376,24	0,08150	2578,37
45	6,8828	375,80	0,08160	2575,36
50	6,8748	375,36	0,08170	2572,34

O Projetista

5.2.1.4.1.3 Travessas a considerar e altura dos apoios

O tipo de travessas que são consideradas para os apoios (1 e 2), são as do tipo galhardete GAL com disposição em triângulo, tendo uma distancia estre os isoladores de 1 m. Uma vez calculada a flecha máxima dos condutores, definida no artigo 22º do RSLEAT, é possível determinar a distância entre condutores através da expressão seguinte:

$$D = 0{,}75 \times k \times \sqrt{f + d} + \frac{U}{200} \ (artigo\ 31º\ RSLEAT - linhas\ de\ 2ª\ classe)$$

Onde:

- U – tensão nominal da linha (kV);
- f – flecha máxima dos condutores, neste caso à temperatura de 50 °C (m);
- d – comprimento da cadeia de isoladores susceptíveis de oscilarem transversalmente à linha (m);
- k – coeficiente dependente da natureza dos condutores, (Alumínio-aço – 0,6).

Substituindo os valores obtém-se:

$$D = 0{,}75 \times 0{,}6 \times \sqrt{0.08170 + 0} + \frac{15}{200} = 0{,}20\ m$$

Como se pode verificar trata-se de um vão com uma distância curta, logo os condutores não terão muita oscilação.

Os apoios (1 e 2) terão ambos altura útil de 20 m. Na figura 8, é possível verificar a distância na zona de maior proximidade que a linha poderá ter em relação ao edifício no interior do parque, cumprido desta forma com a distância regulamentar disposto no artigo 29º do RSLEAT (não inferior a 4 m).

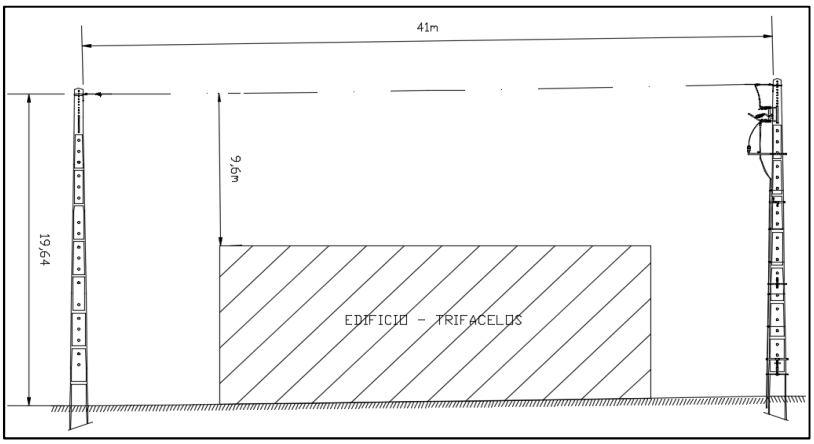


Figura 14 – Distancia da linha ao edifício do vão (Apoio 1 – Apoio 2)

5.2.1.4.2 Vão entre (Apoio 2 e Apoio 3)

Como acima referido, o método de cálculo já foi demonstrado, sendo nesta parte apenas apresentados os resultados.

O vão entre estes apoios é de 5 metros.

5.2.1.4.2.1 Estado atmosférico

a) Estado de Inverno

O coeficiente de sobrecarga neste estado é:

$m_1 = 14{,}49$

b) Estado de Primavera

O coeficiente de sobrecarga neste estado é:

$m_2 = 1{,}7429$

Como estamos na presença de condutores com características iguais em toda a rede os valores calculados anteriormente (m_1 e m_2), em nada mudam, conclui-se que o estado mais desfavorável (a considerar) é o estado de inverno porque $m_1 > m_2$.

5.2.1.4.2.2 Tensões e flechas de montagem a considerar

No cálculo da tensão de montagem e consequente flecha, em função de um determinado estado atmosférico é aplicada a equação de estados. Uma vez que na equação de estado o único parâmetro que altera é o da distância, o valor da tensão para a temperatura de 20 °C é o seguinte:

$t_k = 7{,}05\ daN/mm^2$

O valor da tensão de montagem será o seguinte:

$T_{montagem} = \sigma \times t_k = 54{,}6 \times 7{,}05 = 384{,}83\ daN$

Para o cálculo da flecha de montagem do vão é obtido através da análise da figura e utilizando a expressão abaixo.

O Projetista

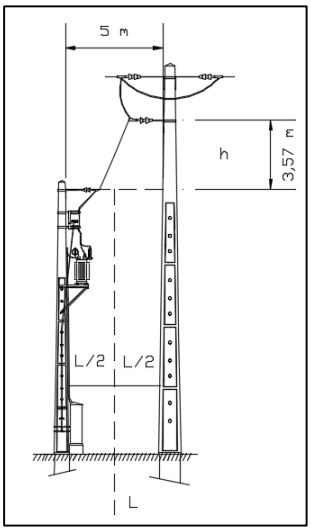


Figura 15 – Exemplo do vão (Apoio 2 – Apoio 3)

$$L_{montagem} = \sqrt{5^2 + 3{,}57^2} = 6{,}14\ m$$

Sendo a flecha a seguinte:

$$f_{montagem} = \frac{0{,}145922 \times 5 \times 6{,}14}{8 \times 384{,}83} = 0{,}001455\ m$$

Por conseguinte o valor da catenária é o seguinte:

$$p_{catenária} = \frac{384{,}83}{0{,}145922} = 2637{,}23\ m$$

Na tabela 15, são apresentados todos os valores referentes aos cálculos considerando as temperaturas, tensão de montagem, flechas e parâmetro de catenária.

Tabela 15 – Tensões de montagem do vão (Apoio 2 – Apoio 3)

Tensões de montagem para diversas temperaturas do vão (Apoio 2 - Apoio 3)				
Temperatura de montagem (ºC)	**Tensão máxima no estado T(k) - (daN/mm^2)**	**Tensão máxima de montagem - (daN/mm^2)**	**Flecha montagem (m)**	**Parâmetro de catenária**
-10	7,0981	387,56	0,00144	2655,91
-5	7.0900	387,12	0,00145	2652,89
0	7,0820	386,68	0,00145	2649,88
5	7,0739	386,24	0,00145	2646,86
10	7,0659	385,80	0,00145	2643,85
15	7,0578	385,36	0,00145	2640,83
20	7,0497	384,92	0,00145	2637,82
25	7,0417	384,48	0,00146	2634,80
30	7,0336	384,04	0,00146	2631,78
35	7,0256	383,60	0,00146	2628,77
40	7,0175	383,15	0,00146	2625,75
45	7,0094	382,71	0,00146	2622,74
50	7,0014	382,27	0,00146	2619,72

5.2.1.4.2.3 Distâncias a cumprir

O tipo de travessas que são consideradas para os apoios (2 e 1), são as do tipo galhardete GAL com disposição em triângulo, tendo uma distancia estre os isoladores de 1 metro. A distância entre os condutores é a seguinte:

$$D = 0{,}75 \times 0.6 \times \sqrt{0.00146 + 0} + \frac{15}{200} = 0.017\ m\ (não\ inferior\ a\ 4\ m)$$

Logo, cumpre com o disposto na alínea a) ponto 3 do artigo 31º do RSLEAT ($D \leq\ 0{,}45\ m\ para\ linhas\ da\ 2^{a}\ classe$).

Para além disto como estas linhas do vão se encontram distadas do edifício em 8 m, cumpre com o disposto no artigo 29º do RSLEAT, ou seja:

$$D = 3 + 0{,}0075 \times 15 = 3{,}1125\ m\ (não\ inferior\ a\ 4\ m)$$

5.2.1.4.3 Vão entre (Apoio 2 - Apoio 4 e do Apoio 4 – Apoio 5)

Nos cálculos apresentados, uma vez que os dois vão são iguais, é apenas considerado o dimensionamento para um dos vãos (Apoio 2 – Apoio 4), sendo o outro vão (Apoio 4 – Apoio 5) igual.

O vão entre estes apoios é de 39 m.

5.2.1.4.3.1 Estado atmosférico

c) Estado de Inverno

O coeficiente de sobrecarga neste estado é:

$m_1 =\ 14{,}49$

d) Estado de Primavera

O coeficiente de sobrecarga neste estado é:

$m_2 = 1{,}7429$

Estado mais desfavorável é o Inverno ($m_1 > m_2$)

5.2.1.4.3.2 Tensões e flechas de montagem a considerar

No cálculo da tensão de montagem e consequente flecha, em função de um determinado estado atmosférico é aplicada a equação de estados. Uma vez que na equação de estado o único parâmetro que altera é o da distância (L = 39 m), o valor da tensão para a temperatura de 20 °C é o seguinte:

O Projetista

$t_k = 6{,}935\ daN/mm^2$

O valor da tensão de montagem será o seguinte:

$T_{montagem} = \sigma \times t_k = 54{,}6 \times 6{,}935 = 378{,}67\ daN$

Para o cálculo da flecha de montagem do vão é obtido através da análise da figura e utilizando a expressão abaixo.

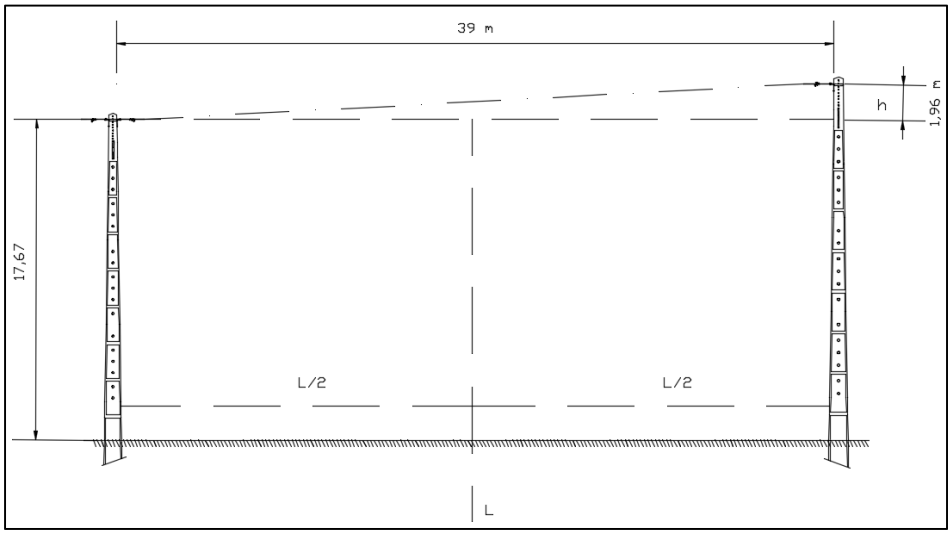


Figura 16 - Exemplo do vão (Apoio 3 – Apoio 4)

$L_{montagem} = \sqrt{39^2 + 1{,}96^2} = 39{,}05\ m$

Sendo a flecha a seguinte:

$$f_{montagem} = \frac{0{,}145922 \times 39 \times 39{,}05}{8 \times 384{,}83} = 0{,}0752\ m$$

Por conseguinte o valor da catenária é o seguinte:

$$p_{catenária} = \frac{378{,}67}{0{,}145922} = 2595{,}01\ m$$

Na tabela 16, são apresentados todos os valores referentes aos cálculos considerando as temperaturas, tensão de montagem, flechas e parâmetro de catenária.

Tabela 16 – Tensões de montagem dos vãos (Apoio 2 – Apoio 4 e Apoio 4 – Apoio 5)

Tensões de montagem para diversas temperaturas do vão (Apoio 2 - Apoio 4 e Apoio 4 – Apoio 5)				
Temperatura de montagem (ºC)	**Tensão máxima no estado T(k) - (daN/mm^2)**	**Tensão máxima de montagem - (daN/mm^2)**	**Flecha montagem (m)**	**Parâmetro de catenária**
-10	6,9837	381,31	0,07285	2613,10
-5	6,9756	380,87	0,07294	2610,09
0	6,9676	380,43	0,07302	2607,07
5	6,9595	379,99	0,07310	2604,06
10	6,9515	379,55	0,07319	2601,04
15	6,9434	379,11	0,07327	2598,03
20	6,9353	378,67	0,07336	2595,01
25	6,9273	378,23	0,07344	2591,99
30	6,9192	377,79	0,07353	2588,98
35	6,9112	377,35	0,07362	2585,97
40	6,9031	376,91	0,07370	2582,95
45	6,8950	376,47	0,07379	2579,93
50	6,8870	376,03	0,07387	2576,92

5.2.1.5 Cálculo mecânico dos Apoios

5.2.1.5.1 Apoio 1 – (Fim de linha)

5.2.1.5.1.1 Cálculo de estabilidade

O cálculo de estabilidade dos apoios em fim de linha, segundo as recomendações dispostas no artigo 62º do RSLEAT, são as abaixo apresentadas:

- *Hipótese 1 (vento perpendicular à linha)*
  - $F_y =$
    $F_{v_{isoladores}} + F_{\ v\_travessas\_aparelhagem} +$
    $F_{v\_condutores}\ (esforço\ no\ sentido\ normal\ \text{à}\ linha\ (eixo\ yy))$;
- *Hipótese 2 (sem vento)*
  - $F_x = 6 \times T\ (esforço\ no\ sentido\ da\ linha\ (eixo\ xx))$

a) Hipótese 1

A força do vento sobre os condutores é calculada através da expressão seguinte:

$$F_{v\_condutores} = 6 \times w \times \left(\frac{S_1}{2}\right)$$

Onde:

- w – força do vento sobre os condutores ($w = a \times c \times q \times s$);
- $S_1\ e\ S_2$ – vãos adjacentes ao apoio.

$w = 0{,}6 \times 1 \times 750 \times 0{,}00945\ = 0{,}42525\ daN/m$

$F_{v\_condutores} = 6 \times 0{,}42525 \times \left(\frac{41}{2}\right)\ = 52{,}31\ daN$

$F_{v\_isoladores} = 30\ daN$

O Projetista

Uma vez que os esforços exercidos pelo vento sobre as travessas e aparelhagem são baixos, não são considerados neste cálculo.

$F_y = F_{v\_condutores} + F_{v\_isoladores} = 52{,}31 + 30 = 82{,}31\ daN$

b) Hipótese 2

O cálculo do condutor é obtido através da expressão seguinte:

$T = \sigma \times T_{max} = 54{,}6\ \times 7{,}10 = 387{,}66\ daN$

$F_x = 6 \times \mathrm{T} = 6 \times 387{,}66 = 2325{,}96\ daN$

Com vista a cumprir com as solicitações a que estará sujeito o apoio a aplicar terá as características descritas na tabela 17.

Tabela 17 – Características do Apoio 1 a aplicar

Poste de betão a aplicar para o Apoio 1				
Apoio a aplicar			Cálculo do apoio a considerar	
Descrição	**Solicitação Principal (daN)**	**Altura em (mm)**	**Número do Apoio**	**Força aplicada (daN)**
POSTE Bet. 20 MM06-2750	**2750**	20000	Apoio 1	2325.96

5.2.1.5.2 Apoio 2 – (Em ângulo)

5.2.1.5.2.1 Cálculo de estabilidade

O cálculo de estabilidade dos apoios em ângulo, segundo as recomendações dispostas no artigo 58º do RSLEAT, são as abaixo apresentadas:

- *Hipótese 1 (vento paralelo à bissetriz do ângulo)*
  - $F_y = F_{v_{isoladores}} + F_{\ v\_travessas} + F_{v\_condutores}\ (esforço\ no\ sentido\ da\ bissetriz\ do\ \hat{a}ngulo(eixo\ yy))$;
  - $F_z = F_{z_{isoladores}} + F_{\ z\_travessas} + F_{z\_condutores}$;
- *Hipótese 2 (sem vento)*
  - $F_x = \frac{1}{5} \times 6 \times w \times cos^2\beta\left(\frac{S_1+S_2}{2}\right)\ \left(esforço\ no\ sentido\ normal\ \grave{a}\ bissetriz\ do\ \hat{a}ngulo(eixo\ xx)\right)$;
  - $F_z = F_{z\_isoladores} + F_{z\_travessas} + F_{z\_condutores}$.

a) Hipótese 1

A força do vento sobre os condutores é calculada através da expressão seguinte:

$$F_{v\_condutores} = 6\left[w \times cos^2\beta\left(\frac{S_1 + S_2}{2}\right) + 2 \times T \times sen\beta\right]$$

Onde:

- w – força do vento sobre os condutores ($w = a \times c \times q \times s$);
- S_1 e S_2 – vãos adjacentes ao apoio.

$w = 0{,}6 \times 1 \times 750 \times 0{,}00945 \ = 0{,}42525\ daN/m$

$T = \sigma \times T_{max} = 54{,}6 \ \times 7{,}10 = 387{,}66\ daN$

$$F_{v\_condutores} = 6\left[0{,}42525 \times \cos(51)^2 \times \left(\frac{41 + 39}{2}\right) + 2 \times 387{,}66 \times sen(51)\right] = 3655{,}64\ daN$$

$F_{v\_isoladores} = 30 \ \times 6 = 180\ daN$

No cálculo abaixo apresentado, são desprezados os esforços exercidos pelo vento sobre as travessas e aparelhagem devido ao seu valor ser baixo.

$F_y = F_{v\_condutores} + F_{v\_isoladores} = 3655{,}64 \ + 180 = 3835{,}64\ daN$

b) Hipótese 2

O cálculo do condutor é obtido através da expressão seguinte:

$T = \sigma \times T_{max} = 54{,}6 \ \times 7{,}10 = 387{,}66\ daN$

$$F_x = \frac{1}{5} \times 6 \times 0{,}42525 \times \cos(51)^2 \times \left(\frac{41 + 39}{2}\right) = 8{,}084\ daN$$

Com vista a cumprir com as solicitações a que estará sujeito o apoio a aplicar terá as características descritas na tabela 18.

Tabela 18 – Características do Apoio 2 a aplicar

Poste de betão a aplicar para o Apoio 2				
Apoio a aplicar			Cálculo do apoio a considerar	
Descrição	**Solicitação Principal (daN)**	**Altura em (mm)**	**Número do Apoio**	**Força aplicada (daN)**
OSTE Bet. 20 MM08-4000	**4000**	20000	Apoio 2	3835,64

O Projetista

5.2.1.5.3 Apoio 3 – (Fim de linha)

5.2.1.5.3.1 Cálculo de estabilidade

O cálculo de estabilidade dos apoios em fim de linha, segundo as recomendações dispostas no artigo 62º do RSLEAT, são as abaixo apresentadas:

- *Hipótese 1 (vento perpendicular à linha)*
  - $F_y = F_{v_{isoladores}} + F_{\ v\_travessas\_aparelhagem} + F_{v\_condutores}\ (esforço\ no\ sentido\ normal\ à\ linha\ (eixo\ yy));$
- *Hipótese 2 (sem vento)*
  - $F_x = 6 \times T\ (esforço\ no\ sentido\ da\ linha\ (eixo\ xx))$

c) Hipótese 1

A força do vento sobre os condutores é calculada através da expressão seguinte:

$$F_{v\_condutores} = 6 \times w \times \left(\frac{S_1}{2}\right)$$

Onde:

- w – força do vento sobre os condutores ($w = a \times c \times q \times s$);
- $S_1\ e\ S_2$ – vãos adjacentes ao apoio.

$w = 0{,}6 \times 1 \times 750 \times 0{,}00945\ = 0{,}42525\ daN/m$

$F_{v\_condutores} = 6 \times 0{,}42525 \times \left(\frac{5}{2}\right)\ = 59{,}43\ daN$

$F_{v\_isoladores} = 30\ daN$

Uma vez que os esforços exercidos pelo vento sobre as travessas e aparelhagem são baixos, não são considerados neste cálculo.

$F_y = F_{v\_condutores} + F_{v\_isoladores} = 59{,}43 + 30 = 89{,}43\ daN$

d) Hipótese 2

O cálculo do condutor é obtido através da expressão seguinte:

$T = \sigma \times T_{max} = 54{,}6\ \times 7{,}10 = 387{,}66\ daN$

$F_x = 6 \times \mathrm{T} = 6 \times 387{,}66 = 2325{,}96\ daN$

Com vista a cumprir com as solicitações a que estará sujeito o apoio a aplicar terá as características descritas na tabela 17.

Tabela 19 – Características do Apoio 3 a aplicar

Poste de betão a aplicar para o Apoio 3				
Apoio a aplicar			Cálculo do apoio a considerar	
Descrição	**Solicitação Principal (daN)**	**Altura em (mm)**	**Número do Apoio**	**Força aplicada (daN)**
POSTE Bet. 14 MM06-2750	**2750**	14000	Apoio 3	2325.96

5.2.1.5.4 Apoio 4 – (Em alinhamento)

5.2.1.5.4.1 Cálculo de estabilidade

O cálculo de estabilidade dos apoios em alinhamento, segundo as recomendações dispostas no artigo 58º do RSLEAT, são as abaixo apresentadas:

- *Hipótese 1 (vento perpendicular à linha)*
  - $F_y = F_{v_{isoladores}} + F_{\ v\_travessas} + F_{v\_condutores}\ (esforço\ no\ sentido\ normal\ \text{à}\ linha(eixo\ yy))$
- *Hipótese 2 (sem vento)*
  - $F_x = \frac{1}{5} \times F_{x\_condutores}\ \left(esforço\ no\ sentido\ da\ linha(eixo\ xx)\right)$

a) Hipótese 1

A força do vento sobre os condutores é calculada através da expressão seguinte:

$$F_{v\_condutores} = 6 \times w \left(\frac{S_1 + S_2}{2}\right)$$

Onde:

- w – força do vento sobre os condutores ($w = a \times c \times q \times s$);
- $S_1\ e\ S_2$ – vãos adjacentes ao apoio.

$$w = 0{,}6 \times 1 \times 750 \times 0{,}00945\ = 0{,}42525\ daN/m$$

$$F_{v\_condutores} = 6 \times 0{,}42525 \times \left(\frac{39 + 39}{2}\right) = 99{,}51\ daN$$

$$F_{v\_isoladores} = 30\ \times 6 = 180\ daN$$

No cálculo abaixo apresentado, são desprezados os esforços exercidos pelo vento sobre as travessas e aparelhagem devido ao seu valor ser baixo.

O Projetista

$F_y = F_{v\_condutores} + F_{v\_isoladores} = 99{,}51 + 180 = 279{,}51\ daN$

b) Hipótese 2

O cálculo do condutor é obtido através da expressão seguinte:

$$F_x = \frac{1}{5} \times 279{,}51 = 55{,}90\ daN$$

Com vista a cumprir com as solicitações a que estará sujeito o apoio a aplicar terá as características descritas na tabela 18.

Tabela 20 – Características do Apoio 4 a aplicar

Poste de betão a aplicar para o Apoio 4				
Apoio a aplicar			Cálculo do apoio a considerar	
Descrição	**Solicitação Principal (daN)**	**Altura em (mm)**	**Número do Apoio**	**Força aplicada (daN)**
OSTE Bet. 18 MM08-4000	**400**	18000	Apoio 4	279,51

5.2.1.5.5 Apoio 5 – (Fim de linha)

5.2.1.5.5.1 Cálculo de estabilidade

O cálculo de estabilidade dos apoios em fim de linha, segundo as recomendações dispostas no artigo 62º do RSLEAT, são as abaixo apresentadas:

- *Hipótese 1 (vento perpendicular à linha)*
  - $F_y = F_{v_{isoladores}} + F_{\ v\_travessas\_aparelhagem} + F_{v\_condutores}\ (esforço\ no\ sentido\ normal\ \text{à}\ linha\ (eixo\ yy))$;
- *Hipótese 2 (sem vento)*
  - $F_x = 6 \times T\ (esforço\ no\ sentido\ da\ linha\ (eixo\ xx))$

e) Hipótese 1

A força do vento sobre os condutores é calculada através da expressão seguinte:

$$F_{v\_condutores} = 6 \times w \times \left(\frac{S_1}{2}\right)$$

Onde:

- w – força do vento sobre os condutores ($w = a \times c \times q \times s$);
- $S_1\ e\ S_2$ – vãos adjacentes ao apoio.

$w = 0{,}6 \times 1 \times 750 \times 0{,}00945\ = 0{,}42525\ daN/m$

$F_{v\_condutores} = 6 \times 0{,}42525 \times \left(\frac{39}{2}\right) = 49{,}75\ daN$

$F_{v\_isoladores} = 30\ daN$

Uma vez que os esforços exercidos pelo vento sobre as travessas e aparelhagem são baixos, não são considerados neste cálculo.

$F_y = F_{v\_condutores} + F_{v\_isoladores} = 49{,}75 + 30 = 79{,}75\ daN$

f) Hipótese 2

O cálculo do condutor é obtido através da expressão seguinte:

$T = \sigma \times T_{max} = 54{,}6\ \times 7{,}10 = 387{,}66\ daN$

$F_x = 6 \times \mathrm{T} = 6 \times 387{,}66 = 2325{,}96\ daN$

Com vista a cumprir com as solicitações a que estará sujeito o apoio a aplicar terá as características descritas na tabela 17.

Tabela 21 – Características do Apoio 5 a aplicar

Poste de betão a aplicar para o Apoio 5				
Apoio a aplicar			Cálculo do apoio a considerar	
Descrição	**Solicitação Principal (daN)**	**Altura em (mm)**	**Número do Apoio**	**Força aplicada (daN)**
POSTE Bet. 20 MM06-2750	**2750**	20000	Apoio 5	2325.96

5.2.1.5.6 Fundações dos apoios

Segundo o disposto no artigo 73º do RSLEAT, a profundidade de enterramento dos apoios não deverá ser inferior ao valor obtido por aplicação da expressão seguinte:

$$h_e = 0{,}1 \times H + 0{,}5$$

Onde:

- h_e - profundidade de enterramento do apoio em metros;
- H – altura total do apoio.

5.2.1.6 Seccionador de transição

O seccionador de transição da rede de MT (subterrânea/aérea) será aplicado em apoio do tipo Betão com uma altura útil de 20 m, sendo aplicado um DST com ligação à terra da instalação para escoamento de potenciais perigosos da linha. A configuração de aplicação e características dos equipamentos a aplicar

O Projetista

no apoio de transição (seccionador e DST) são os apresentados na peça desenhada nº21.

5.2.2 Armações

Os apoios serão equipados com armações que irão permitir a fixação dos condutores a este. As armações a utilizar no presente projecto serão de modelo normalizado pela EDP distribuição, S.A., sendo do tipo galhardete (GAL).

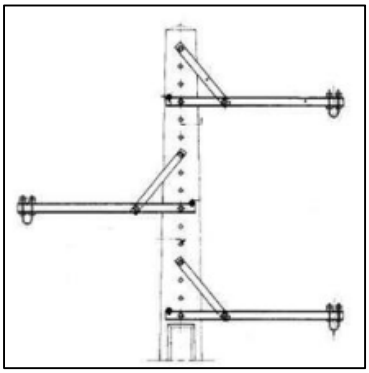


Figura 17 – Exemplo de armação do tipo galhardete (GAL)

5.2.3 Cadeias de Isoladores

Os isoladores a utilizar no presente projecto, são os isoladores em cadeia cerâmicos ou de vidro. Deverão ser capazes de suportar as solicitações mecânicas e eléctricas da linha. Conforme o descrito no artigo 50º do RSLEAT, o parque encontra-se localizado em zona de nível de poluição fraca sendo desta forma classificada como tal, logo a linha de fuga nominal específica entre fases e terra é de 16 mm/kV.

As cadeias de isoladores a utilizar serão todas iguais e do tipo apresentado na tabela 22.

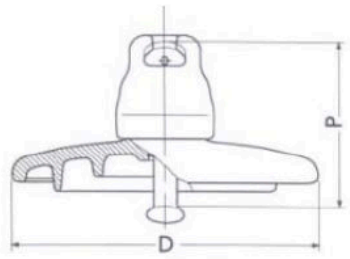
Isolador: U 70 BS	
	
Material	Vidro
Carga de rotura (kN)	70
Carga máxima de trabalho (kN)	40
Passo (P) (mm)	127
Comprimento da linha de fuga (mm)	320
Diâmetro do disco isolante (D) (mm)	255
Massa (Kg)	3,4
Tensão de frequência industrial (kV)	130
Tensão suportável ao choque (kV)	100
Tensão suportável a seco (kV)	70
Tensão suportável sob chuva (kV)	40

Tabela 22 – Características dos isoladores a utilizar na cadeia de isoladores

5.2.4 Sinaléticas dos apoios

Em cada um dos apoios existirá sinalização que permita a identificação inequívoca do perigo eléctrico, sendo constituída pelo seguinte:

- Chapa de sinalização ou advertência com o texto "Perigo de morte";
- Chapa de identificação com o número do apoio relativo à rede interna;
- Telefone de contacto de emergência.

Figura 18 – Exemplo de sinalética para os apoios

5.3 Rede Subterrânea

Uma vez que a configuração da rede de MT do parque é em anel, a sua rede subterrânea, será constituída por dois ramais de saída da celas de MT do PT-CB e

O Projetista

terminará nos dois apoios de transição da rede subterrânea/aérea. Cada um dos ramais será constituído por três cabos monocondutores do tipo LXHIOV – 8,7 / 15 kV, 1 x 120 mm^2 protegido por tubos de 160 mm colocados em vala à profundidade de 1,2 m, a sua ligação será efectuada através de extremidades termo-retráteis de 17,5 kV de terminais bimetálicos de 120 mm^2 à respectiva cela do PT-CB e no apoio de transição Aérea/Subterrânea com fichas tipo Elastimold à função de protecção respectiva, em cada um dos troços, conforme o indicado nas peças desenhadas.

6 CAPÍTULO – Condições Técnicas Especiais

6.1 Objectivo

O presente capítulo tem como objectivo, a caracterização dos materiais e equipamentos que constituem o âmbito do fornecimento e montagem das instalações e equipamentos eléctricos.

6.2 Características Gerais dos Materiais

Todos os materiais a empregar nas instalações do parque deverão ser novos, no entanto, como se trata de uma instalação cujo objectivo é uma aproximação à realidade das redes de distribuição de energia eléctrica, poderão ser empregues alguns materiais usados, desde que estes estejam em perfeitas condições de utilização, deverão ser de boa qualidade, possuir robustez e demais características adequadas às funções a que vão estar sujeitos.

As referencias a marcas e modelos pretendem indicar níveis mínimos de qualidade exigidos, bem como, quando aplicável, a soluções com determinado enquadramento estético.

Será dado particular relevo ao respeito das características eléctricas e mecânicas das materiais, como índice de protecção, materiais de construção, isolamento, perdas, etc…

6.3 Rede aérea

6.3.1 Canalizações

Os cabos a instalar para a rede de distribuição aérea (cabo torçada) serão do tipo LXS 0,8/1,2 kV e na rede de nua do tipo Cu.

Os cabos serão de fabrico CABELTE, CEL-CAT ou equivalente.

6.3.2 Apoios

Os apoios a utilizar na rede aérea interior do parque deverão obedecer às características e ensaios descritos no documento normativo da EDP Distribuição DMA-C67-205/N de Dezembro de 2000.

O Projetista

6.4 Rede subterrânea

6.4.1 Canalizações

Os cabos a instalar, para a rede de distribuição subterrânea, serão do tipo LSVAV 0,8/1,2 kV, colocados em manilhas de betão ou enfiados em tubos PVC rígido conforme o caso. Deverão ser respeitados os seus traçados, conforme peças desenhadas.

Nas travessias deverão ser respeitados as profundidades das valas, conforme peças desenhadas.

Os cabos serão de fabrico CABELTE, CEL-CAT ou equivalente.

6.5 Armários

Os armários de distribuição serão em poliéster reforçado com fibra de vidro, provido de porta conjunta com vedante munida de fechadura de modelo utilizado pela EDP e não poderá ter índice de protecção inferior ao IP 55.

Os armários de distribuição (AD) previstos serão do tipo 2T02 + 4T00, equipados com bases APC com os tamanhos igualmente indicados. Os fusíveis terão a característica de funcionamento gl.

No interior do armário, serão afixadas etiquetas de trafolite, com a indicação de todos os circuitos – entradas ou saídas a que respeita a protecção.

Os armários de distribuição serão para montagem exterior e poderão ser da "RAMILUX" ou equivalente.

6.6 Iluminação

6.6.1 Rede Subterrânea - Colunas

As colunas de iluminação pública terão as características seguintes:

- Construção em chapa de aço laminada a frio, galvanizado o interior e exteriormente por imersão com 8 m de altura útil, secção cilíndrica;
- Dotadas de portinhola com tampa, a cerca de 1 m do pavimento, com fecho a definir pela EDP;
- Sem braço, terminando em tubo de ferro galvanizado com o diâmetro de 48 mm;
- Implementação direta ao solo.

6.6.1.1 Armaduras

As armaduras de iluminação pública terão as características seguintes:

- Modelo fechado (Índice protecção/resistência ao choque) IP 66 / IK 09
- Potencia máxima consumida 84 W
- Corrente máxima de alimentação 700 mA
- Tensão 230 V
- Protecção contra sobretensões 10 kV
- Corpo Alumínio injectado
- Difusor Vidro temperado transparente
- Classe eléctrica II
- Fluxo da luminária ≥ 9122 lm (incluindo as perdas nas lentes e no difusor à temperatura ambiente (Ta) de 25 °C)
- Intensidade máxima 394,5cd / 67.5º
- Tempo de vida útil ≥ 60.000@ L90 B10
- Número de Leds 36
- Temperatura de cor 4000 ºK
- Índice de restituição de cor > 70
- Eficiência global ≥ 101.8
- Regulação de fluxo Preparada para telegestão
- Sistema de ventilação e drenagem incorporado sim
- Cor da pintura RAL 7035
- Fixação (diâmetro) 42,48 mm ou 60 mm
- Fixação Lateral ou vertical
- Regulação de inclinação de -30º a 30º
- Montagem no topo das colunas

Modelo LUSA N/E 36Led da SONERES, ou equivalente.

6.6.2 Rede Aérea - Apoios com Luminárias

Os apoios a utilizar para a iluminação pública serão os instalados para a rede de distribuição interior do parque.

Estes apoios, serão dotados de braço metálico com fixação ao poste por abraçadeira para fixação das luminárias.

O Projetista

Figura 19 – Braço para aplicação de luminárias em poste de betão

6.6.2.1 Luminárias

As luminárias para a iluminação pública na rede aérea terão as características seguintes:

- Modelo fechado (Índice protecção/resistência ao choque) IP 66 / IK 08
- Potencia máxima consumida 150 W
- Tensão 230 V
- Corpo Alumínio injectado
- Difusor Vidro curvo temperado transparente
- Classe eléctrica II
- Temperatura de cor 4000 ºK
- Sistema de ventilação e drenagem incorporado sim
- Cor da pintura RAL 7035
- Fixação (diâmetro) 48 mm
- Fixação Lateral ou vertical
- Montagem em suporte metálico

Modelo ONIX 3 da Schréder, ou equivalente.

6.7 Testes e funcionalidades

Deverão ser realizados ensaios de funcionalidades de toda instalação para a aferição de que todas as condições técnicas do projecto estão satisfeitas. Sendo elaborada uma lista de todos os ensaios realizados com os respectivos resultados obtidos, lista de materiais empregues na empreitada, que será objecto de aprovação por parte do projectista, e posteriormente entregues ao dono de obra. Esta lista, deverá versar sobre o exposto no ponto 4.7.4 "*Verificação da instalação*" da dissertação apresentada. Os referidos ensaios serão realizados na presença da fiscalização.

7 CAPÍTULO – Disposições Finais

7.1 Peças Desenhadas

1. Implantação;
2. Rede Subterrânea BT Armários e transições Subterrânea/Aéreo;
3. Rede Aérea BT e IP;
4. Rede Aérea e Subterrânea MT;
5. Rede de Corte de Emergência;
6. Rede de Terras de Protecção da Instalação;
7. Iluminação e Tomadas (Sala Técnica e Zonas de trabalho);
8. Diagrama da Rede de Distribuição Aérea – BT;
9. Diagrama da Rede de Distribuição Aérea e Subterrânea – MT;
10. Diagrama da Rede de Alimentação e Distribuição aos Quadros, Armários e PT's;
11. Esquema Unifilar do Quadro Geral de Entrada – QGE;
12. Armários de Distribuição;
13. Caixas de Seccionamento de Rede Aérea;
14. Diagrama da Rede BTN e Pormenor das Alturas Portinhola e Contador;
15. Diagrama da rede BTE e Pormenor das Alturas Portinhola e Contador;
16. Rede Colectiva, Pormenor das Alturas Portinhola e Diagrama da Rede;
17. Esquema Unifilar do Quadro de Comandos 2 do PT-AI;
18. Esquema Unifilar do Quadro de Comandos 1 do PT-CB;
19. PT - Cabine Baixa;
20. Fundação e Entrada de Cabos MT/BT;
21. Esquema Unifilar do Quadro CA2 Aberto e Celas MT - PT-CB;

22. Esquema do QGBT e do Apoio PT-AI;
23. Apoio de Transição Rede Aérea/Subterrânea MT;
24. Pormenor das Alturas Regulamentares da Portinhola e Contador de Entrada;
25. Planta e Alçados do Armário;
26. Pormenor das Valas Tipo para Passeios – BT;
27. Pormenor das Valas Tipo para Travessias – BT;
28. Pormenor das Valas Tipo para Travessias – MT;
29. Simbologia.

7.2 Disposições Finais

Toda a aparelhagem deverá ser certificada e os materiais e equipamentos a utilizar nas instalações deverão ser de boa qualidade, obedecendo às Normas Portuguesas em vigor, ou, na sua ausência, às Normas Europeias ou da CEI.
Em todos os casos omissos seguir-se-ão as boas normas técnicas e regulamentares em vigor.

Barcelos, Junho de 2017

Jorge do Sameiro Barbosa Garrido
Engª. Electrotécnico Nº 72442 (OE)

LEGENDA

- Postes Telefone
- Postes Eléctricos
- Postes Média Tensão
- Muros
- Muros Suporte
- Sarjetas
- Pavilhões
- Poço
- Anexos/Cobertos
- Limite do Terreno

ÁREA

ÁREA DO TERRENO= 4 000 m2

Confrontações:

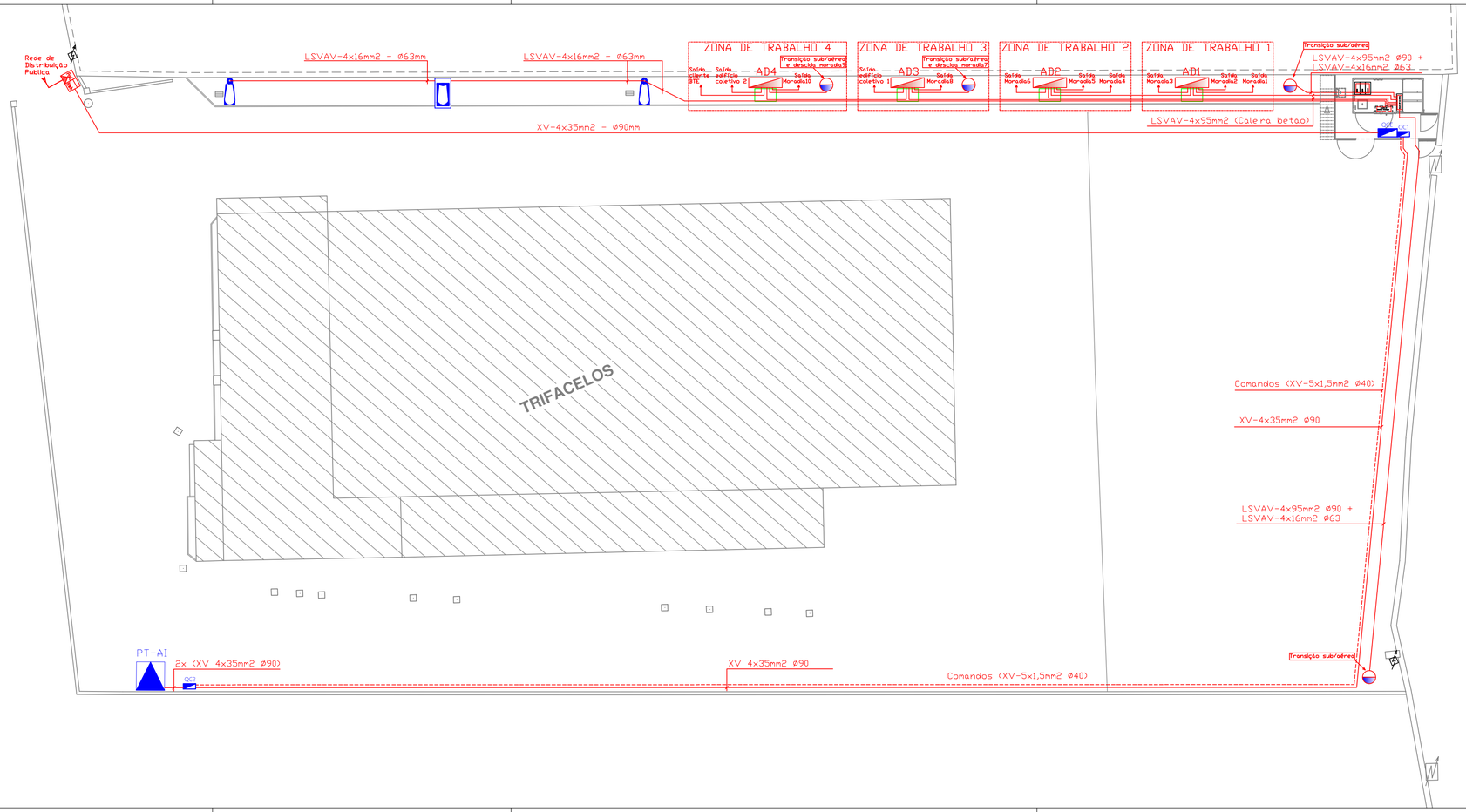
Norte: Domingos Barbosa Maciel
Rua do Parque Industrial

Sul: José Fernandes Vilas Boas

Nascente: Manuel Duarte Falcão

Poente: Ana Cardoso

Dono de obra	Trifacelos, Lda.			
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos			
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com			
Titulo de desenho:	IMPLANTAÇÃO			
Data Junho - 2017	Escala 1/500	Revisão A	Numero de desenho	01



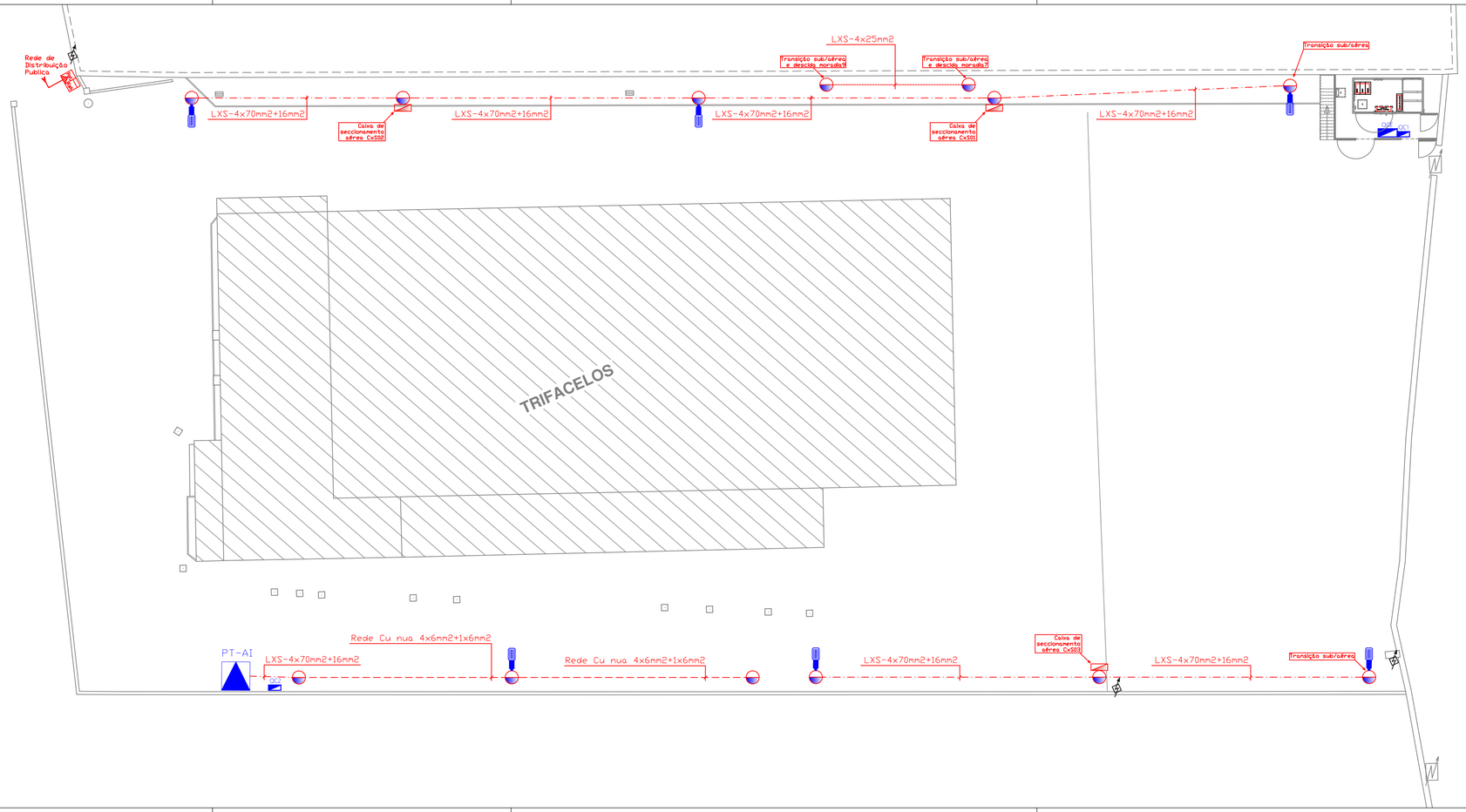
Legenda

NOTA: A canalização de alimentação aos armários será instalada em caleira de betão no pavimento

- Armário de distribuição tipo W
- Caixa de visita
- Contador de energia eléctrica
- Portinhola do tipo P100 para fusíveis APC
- Quadro Eléctrico
- Quadro de Comandos
- Apoio de rede aérea de BT
- Coluna metálica cónica com braço simples (Schréder) HU=6m, equipada c/luminária e lâmp. de alta pre. vapor sódio 250W.
- Coluna metálica cónica com braço simples (Schréder) HU=6m, equipada c/luminária Led LUSA NE 16
- Posto de Transformação de Distribuição tipo AI

Dono de obra	Trifacelos, Lda.
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com
Titulo de desenho:	Rede Subterrânea BT Armários e transições Subterrânea/Aéreo

Data	Junho - 2017	Escala	1/200	Revisão	A	Numero de desenho	02



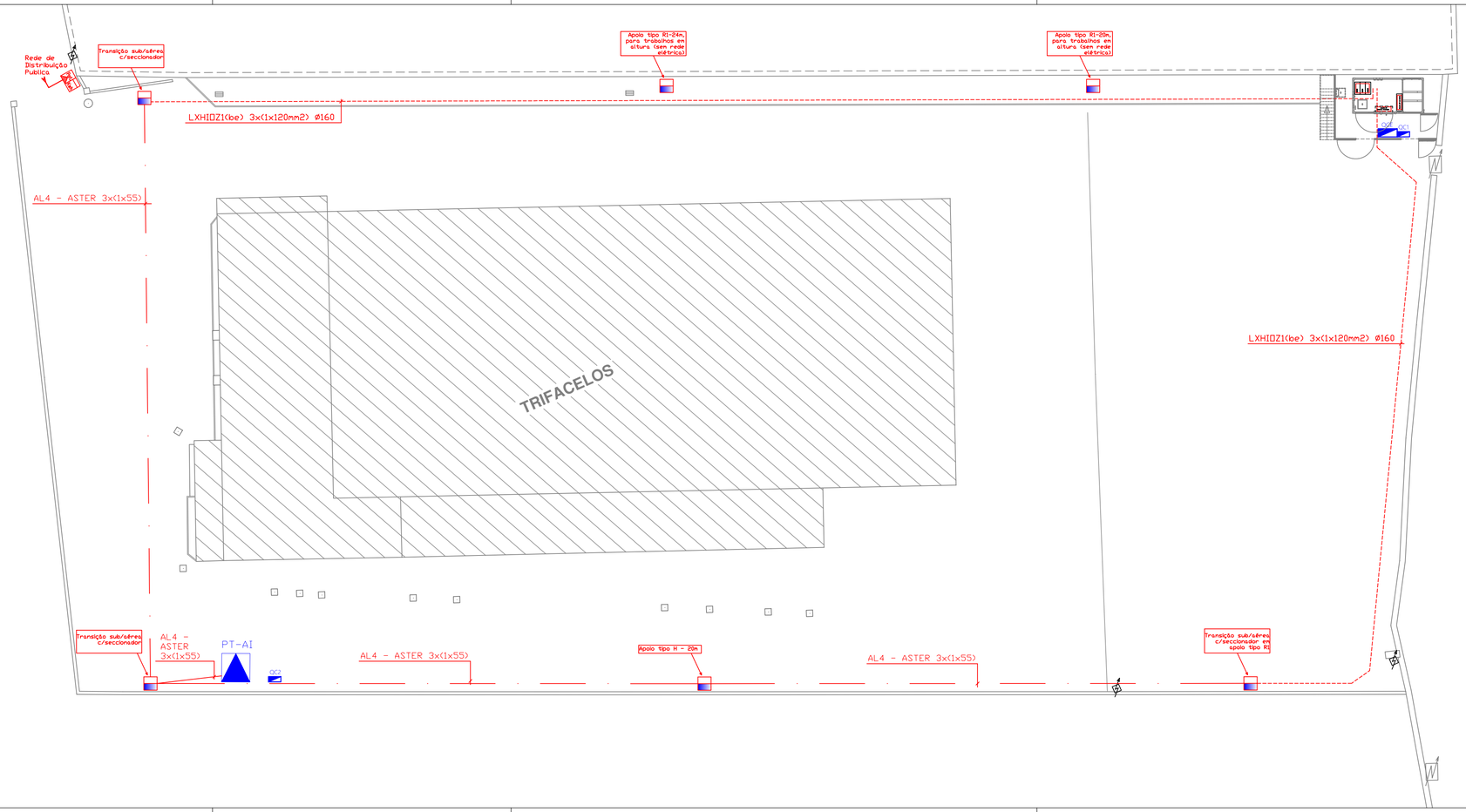
Legenda

NOTA: A canalização de alimentação aos armários será instalada em caleira de betão no pavimento

- Caixa de seccionamento de rede aérea
- Rede Aérea em Cu nua 4x6mm2+1x6mm2
- Rede Aérea em cabo torçada LXS-4x70mm2+16mm2
- Rede Aérea em cabo torçada LXS-4x25mm2
- Quadro Eléctrico
- Apoio de rede aérea de BT
- Posto de Transformação de Distribuição tipo AI
- Campânula para Rede Aérea do tipo Rural C/Lâmpada Vapor de Sódio 150W
- Contador de energia eléctrica
- Portinhola do tipo P100 para fusíveis APC

Dono de obra	Trifacelos, Lda.
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com
Titulo de desenho:	Rede Aérea BT e IP

Data	Junho - 2017	Escala	1/200	Revisão	A	Numero de desenho	03

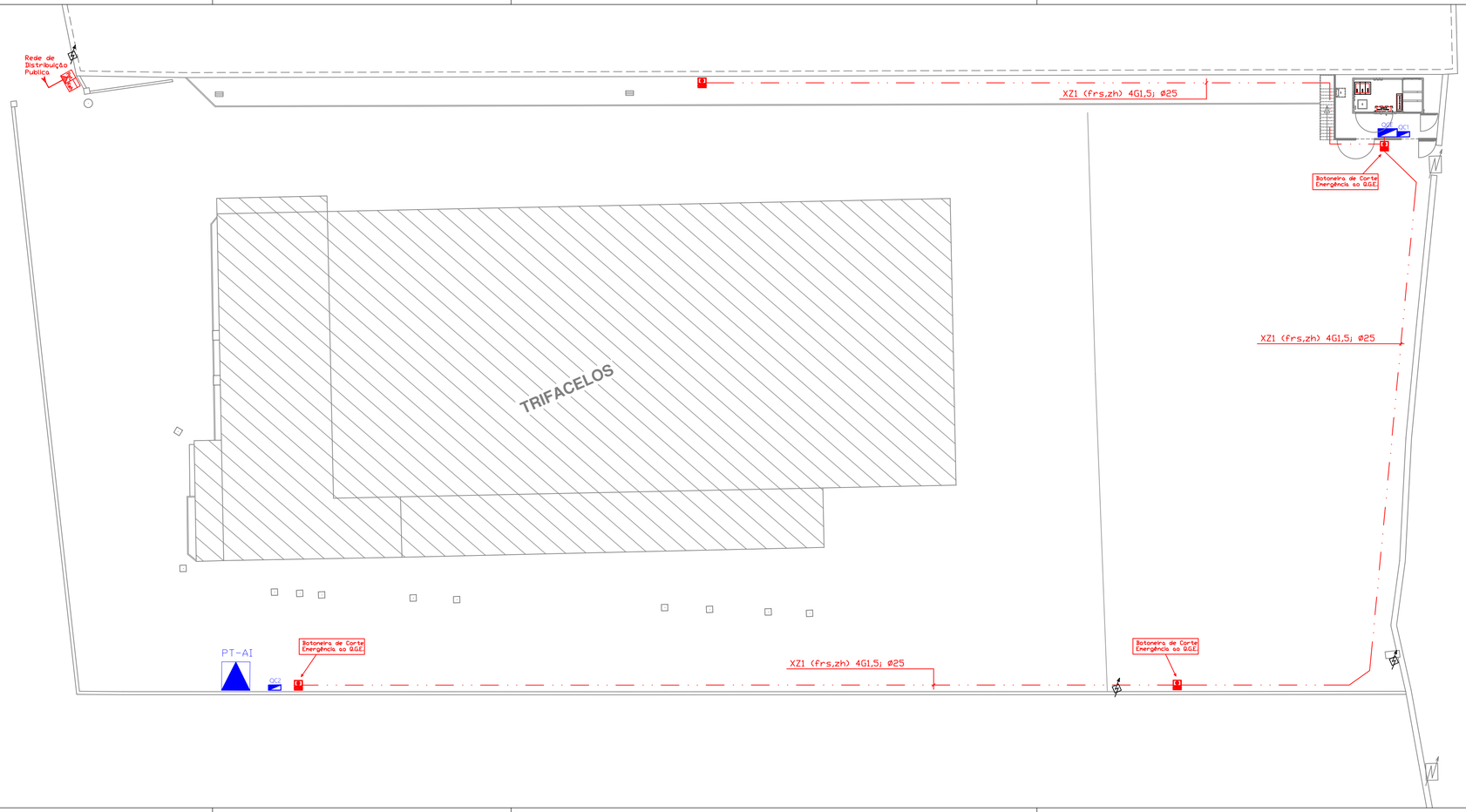


Legenda

NOTA: Os apoios sem canalização destinam-se apenas a trabalhos em altura

- Rede Subterrânea em cabo LXHIOZ1(be) 3x(1x120mm2) Ø160mm
- Rede Aérea em cabo AA - 3x55
- Quadro Eléctrico
- Apoio de rede aérea de MT
- Posto de Transformação de Distribuição tipo AI
- Contador de energia eléctrica
- Portinhola do tipo P100 para fusíveis APC

Dono de obra	Trifacelos, Lda.			
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos			
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com			
Titulo de desenho:	Rede Aérea e Subterrânea MT			
Data Junho - 2017	Escala 1/200	Revisão A	Numero de desenho	04



Legenda

NOTA: No local de colocação das botoneiras de emergência será colocada uma placa com a designação "Corte Emergência"

Canalização em cabo XZ1 (frs,zh) 4G1,5 em tubo pead Ø25mm

Botoneira de disparo de emergência de Corte Geral

Quadro Eléctrico

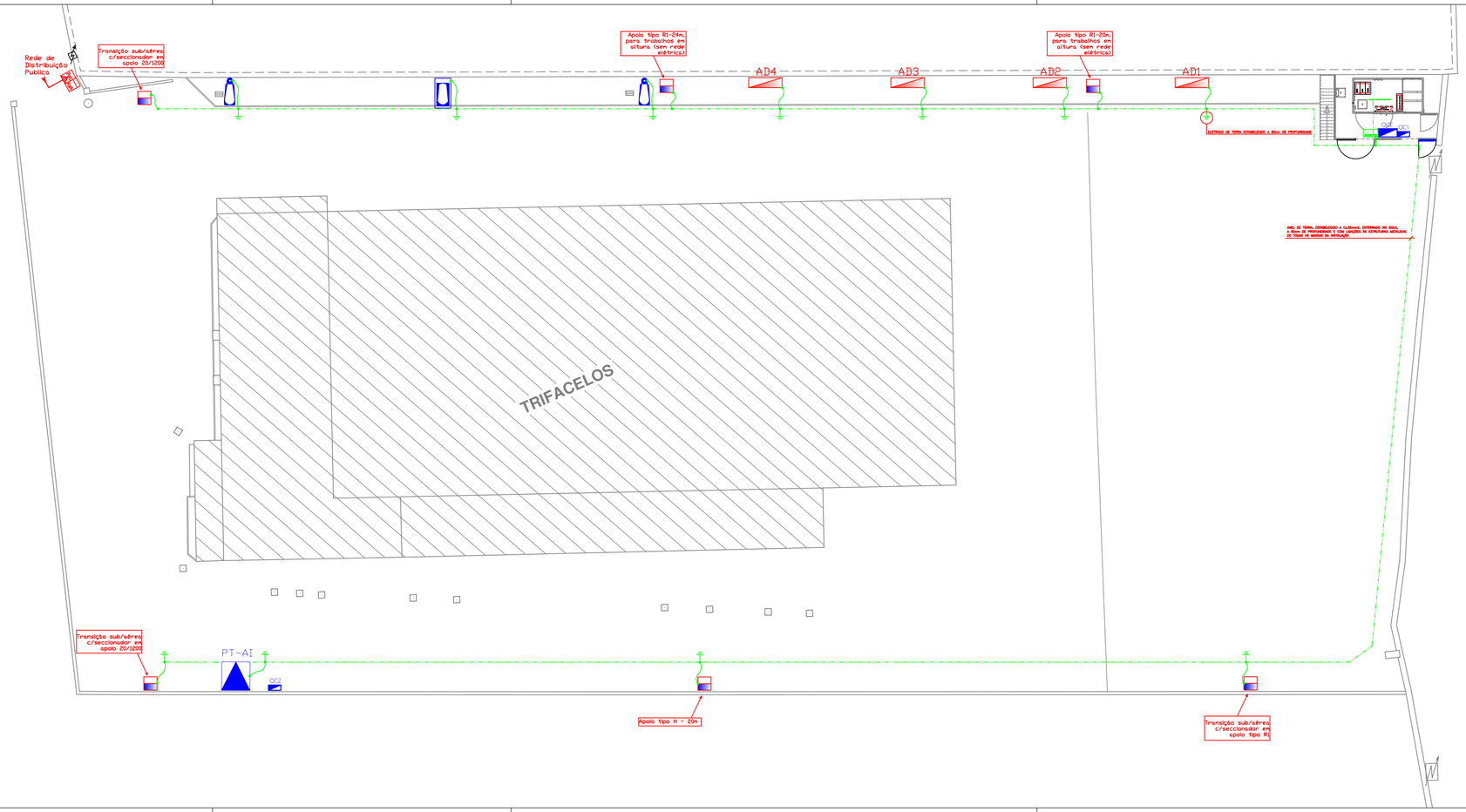
Posto de Transformação de Distribuição tipo AI

Contador de energia eléctrica

Portinhola do tipo P100 para fusíveis APC

Dono de obra	Trifacelos, Lda.
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com
Titulo de desenho:	Rede de Corte de Emergência

Data	Junho - 2017	Escala	1/200	Revisão	A	Numero de desenho	05



Legenda

NOTA: A canalização será diretamente ao solo em vala com condutor Nú - cu 35mm2

Condutor de terra em cu 35mm2 nú enterrado em vala com uma profundidade de 80cm

Ligação equipotencial do condutor de terra e as estruturas metálicas da instalação

Caixa de Barramento Geral de Terras do Edifício

Elétrodo de terra estabelecido a uma profundi. de 80cm

Quadro Eléctrico

Posto de Transformação de Distribuição tipo AI

Contador de energia eléctrica

Portinhola do tipo P100 para fusíveis APC

Armário de distribuição tipo W

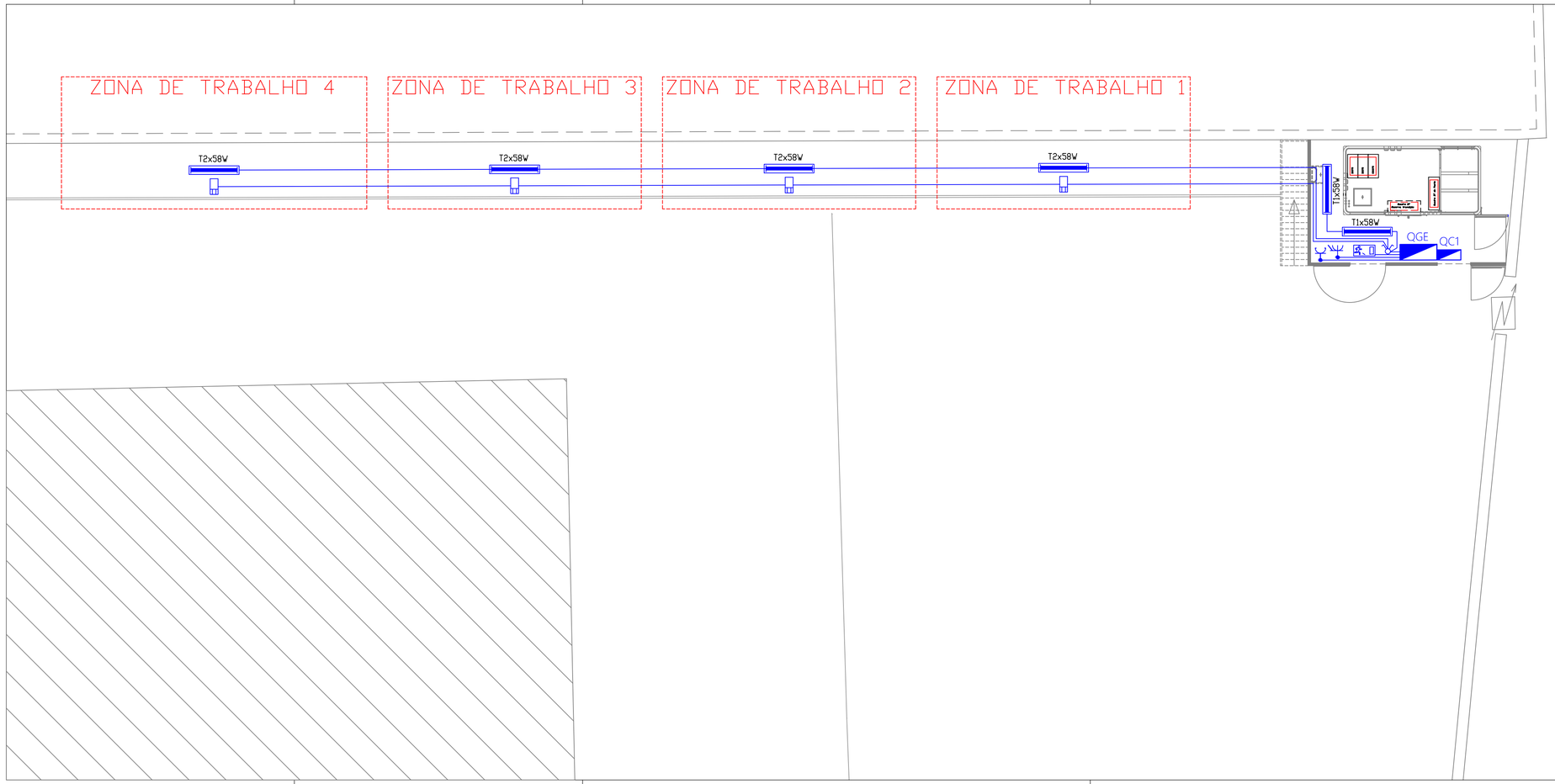
Apoio de rede aérea de MT

Coluna metálica cónica com braço simples (Schréder) HU=6m, equipada c/luminária e lâmp. de alta pre. vapor sódio 250W.

Coluna metálica cónica com braço simples (Schréder) HU=6m, equipada c/luminária Led LUSA NE 16

Dono de obra	Trifacelos, Lda.
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com
Titulo de desenho:	Rede de Terras de Protecção da Instalação

Data	Junho - 2017	Escala	1/200	Revisão	A	Numero de desenho	06



Legenda

NOTA: A canalização de dos circuitos de iluminação serão do tipo XV-3G1,5mm2 VDØ16

Tomada Monof. Tipo Schuko c/álveolos protegidos canalização XV-3G2,5mm2 VDØ16

Tomada Trifásica Tipo CEE - 3F+N+T canalização XV-5G2,5mm2 VDØ20

Comutador de Lustre

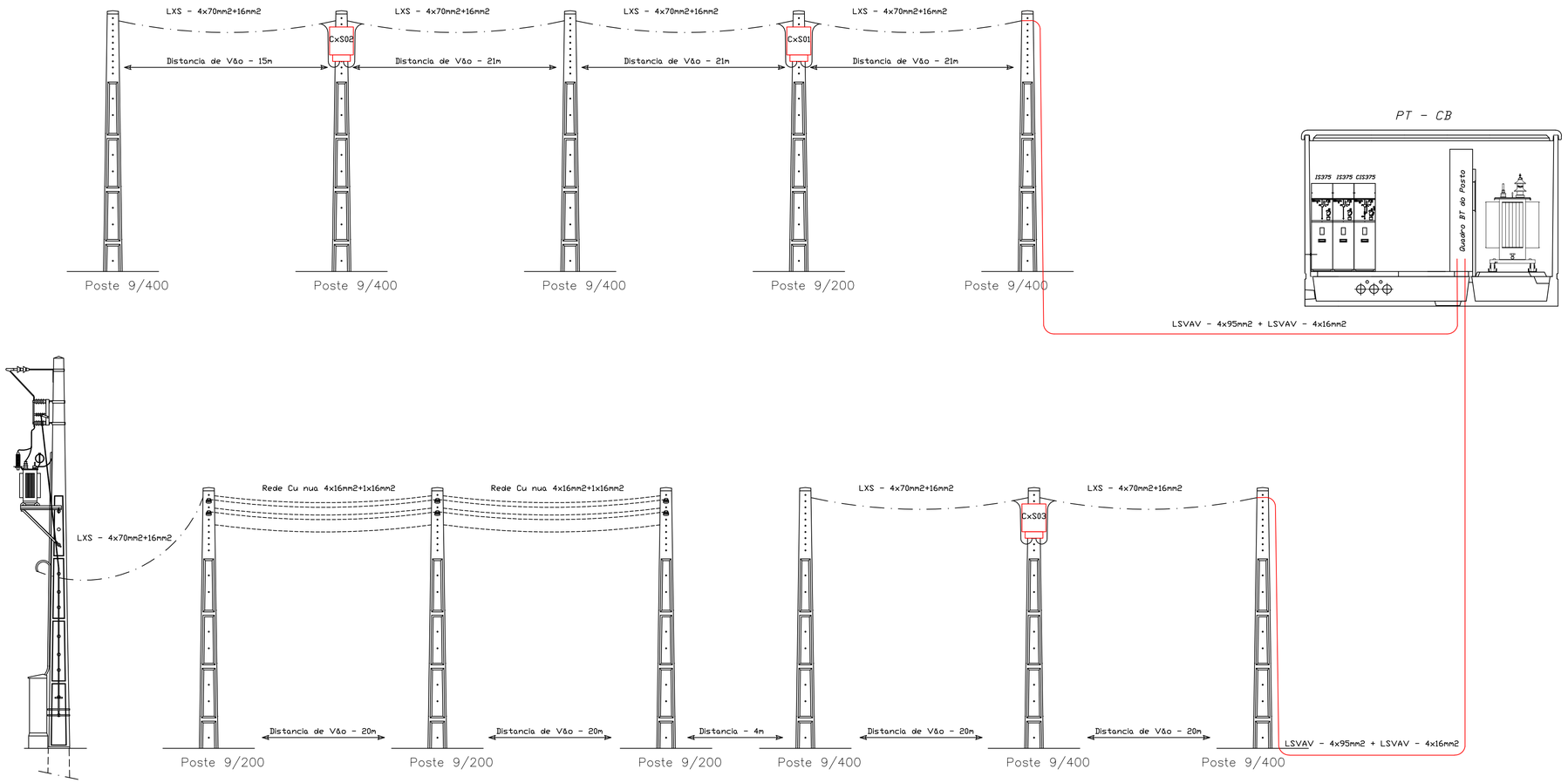
TnxPW — Armadura Fluor. C/ Balastro Eletrónico onde, n-numero de lâmpadas e P-potencia em watt

Quadro Eléctrico

Bloco Autónomo não permanente 1H 8W c/sinalização saída - colocados a 2m do pavimento

Bloco Autónomo não permanente 1H 8W s/sinalização - colocados a 2m do pavimento

Dono de obra	Trifacelos, Lda.			
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos			
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com			
Titulo de desenho:	Iluminação e tomadas (Sala Técnica e Zonas de trabalho)			
Data Junho - 2017	Escala 1/100	Revisão A	Numero de desenho	07

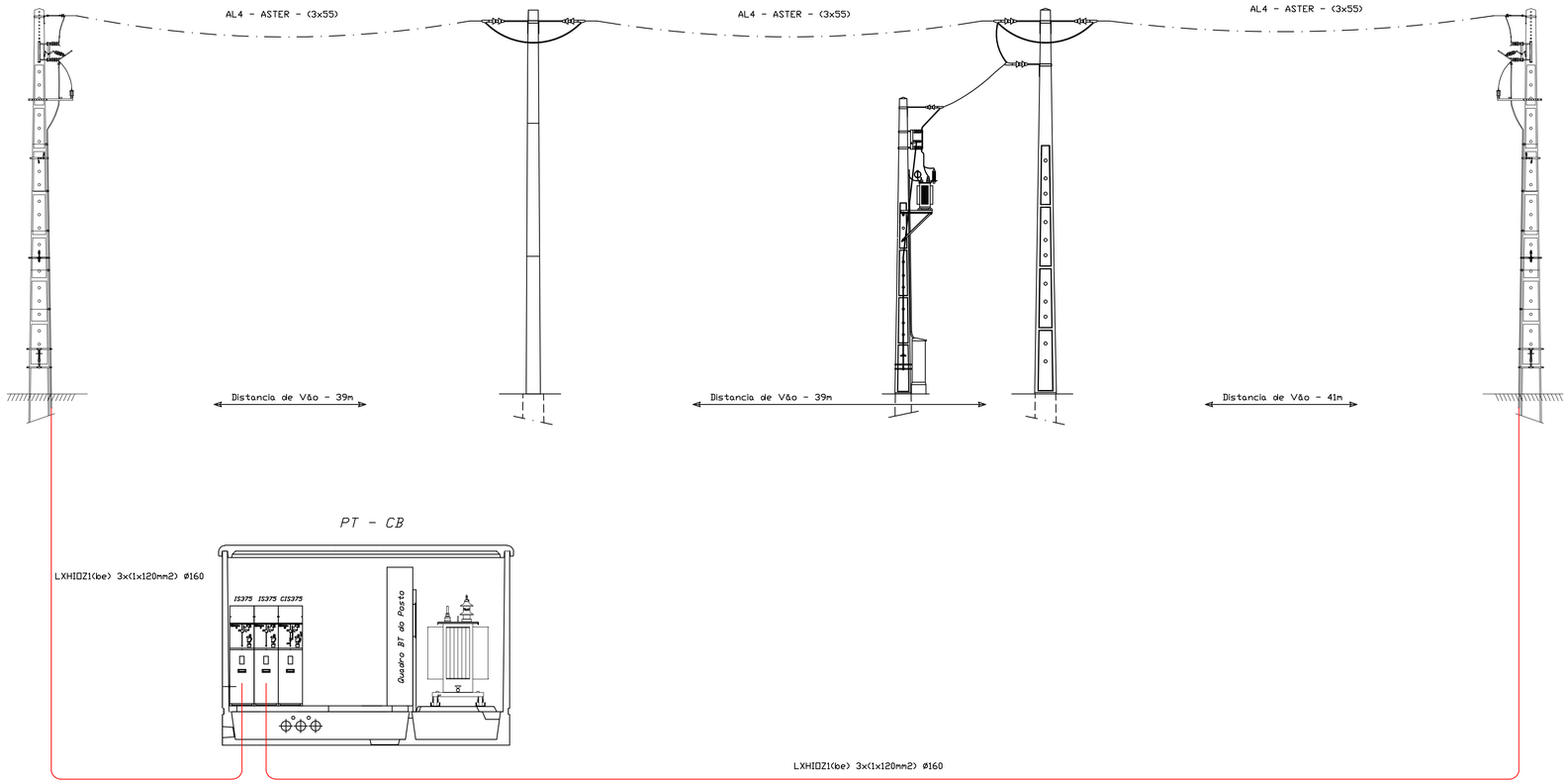


Legenda

NOTA:

- Rede Aérea em cabo torçada LXS-4x70mm2+16mm2
- Rede Aérea em condutor nú Cu 4x6mm2 + 1x6mm2
- Rede Subterrânea em cabo LSVAV-4x95mm2+LSVAV4x16mm2 em tubo 2xø90mm
- CxS0 — Caixa de seccionamento de rede Aérea
- Poste de Betão da Rede de Distribuição Eléctrica Aérea
- Posto de Transformação de Distribuição

Dono de obra	Trifacelos, Lda.			
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos			
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com			
Titulo de desenho:	Diagrama da Rede de Distribuição Aérea - BT			
Data Junho - 2017	Escala S/E	Revisão A	Número de desenho	08



Legenda

NOTA:

Rede Aérea em cabo torçada AA - 3x55

Rede Subterrânea em cabo LXHIDZ1(be) 3x(1x120mm2) ø160

Seccionador de transição Subterrâneo/Aéreo

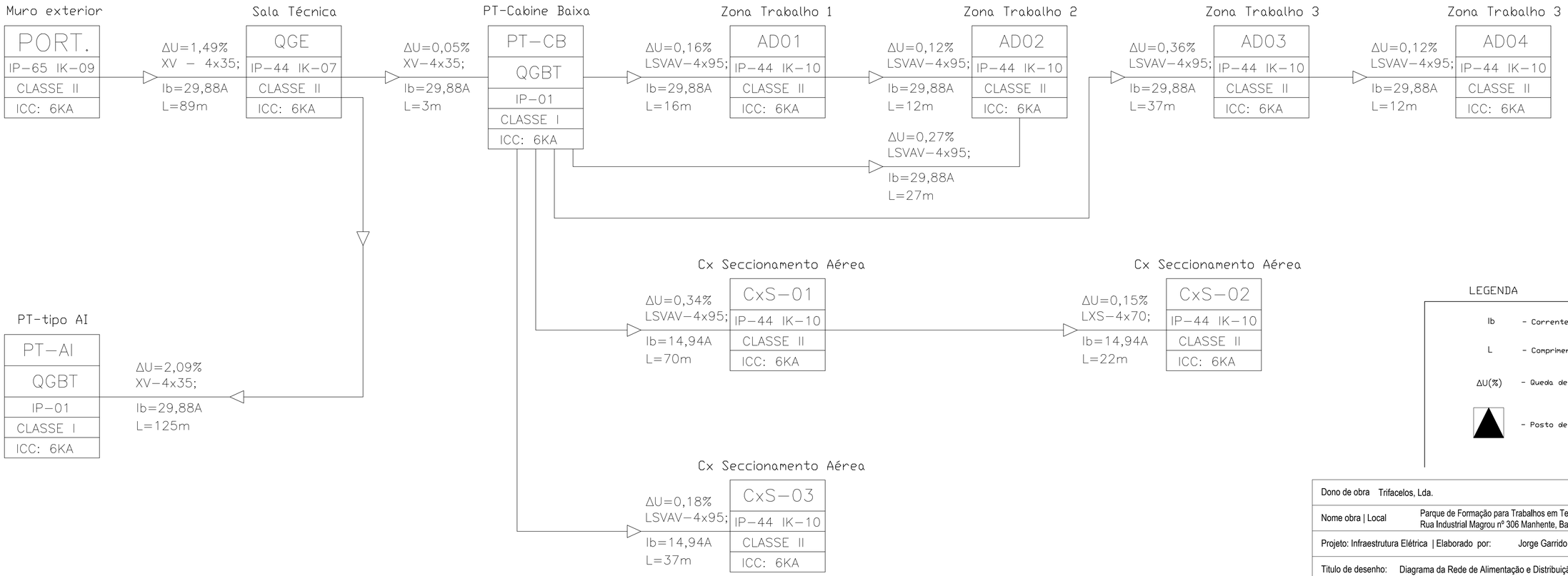
Poste de Betão da Rede de Distribuição Eléctrica Aérea

Poste Metálico da Rede de Distribuição Eléctrica Aérea

Posto de Transformação de Distribuição

Dono de obra	Trifacelos, Lda.			
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos			
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com			
Titulo de desenho:	Diagrama da Rede de Distribuição Aérea e Subterrânea - MT			
Data Junho - 2017	Escala S/E	Revisão A	Numero de desenho	09

DIAGRAMA DA REDE DE ALIMENTAÇÃO AOS QUADROS ARMÁRIOS

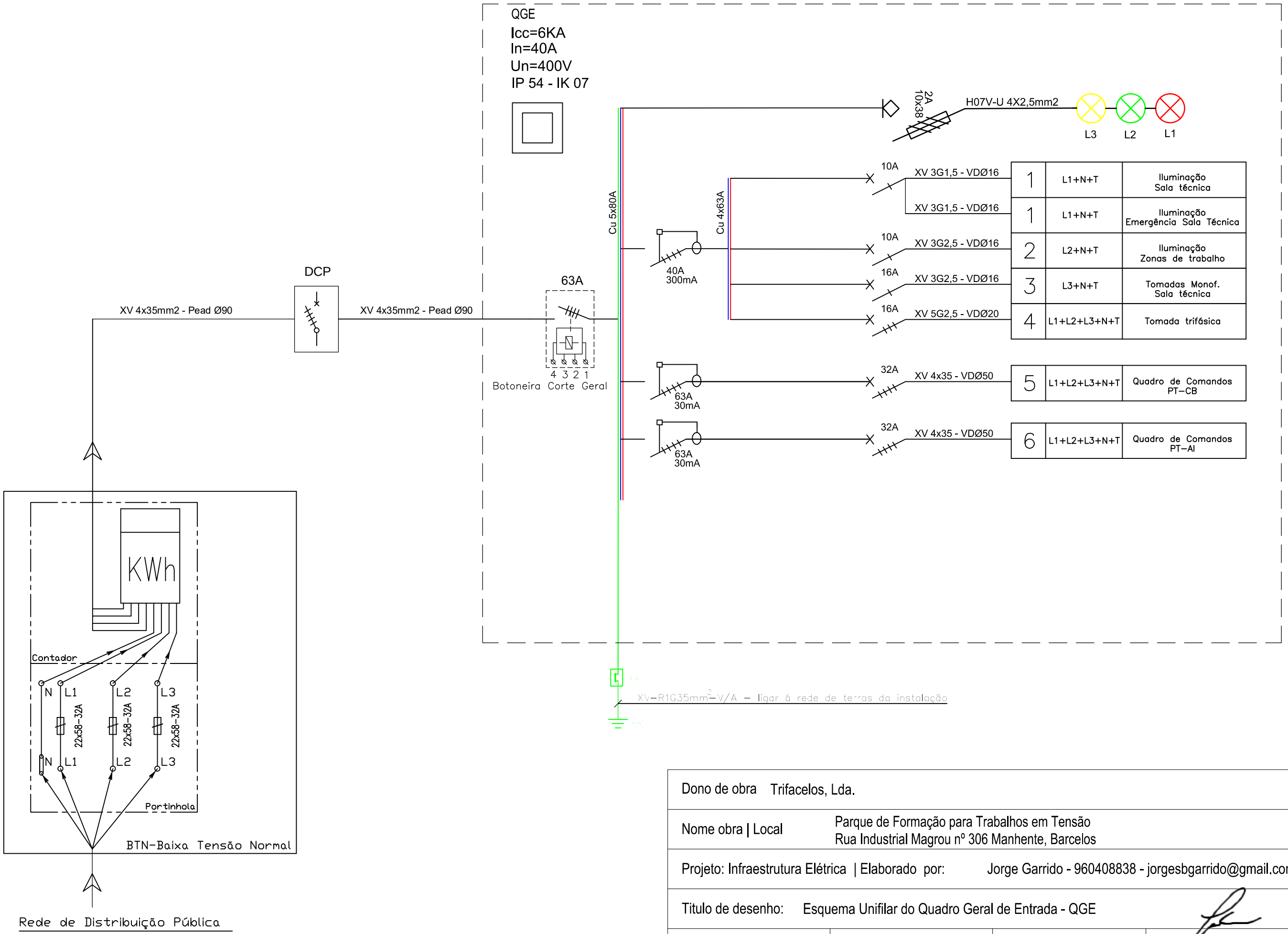


LEGENDA

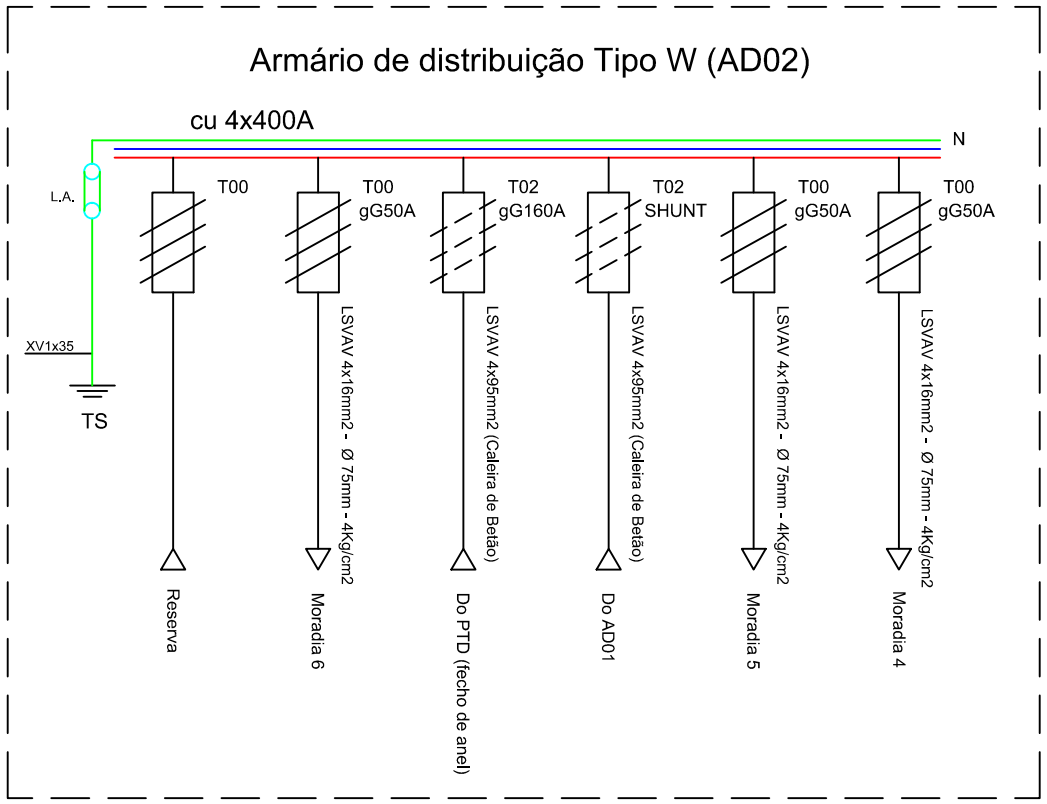
Ib	- Corrente de serviço
L	- Comprimento da canalização
ΔU(%)	- Queda de tensão em (%)
▲	- Posto de transformação

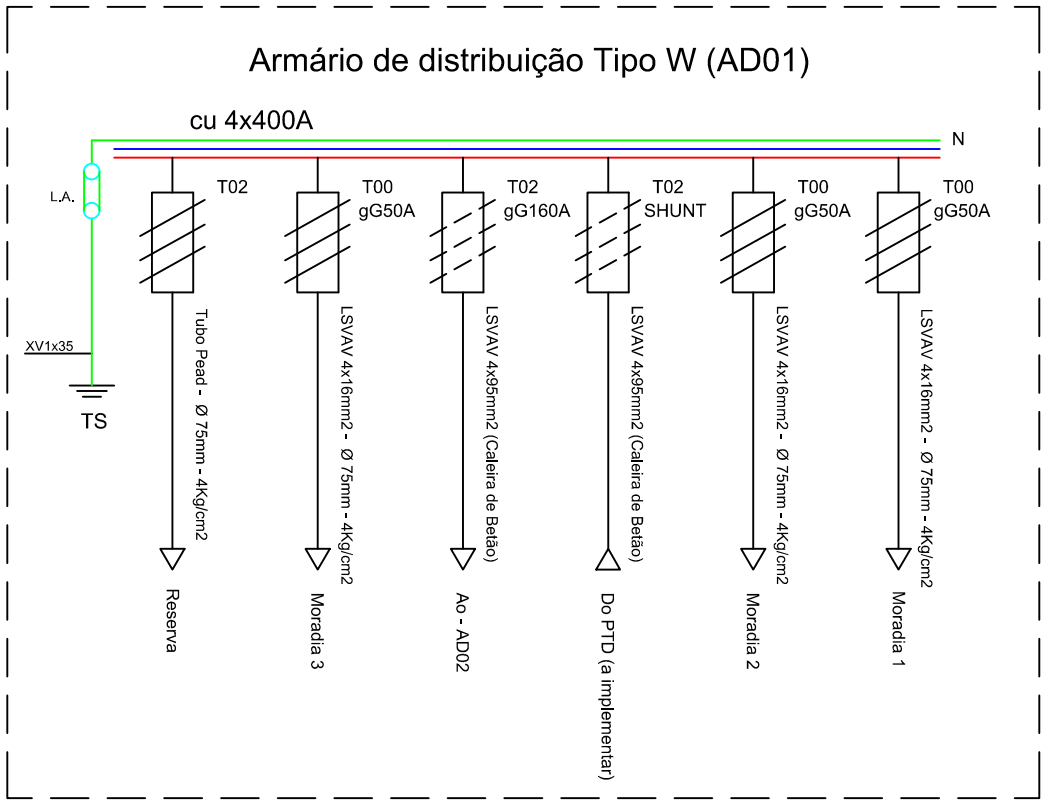
Dono de obra	Trifacelos, Lda.			
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos			
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com			
Titulo de desenho:	Diagrama da Rede de Alimentação e Distribuição aos Quadros, Armários e PT's			
Data Junho - 2017	Escala S/E	Revisão A	Numero de desenho	10

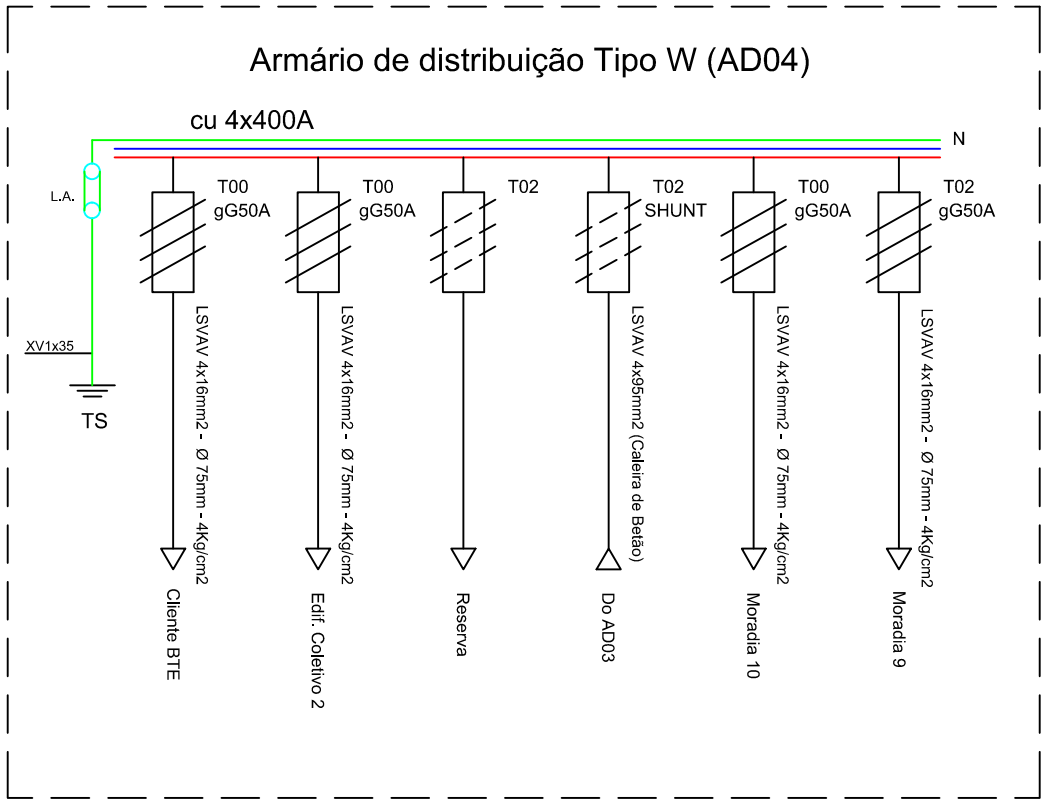
ESQUEMA UNIFILAR DO QUADRO GERAL DE ENTRADA - QGE

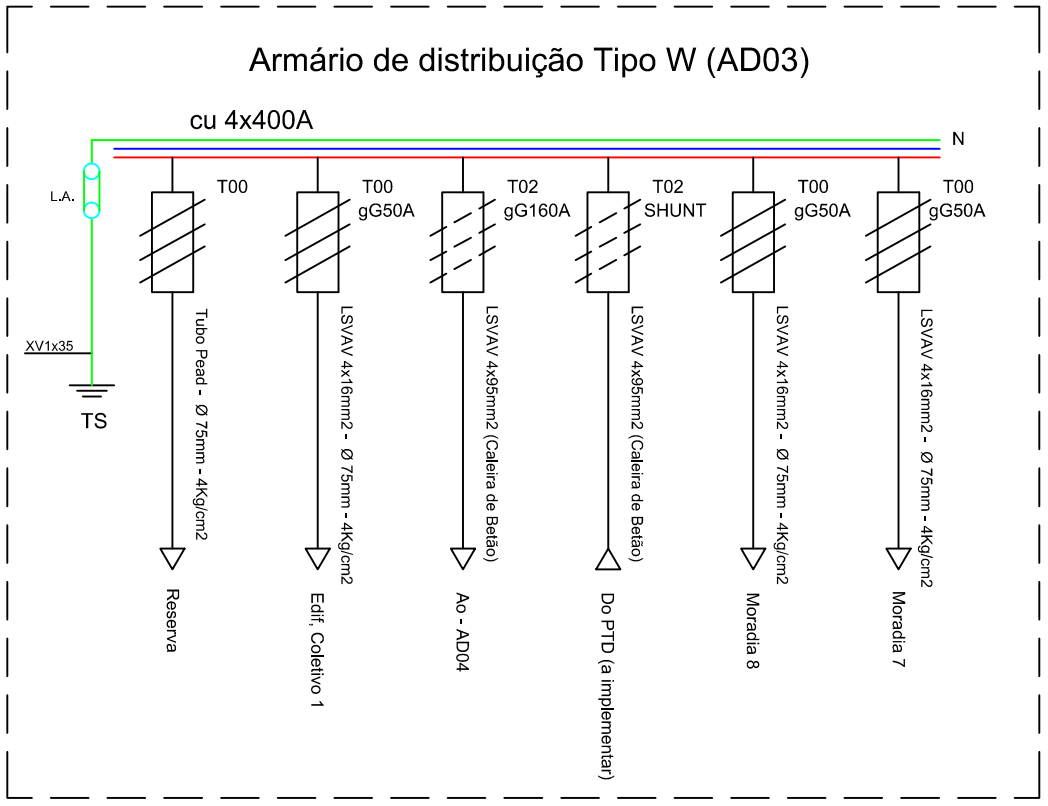


Dono de obra	Trifacelos, Lda.		
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos		
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com		
Titulo de desenho:	Esquema Unifilar do Quadro Geral de Entrada - QGE		
Data Junho - 2017	Escala S/E	Revisão A	Numero de desenho 11

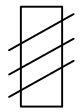








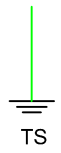
LEGENDA:



Fusivel do tipo gG - (T00 ou T02)

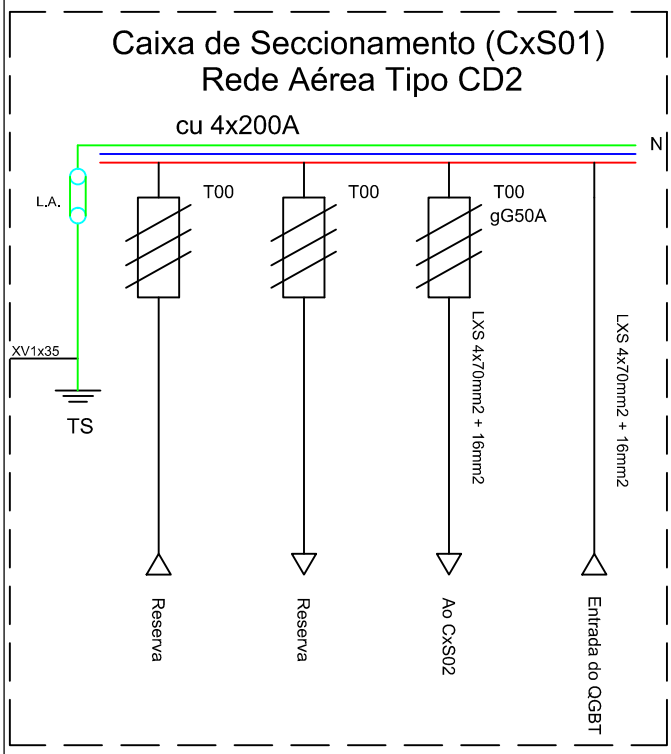
SHUNT Faca Seccionadora - (T02)

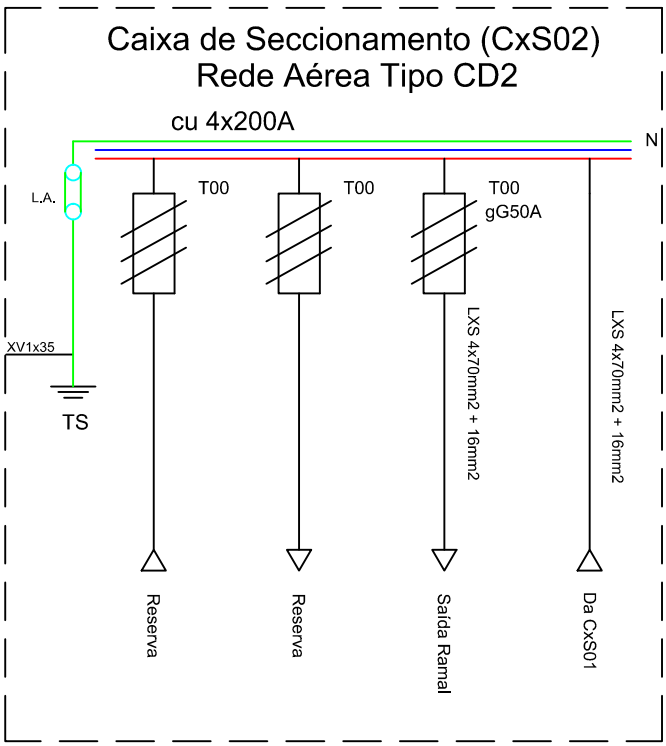
Ligador amovível

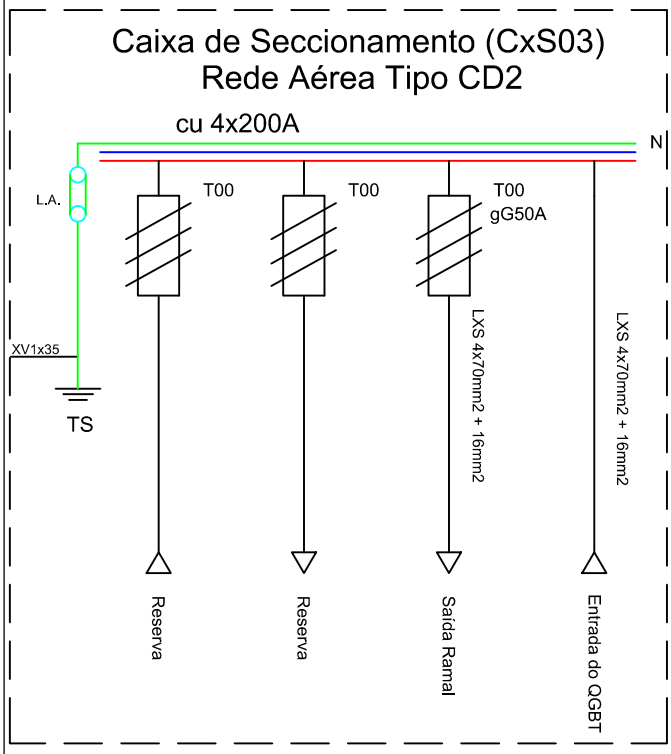


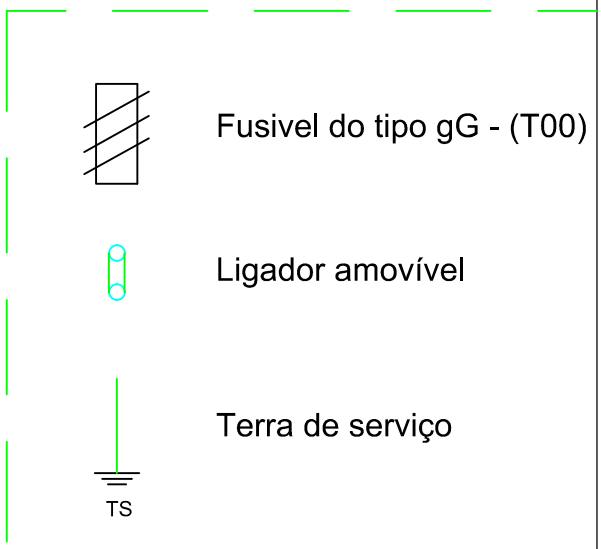
Terra de serviço

Dono de obra Trifacelos, Lda.			
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos		
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com		
Titulo de desenho: ARMÁRIOS DE DISTRIBUIÇÃO			
Data Junho - 2017	Escala S/E	Revisão A	Numero de desenho 12









Dono de obra	Trifacelos, Lda.			
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos			
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com			
Titulo de desenho:	Caixas de Seccionamento da Rede Aérea			
Data Junho - 2017	Escala S/E	Revisão A	Numero de desenho	13

PORMENOR DAS ALTURAS REGULAMENTARES DA PORTINHOLA E DOS Q.G.E. - BTN

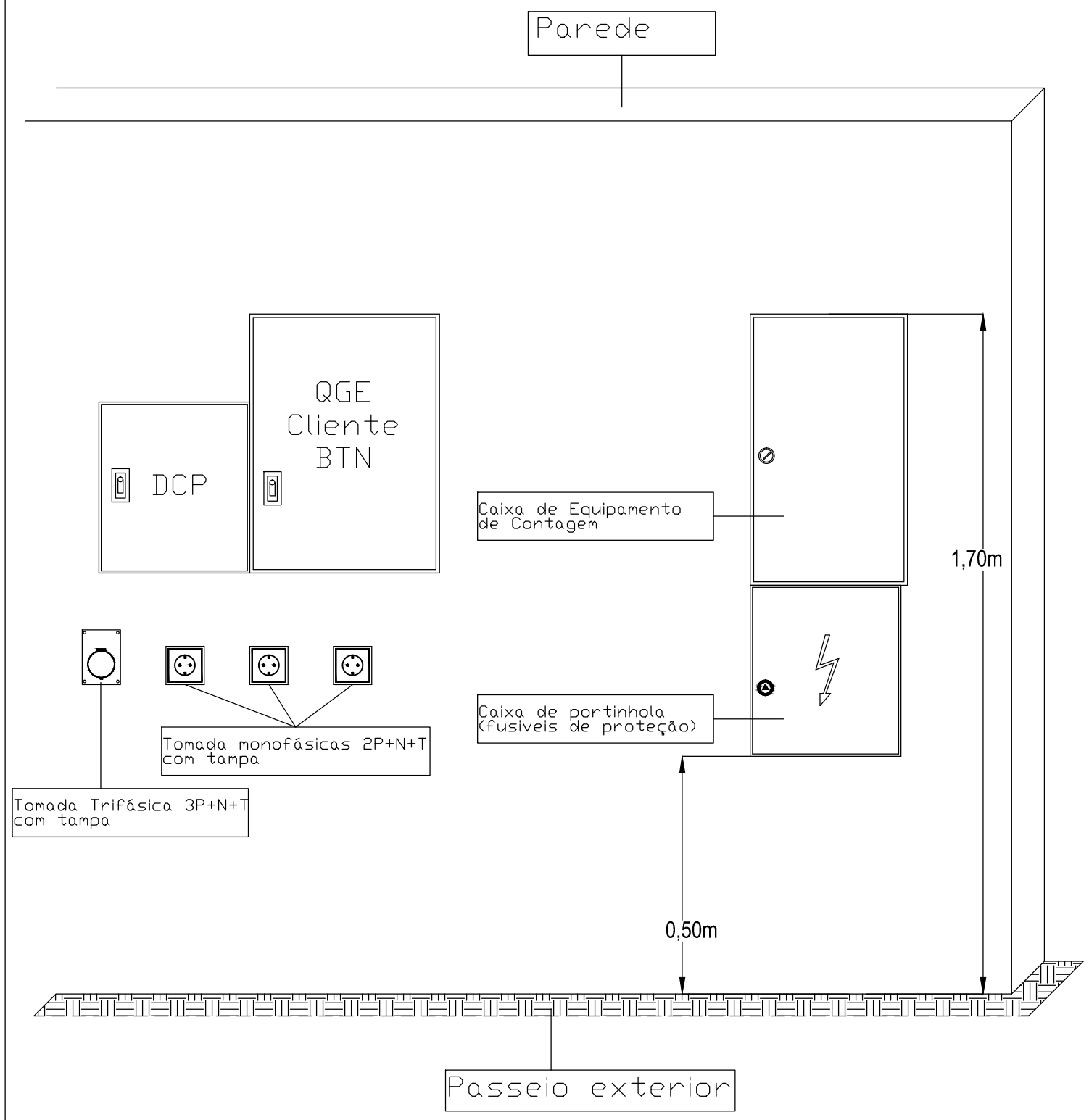
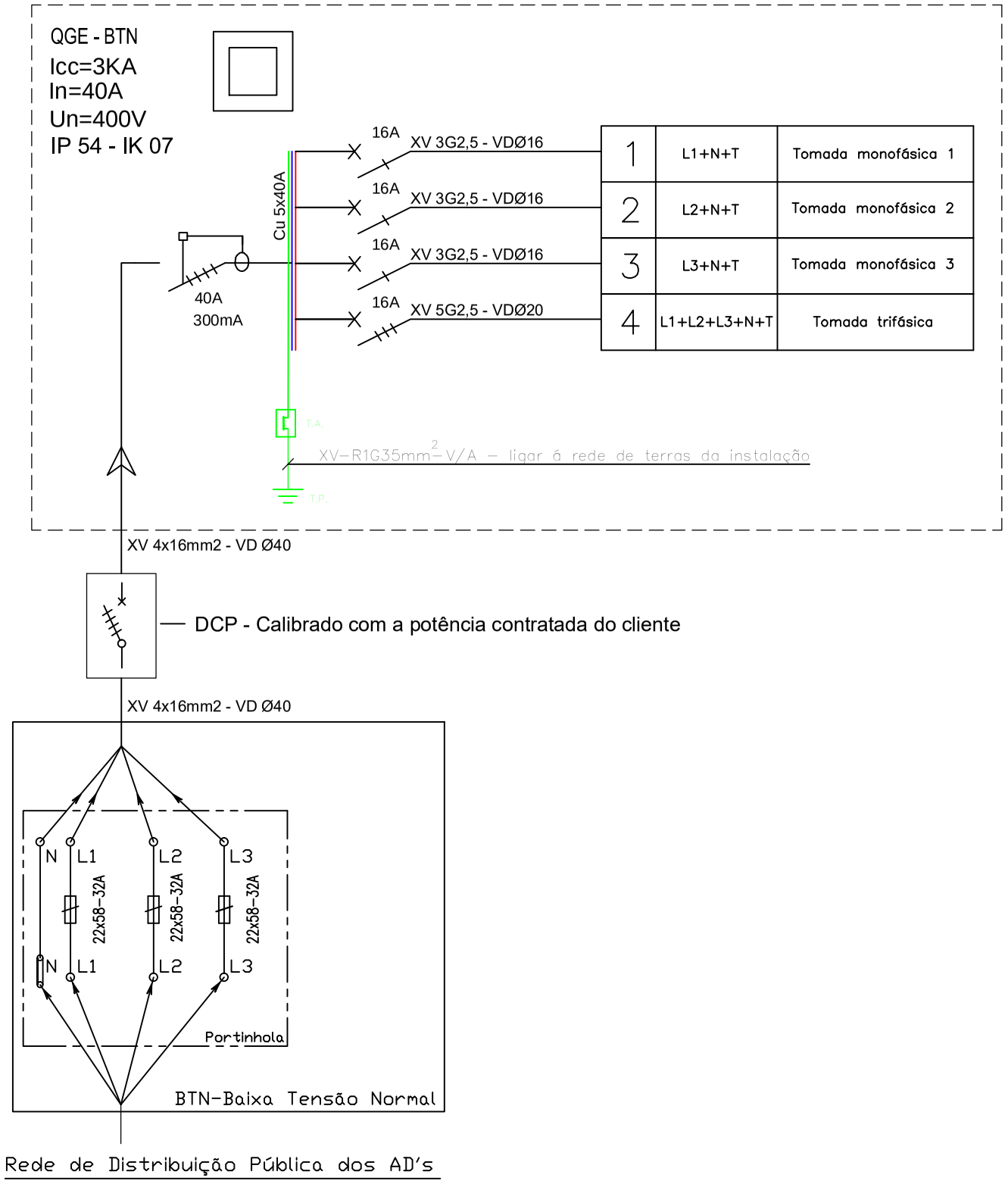


DIAGRAMA TIPO DE ENTRADAS BTN E QGE DE CLIENTE



LEGENDA

- Fusiveis Tipo Gg Tamanho NH2
- TI Transformador de Intensidade
- KWh - Contador de Energia

Dono de obra	Trifacelos, Lda.
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com
Titulo de desenho:	Diagrama da rede BTN e Pormenor das alturas portinhola e contador

Data	Junho - 2017	Escala	S/E	Revisão	A	Numero de desenho	14

PORMENOR DAS ALTURAS REGULAMENTARES DA PORTINHOLA E DO Q.G.E. - BTE

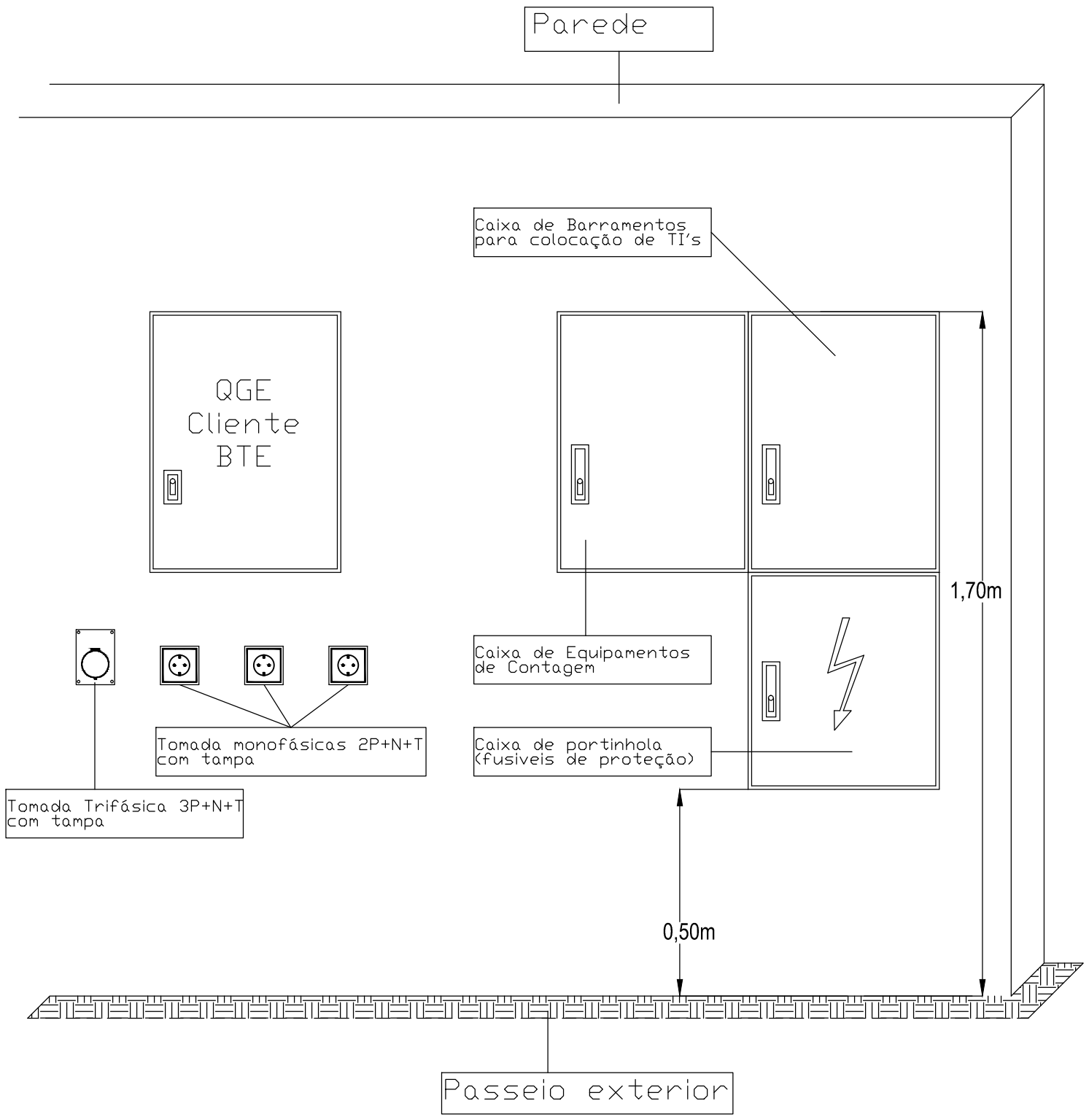
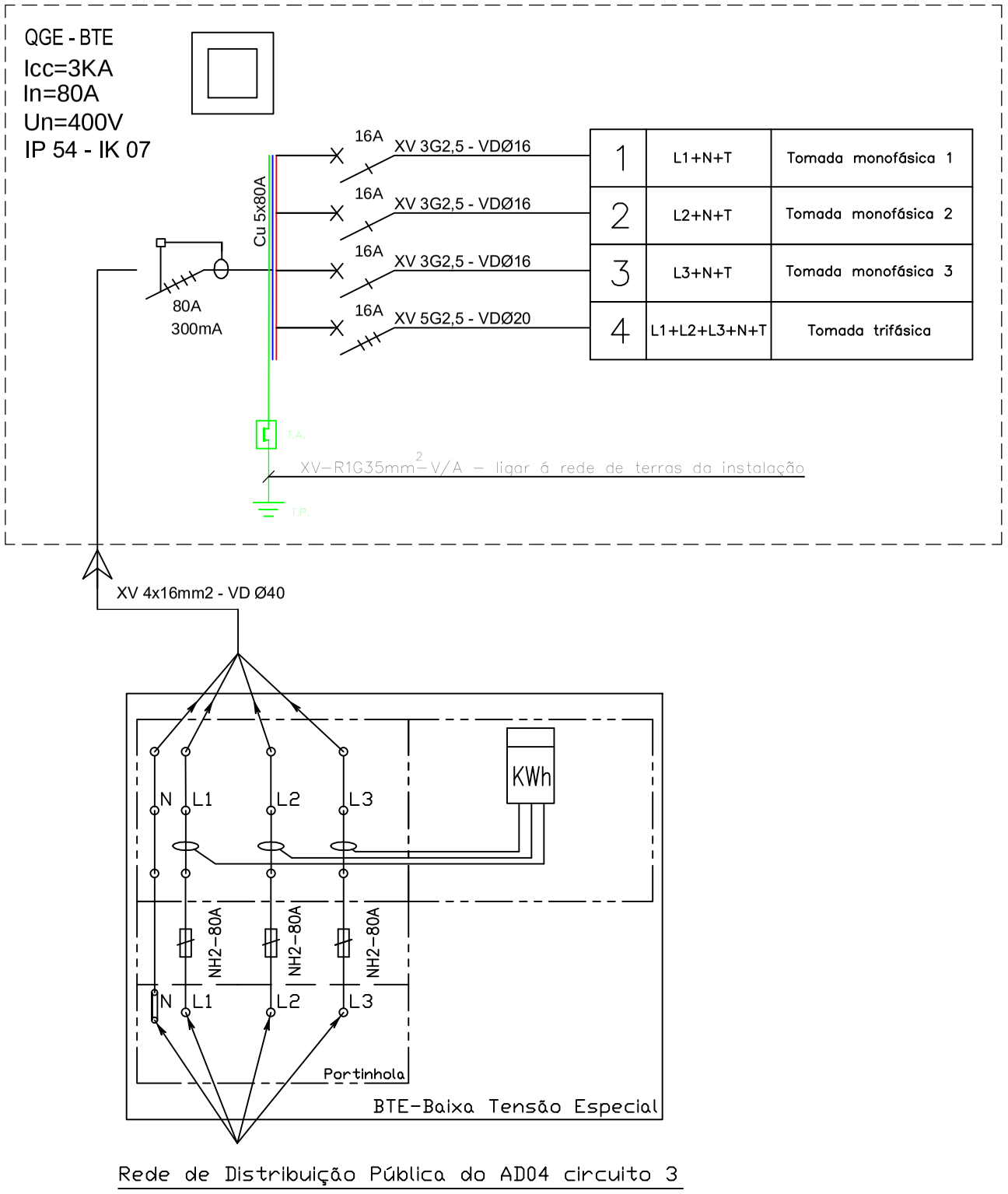


DIAGRAMA DA ENTRADA BTE E CLIENTE



LEGENDA

- Fusiveis Tipo Gg Tamanho NH2
- TI Transformador de Intensidade
- KWh - Contador de Energia

Dono de obra	Trifacelos, Lda.		
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos		
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com		
Titulo de desenho:	Diagrama da rede BTE e Pormenor das alturas portinhola e contador		
Data Junho - 2017	Escala S/E	Revisão A	Numero de desenho 15

PORMENOR DAS ALTURAS REGULAMENTARES DA PORTINHOLA E DO Q.G.E.

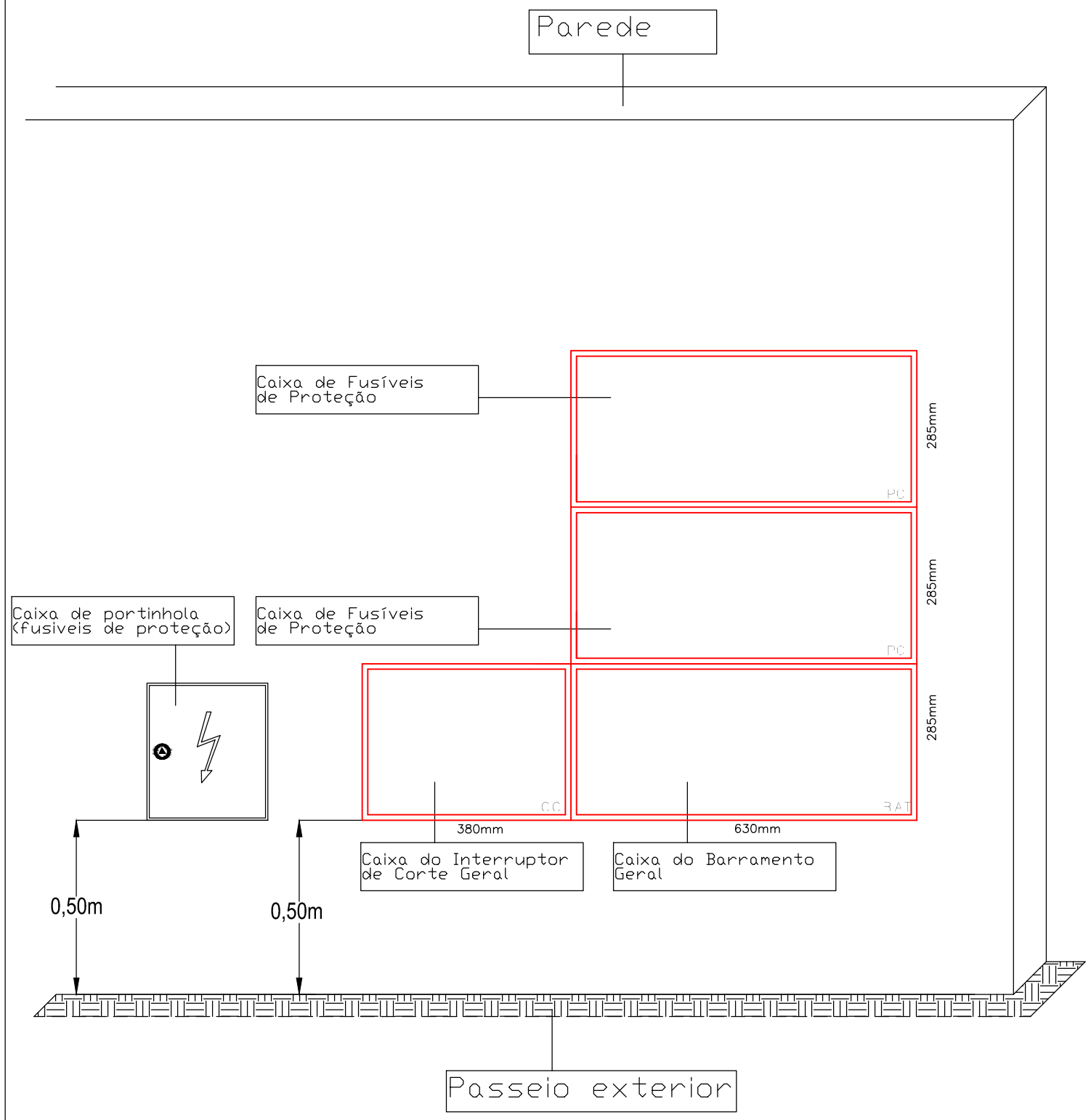
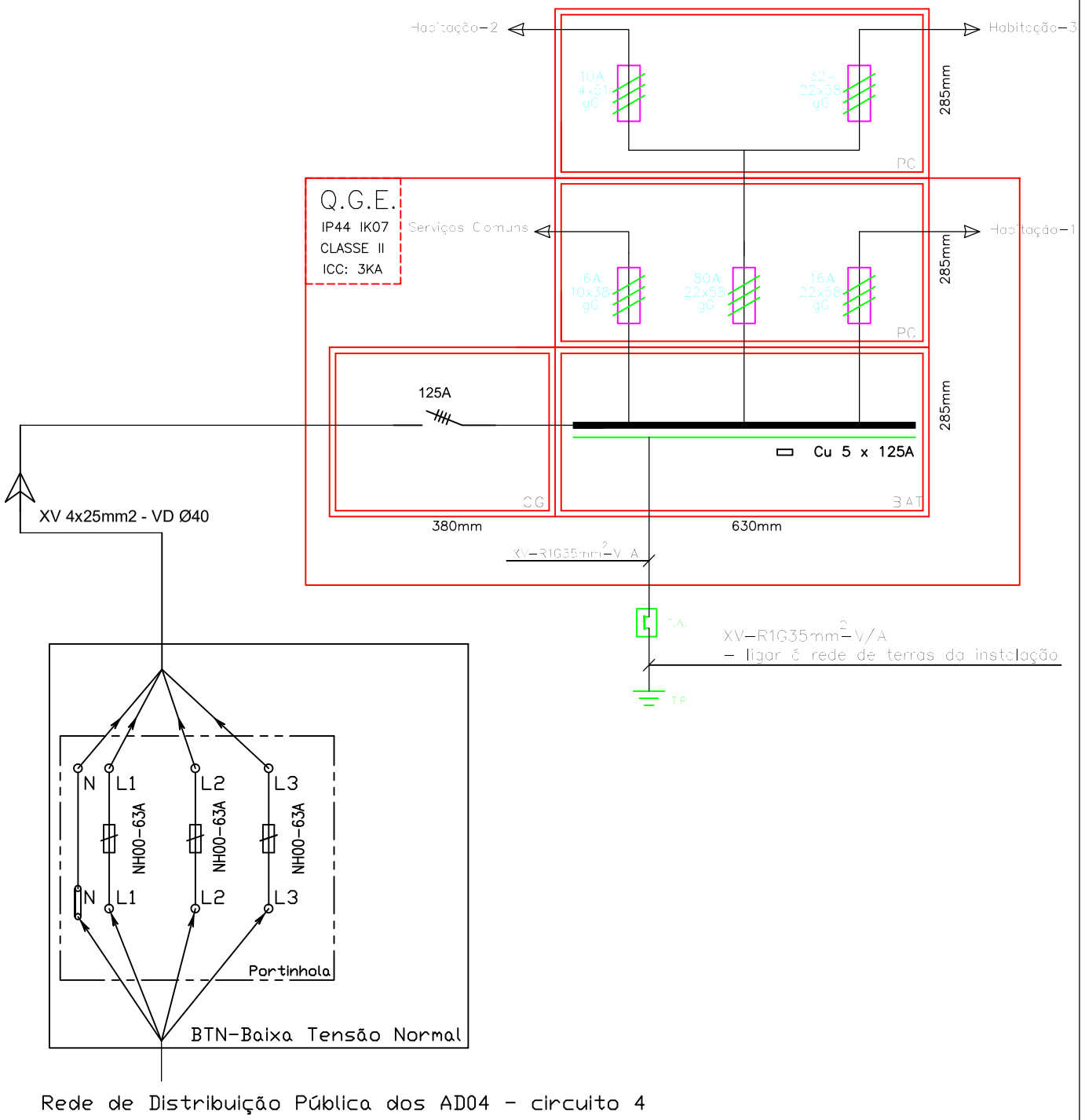


DIAGRAMA DA ENTRADA COLECTIVA E COLUNA



Dono de obra	Trifacelos, Lda.			
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos			
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com			
Titulo de desenho:	Rede colectiva, Pormenor das alturas portinhola e Diagrama da rede			
Data Junho - 2017	Escala S/E	Revisão A	Numero de desenho	16

ESQUEMA UNIFILAR DO QUADRO DE COMANDOS DO PT-AI

Ao QGBT-PT-AI – Ligar aos terminais de entrada do Corte Geral

XV 4x35mm2 – VD ø50

DO QGE, XV 4x35mm2 – VD ø50

MT

15000V

Δ

25 KVA

λ

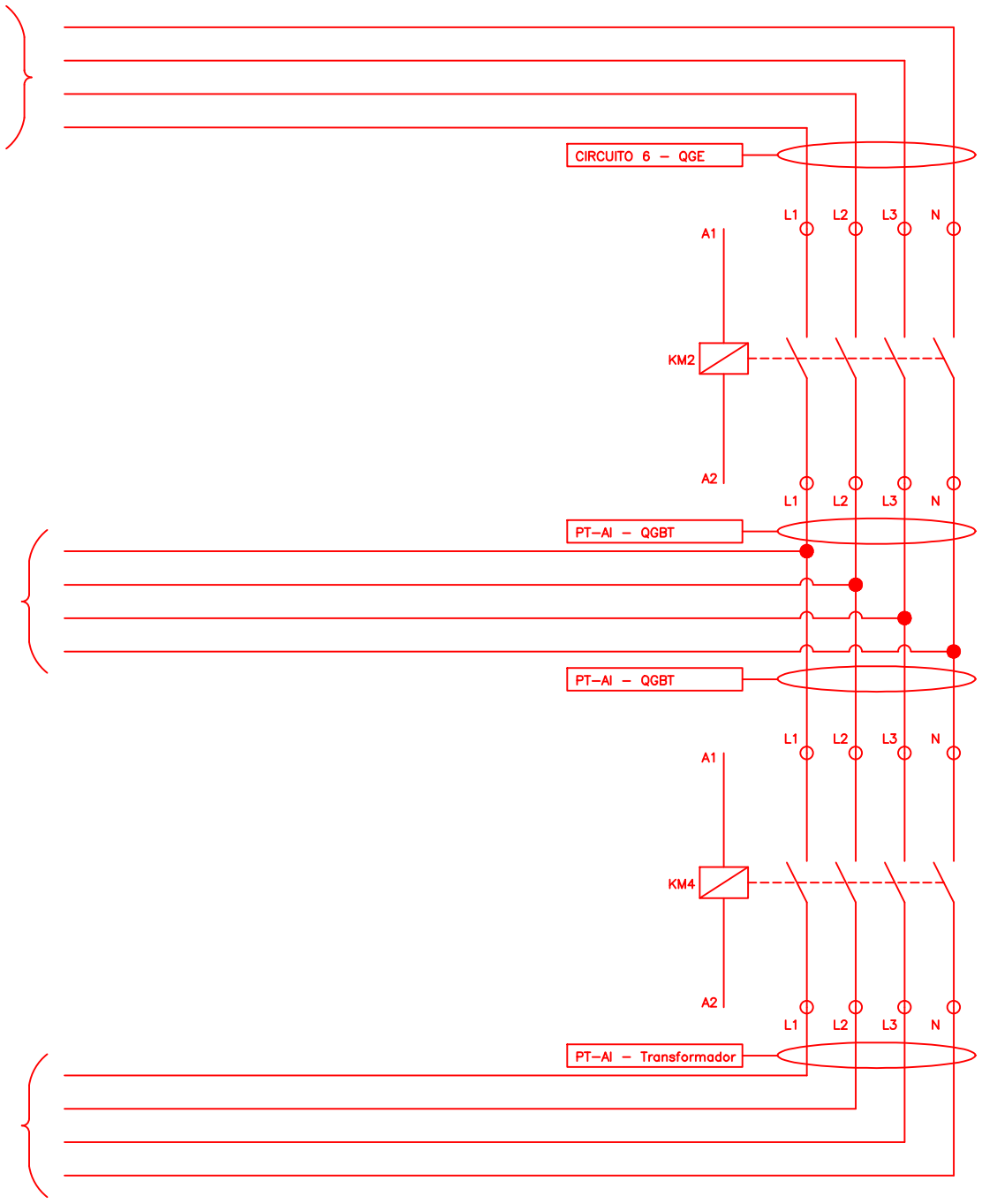
400/230V

Ligar aos terminais do secundário do transformador – AI

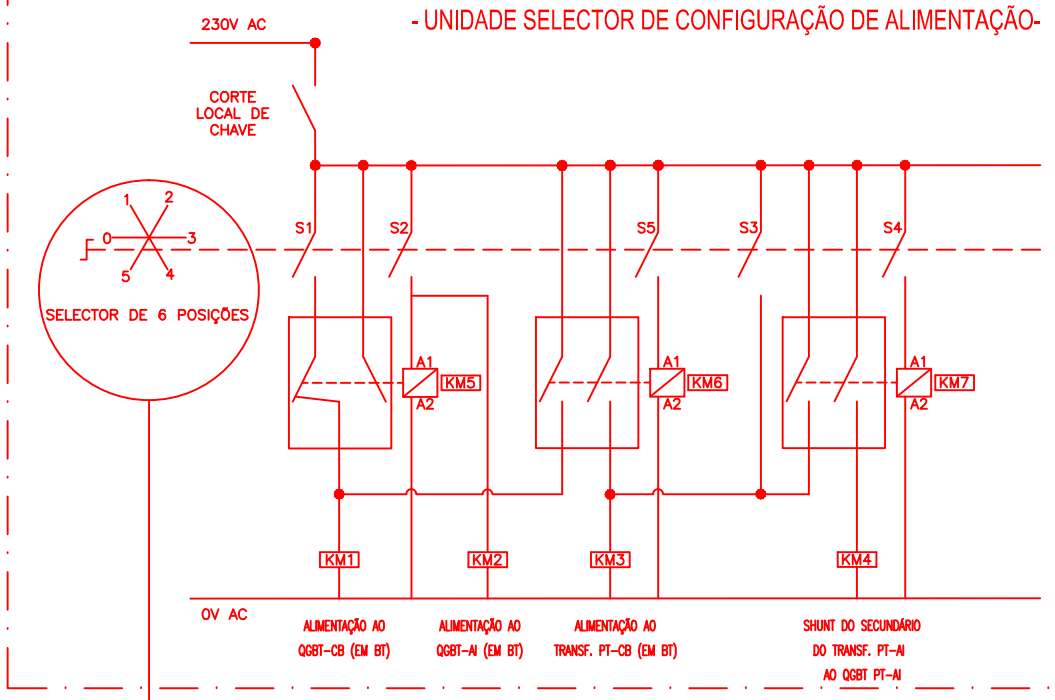
XV 4x35mm2 – VD ø50

BT

QUADRO DE COMANDOS DO PT-AI



ESQUEMA DE COMANDO
- UNIDADE SELECTOR DE CONFIGURAÇÃO DE ALIMENTAÇÃO-



SELETOR COM 6 POSIÇÕES:
POSIÇÃO 0 – DESLIGADO
POSIÇÃO 1 – ALIMENTAÇÃO AO QGBT-CB (EM BT)
POSIÇÃO 2 – ALIMENTAÇÃO AO QGBT-AI E AO QGBT-CB (EM BT)
POSIÇÃO 3 – ALIMENTAÇÃO AO TRANSFORMADOR PT-CB (EM BT)
POSIÇÃO 4 – ALIMENTAÇÃO AO TRANSFORMADOR PT-AI (A PARTIR DO PT-CB EM MT)
POSIÇÃO 5 – ALIMENTAÇÃO AO TRANSFORMADOR PT-CB E QGBT DO PT-CB (EM BT)

Dono de obra	Trifacelos, Lda.			
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos			
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com			
Titulo de desenho:	Esquema Unifilar do Quadro de Comandos 2 do PT-AI			
Data Junho - 2017	Escala S/E	Revisão A	Numero de desenho	17

ESQUEMA UNIFILAR DO QUADRO DE COMANDOS DO PT-CB

Ao QGBT-PT-CB – Ligar aos terminais de entrada do Corte Geral

XV 4x35mm2 – VD ø50

DO QGE, XV 4x35mm2 – VD ø50

MT

15000V

Δ

25 KVA

λ

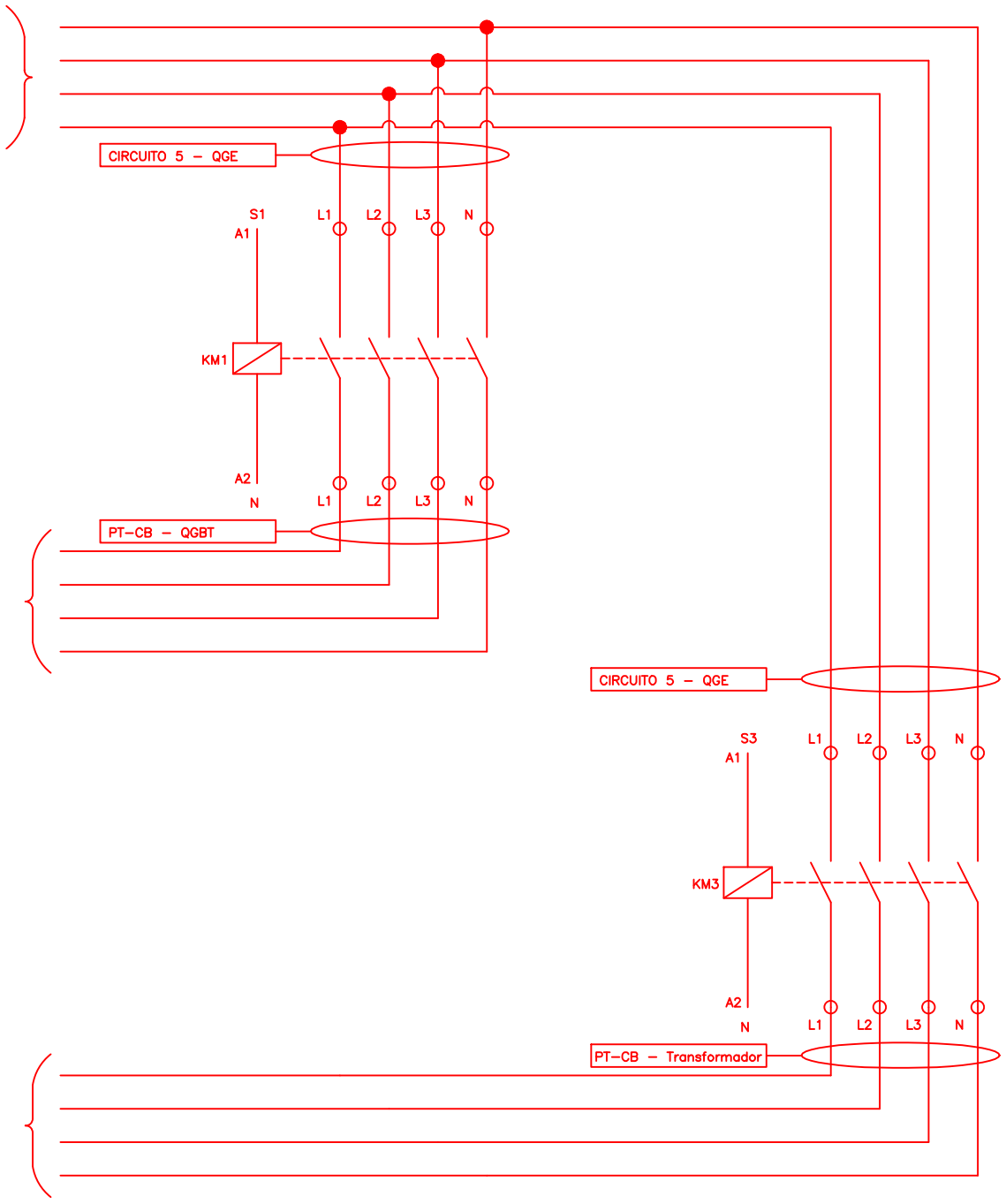
400/230V

Ligar aos terminais do secundário do transformador

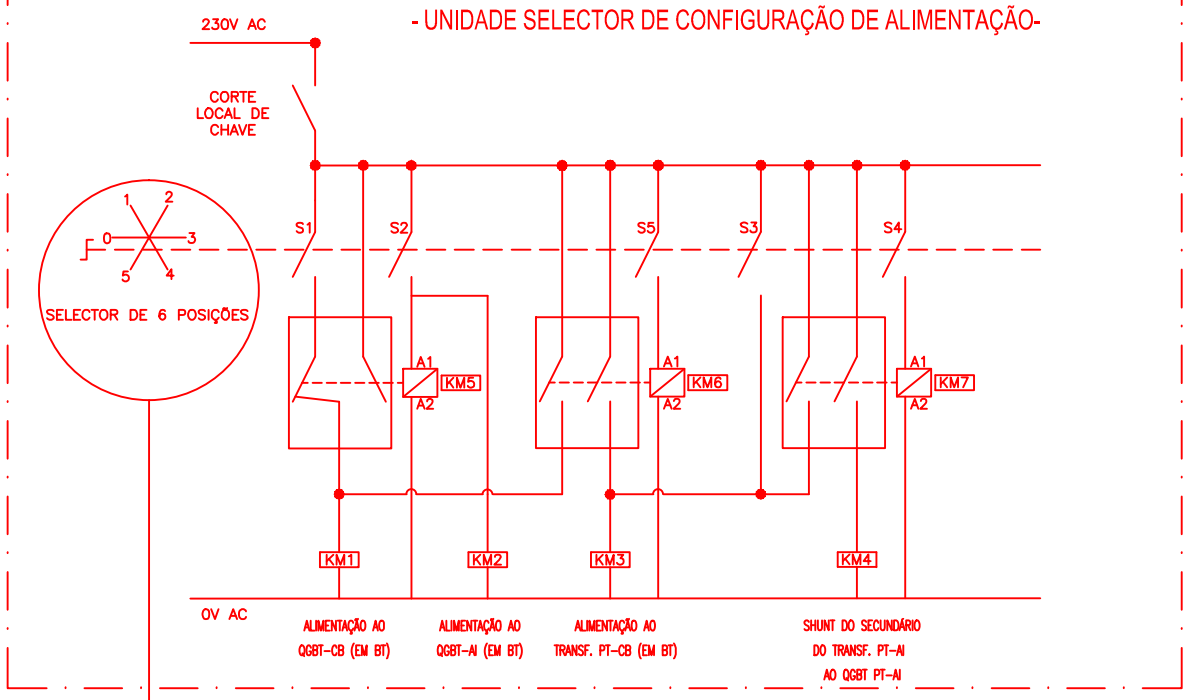
XV 4x35mm2 – VD ø50

BT

QUADRO DE COMANDOS DO PT-CB



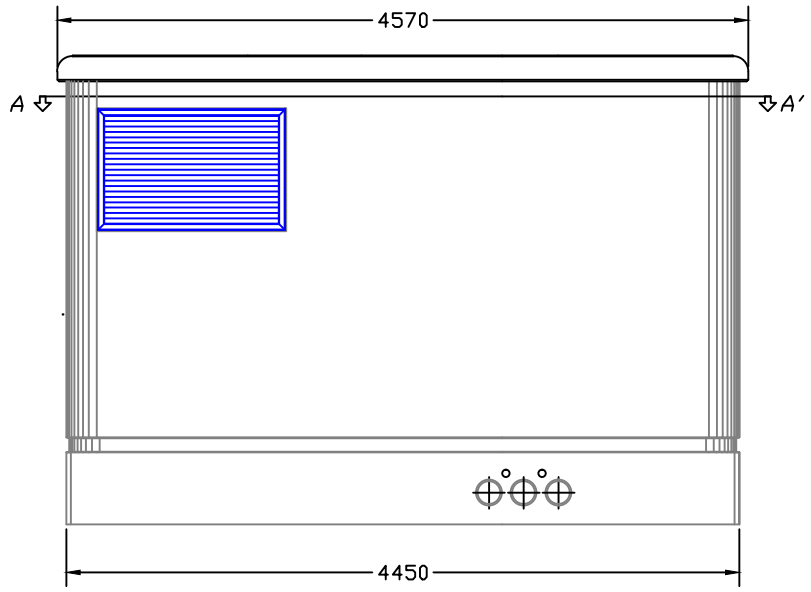
ESQUEMA DE COMANDO
- UNIDADE SELECTOR DE CONFIGURAÇÃO DE ALIMENTAÇÃO-



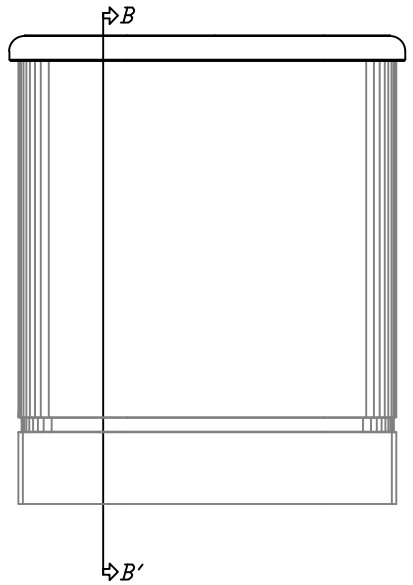
SELETOR COM 6 POSIÇÕES:
POSIÇÃO 0 – DESLIGADO
POSIÇÃO 1 – ALIMENTAÇÃO AO QGBT-CB (EM BT)
POSIÇÃO 2 – ALIMENTAÇÃO AO QGBT-AI E AO QGBT-CB (EM BT)
POSIÇÃO 3 – ALIMENTAÇÃO AO TRANSFORMADOR PT-CB (EM BT)
POSIÇÃO 4 – ALIMENTAÇÃO AO TRANSFORMADOR PT-AI (A PARTIR DO PT-CB EM MT)
POSIÇÃO 5 – ALIMENTAÇÃO AO TRANSFORMADOR PT-CB E QGBT DO PT-CB (EM BT)

Dono de obra	Trifacelos, Lda.			
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos			
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com			
Titulo de desenho:	Esquema Unifilar do Quadro de Comandos 1 do PT-CB			
Data Junho - 2017	Escala S/E	Revisão A	Numero de desenho	18

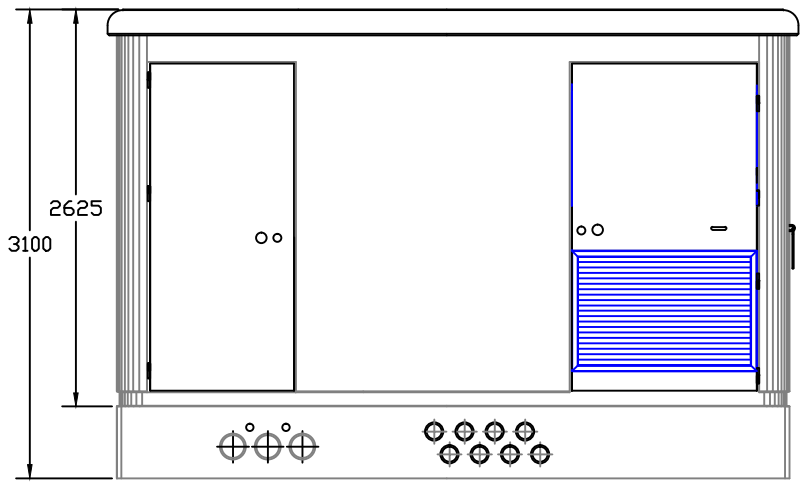
ALÇADO POSTERIOR



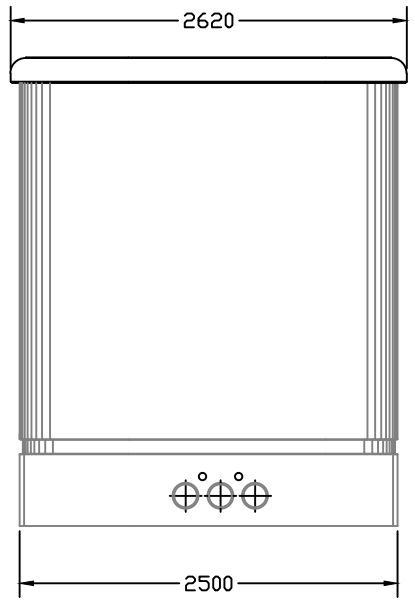
ALÇADO LATERAL DIREITO



ALÇADO PRINCIPAL



ALÇADO LATERAL ESQUERDO

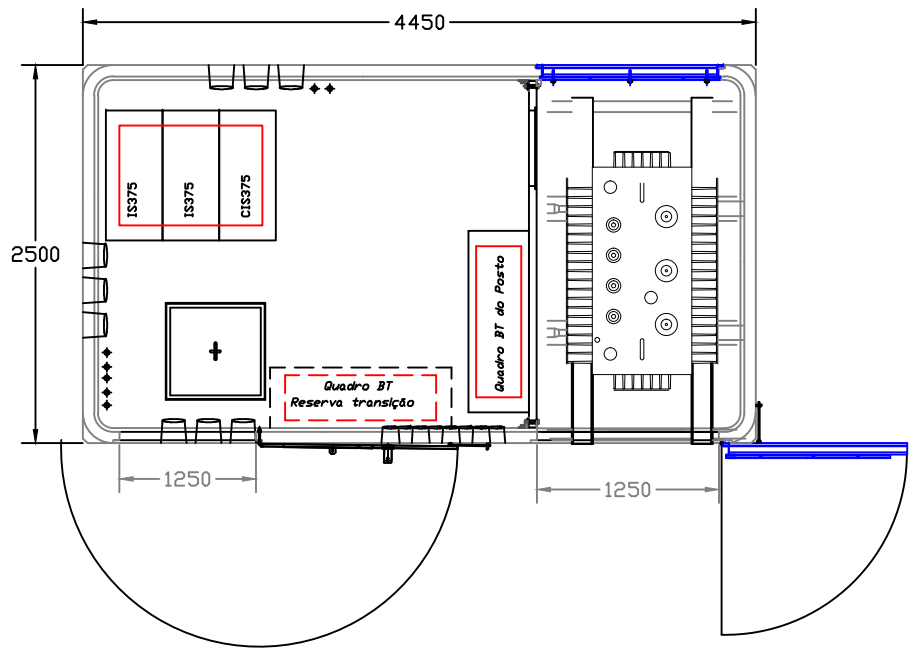


EP	A	B
4250	4450	2400

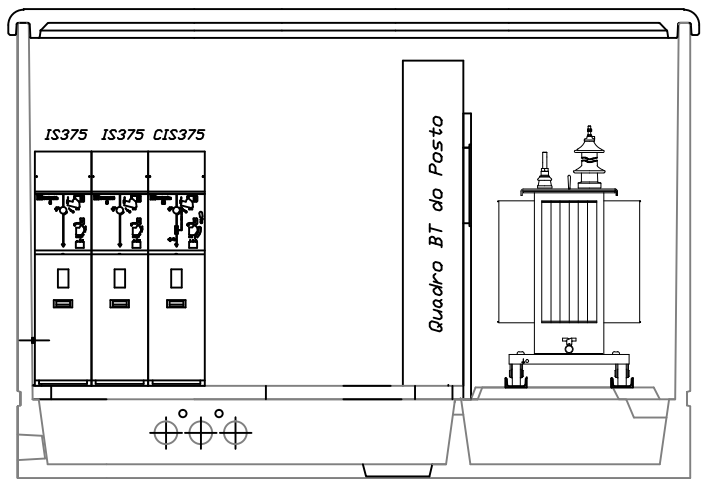
	A
Fluofix GC	900
Normafix 24	900
Normafix 36	1250*

* - Só para celas de largura 1200 mm.

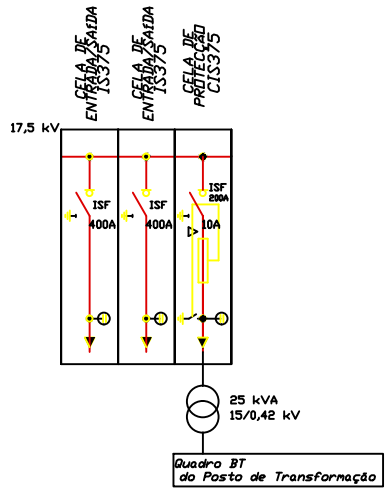
CORTE A-A'



CORTE B-B'



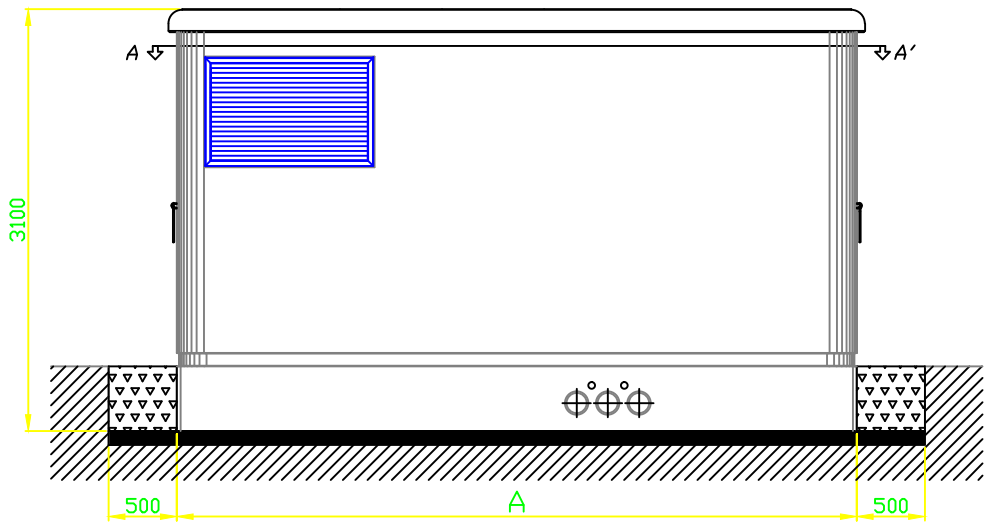
ESQUEMA UNIFILAR



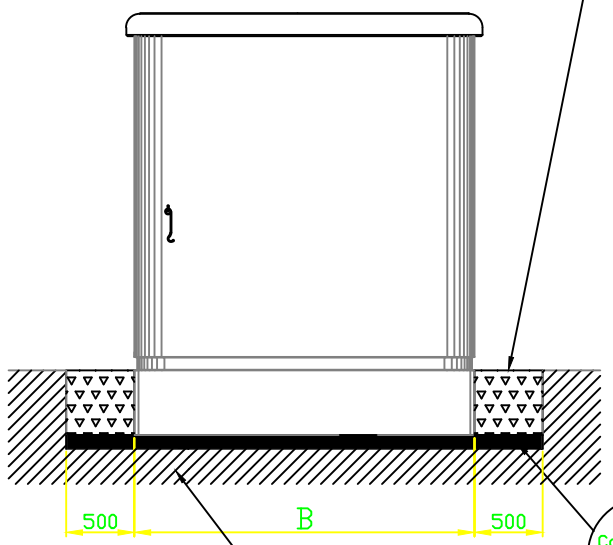
Dono de obra	Trifacelos, Lda.		
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos		
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com		
Titulo de desenho:	PT - Cabine Baixa		
Data Junho - 2017	Escala S/E	Revisão A	Numero de desenho 19

Após colocação do Edificio, preencher
com material de fácil remoção. (gravilha, terra, areia, etc)

ALÇADO POSTERIOR

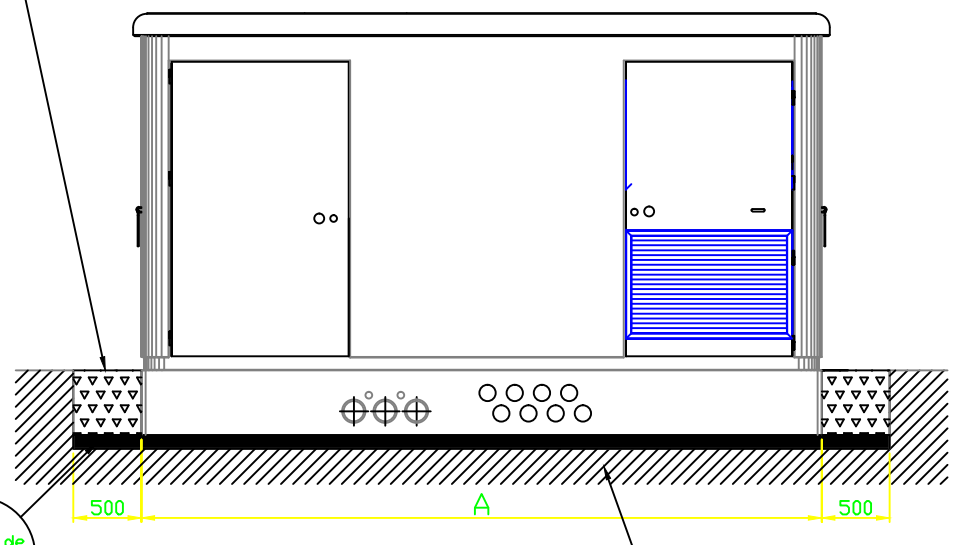


ALÇADO LATERAL DIREITO



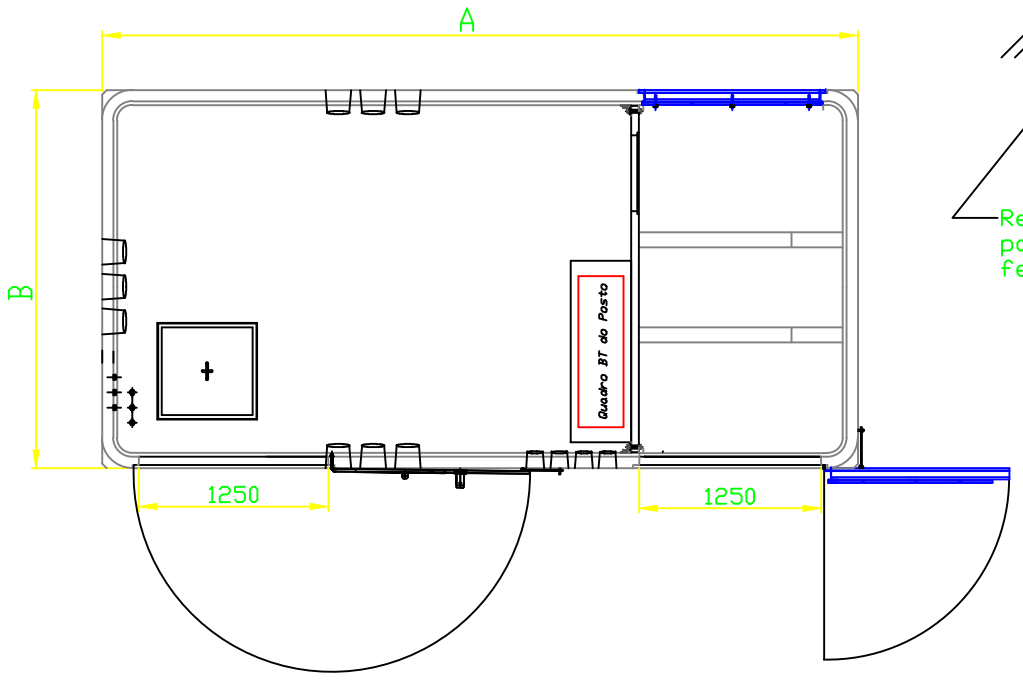
Camada de
Areia Fina
100mm

ALÇADO PRINCIPAL

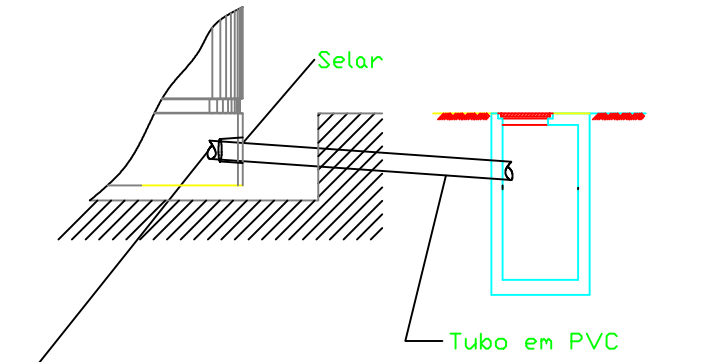


EP	A	B
4250	4450	2400

CORTE A-A'

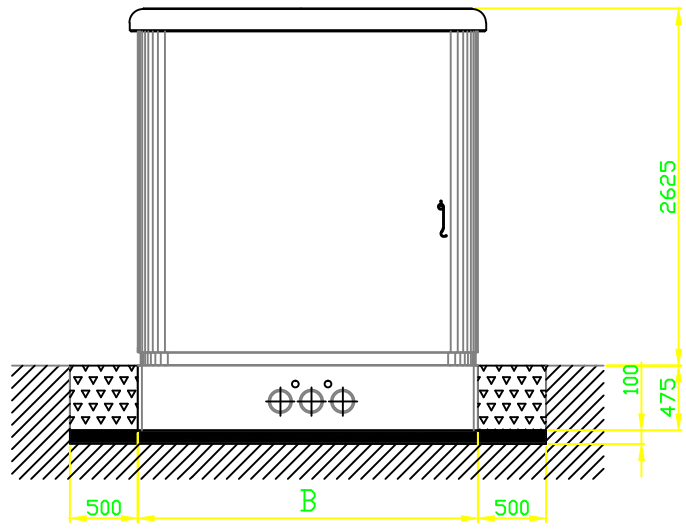


Entrada/Saida Cabos



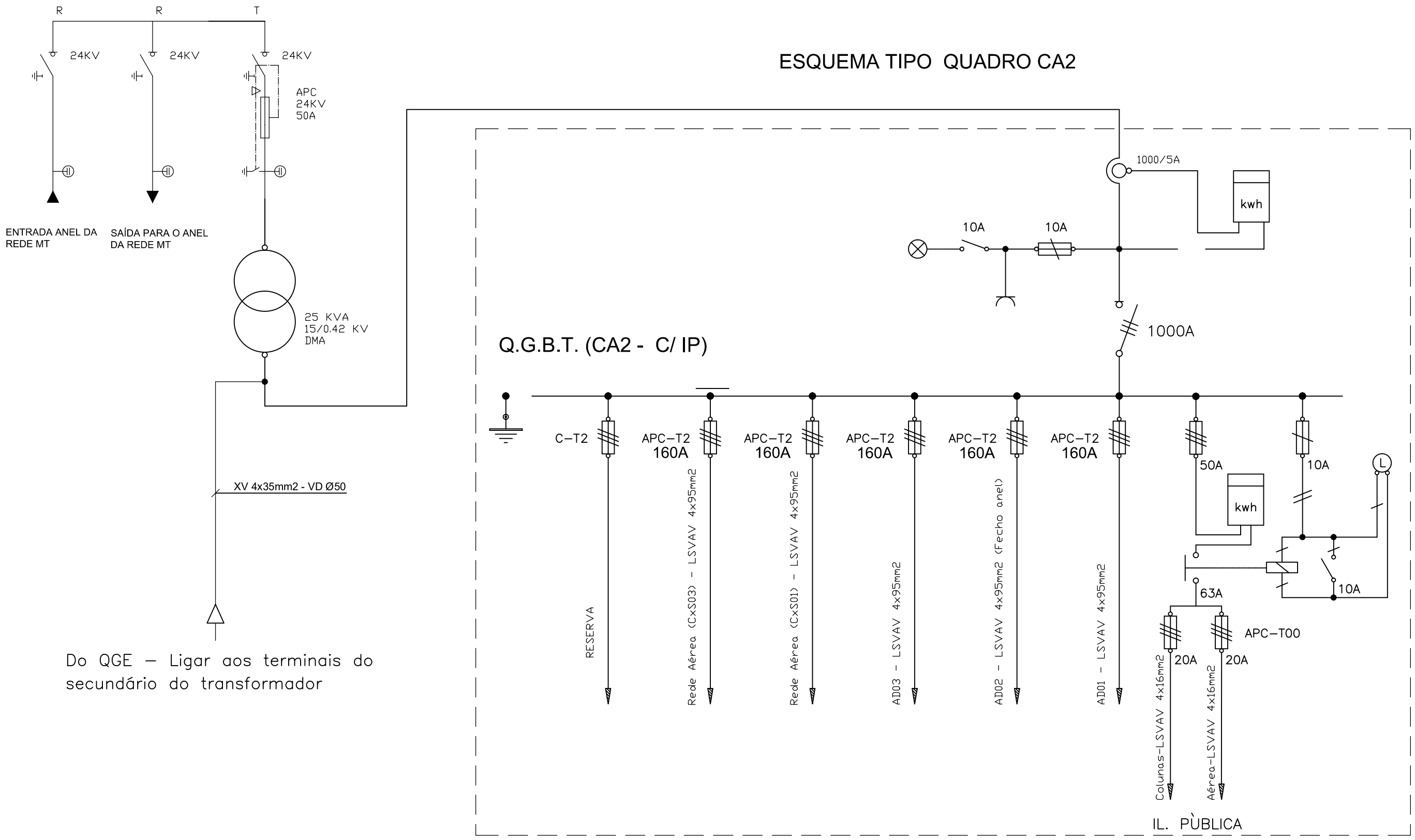
Recomendamos que as Entradas sejam obturadas
para evitar entrada de Ar húmido e provocar
fenómenos de condensação.

ALÇADO LATERAL ESQUERDO

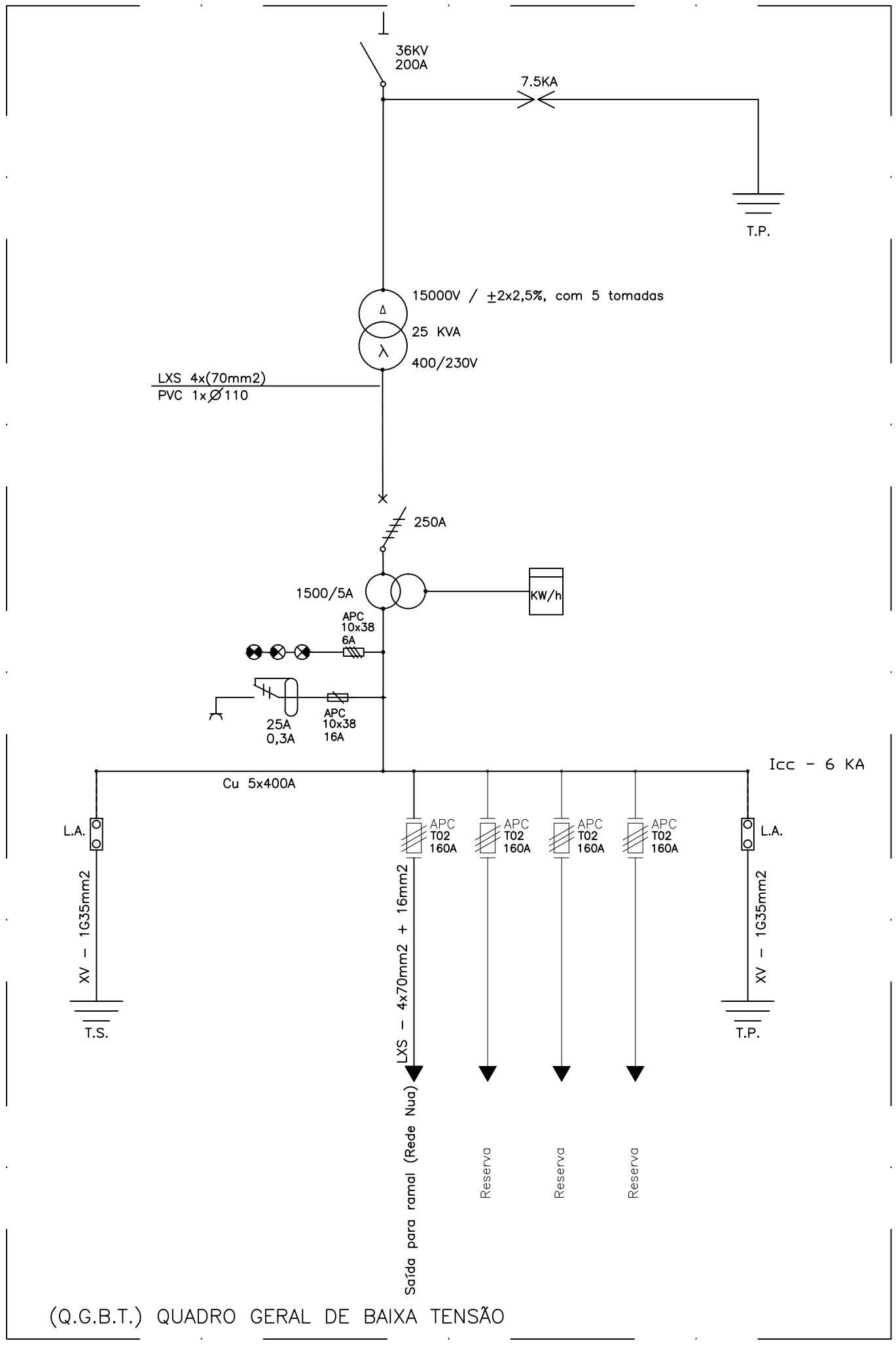


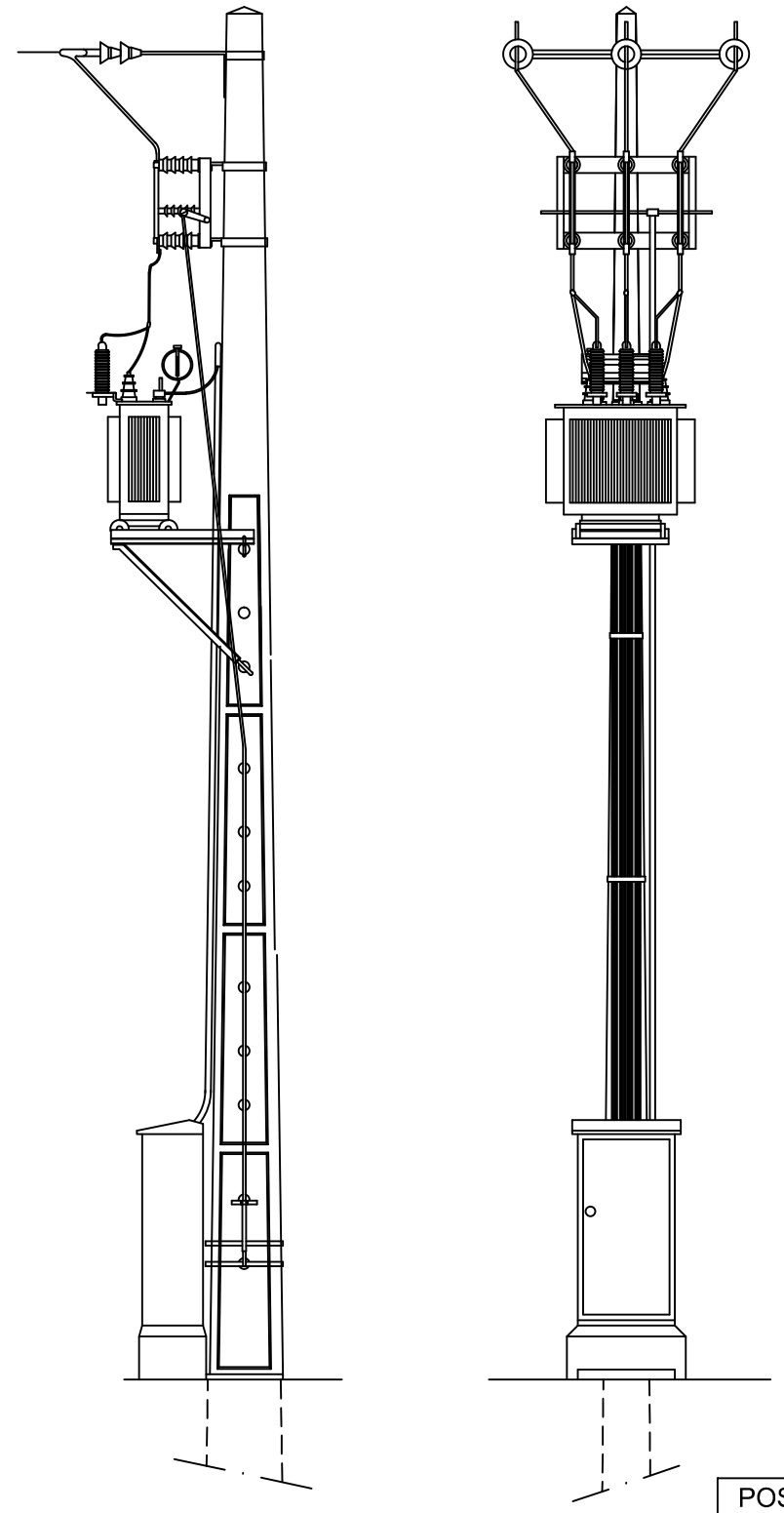
Dono de obra	Trifacelos, Lda.				
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos				
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com				
Titulo de desenho:	Fundação e Entrada de Cabos MT/BT				
Data	Junho - 2017	Escala	S/E	Revisão	A
Numero de desenho	20				

ESQUEMA TIPO QUADRO CA2



Dono de obra	Trifacelos, Lda.			
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos			
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com			
Titulo de desenho:	Esquema Unifilar do Quadro CA2 Aberto e Celas MT - PT-CB			
Data Junho - 2017	Escala S/E	Revisão A	Numero de desenho	21





POSTO DE TRANSFORMAÇÃO DO TIPO AI-25 KVA
QUADRO DE BAIXA TENSÃO DO TIPO AI
RELÉ ADEQUADO PARA 25 KVA
POSTE DO TIPO TP4 - 14m DE ALTURA

Dono de obra	Trifacelos, Lda.			
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos			
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com			
Titulo de desenho:	Esquema do QGBT e do Apoio PT-AI			
Data Junho - 2017	Escala S/E	Revisão A	Numero de desenho	22

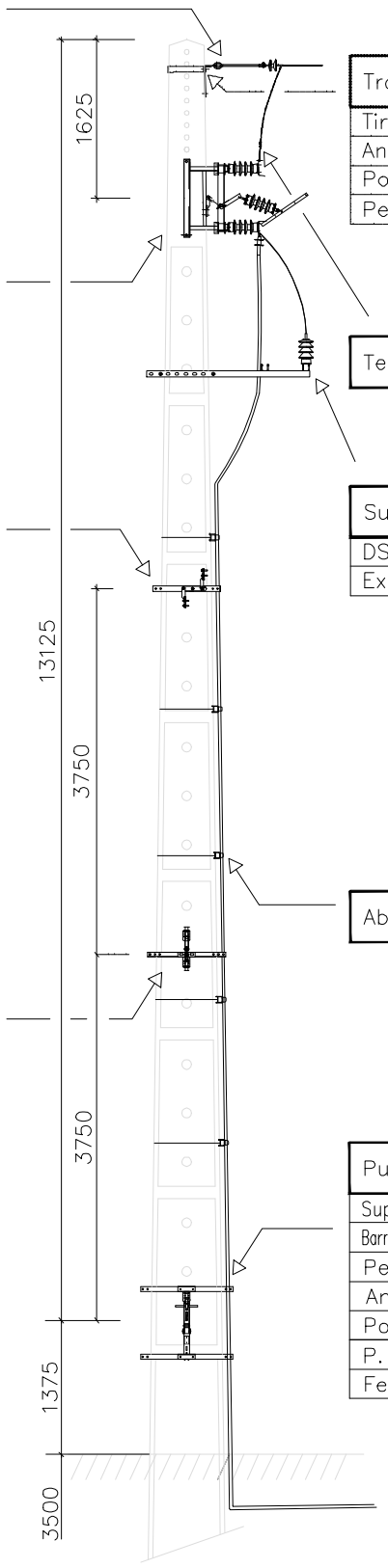
TRANSIÇÃO LINHA AÉREA - CABO SUBTERRÂNEO

	Qt.	Codigo
Alongador cadeia	3	280065

	Qt.	Codigo
Secc. SPOV ou Interr. IPOV + reenvio + guia articulada	1	C/carga: (17)AE0336 (36)AE0xxx C/vazio: (17)AE0339 (36)AE0342
Suporte seccionador TP02	1	
Perno M16x390x120	2	
Anilha plana M16	4	
Porca SXT M16	4	

	Qt.	Codigo
Reenvio lateral	1	INCLUÍDO NO APARELHO
Abraçadeira batente reevio lateral	1	
Perno M16x500x120	2	
Anilha plana M16	4	
Porca SXT M16	4	

	Qt.	Codigo
Guia articulada SMHI RAMAL MT	1	INCLUÍDO NO APARELHO
Suporte fixação RAMAL MT	1	
Batente suporte fixação RAMAL MT	1	
Perno M16x650	2	
Anilha plana M16	4	
Porca SXT M16	4	



	Qt.	Codigo
Travessa amarração	1	AE0005
Tirante para travessa	1	
Anilha plana M16	4	
Porca SXT M16	4	
Perno M16x390x120	2	

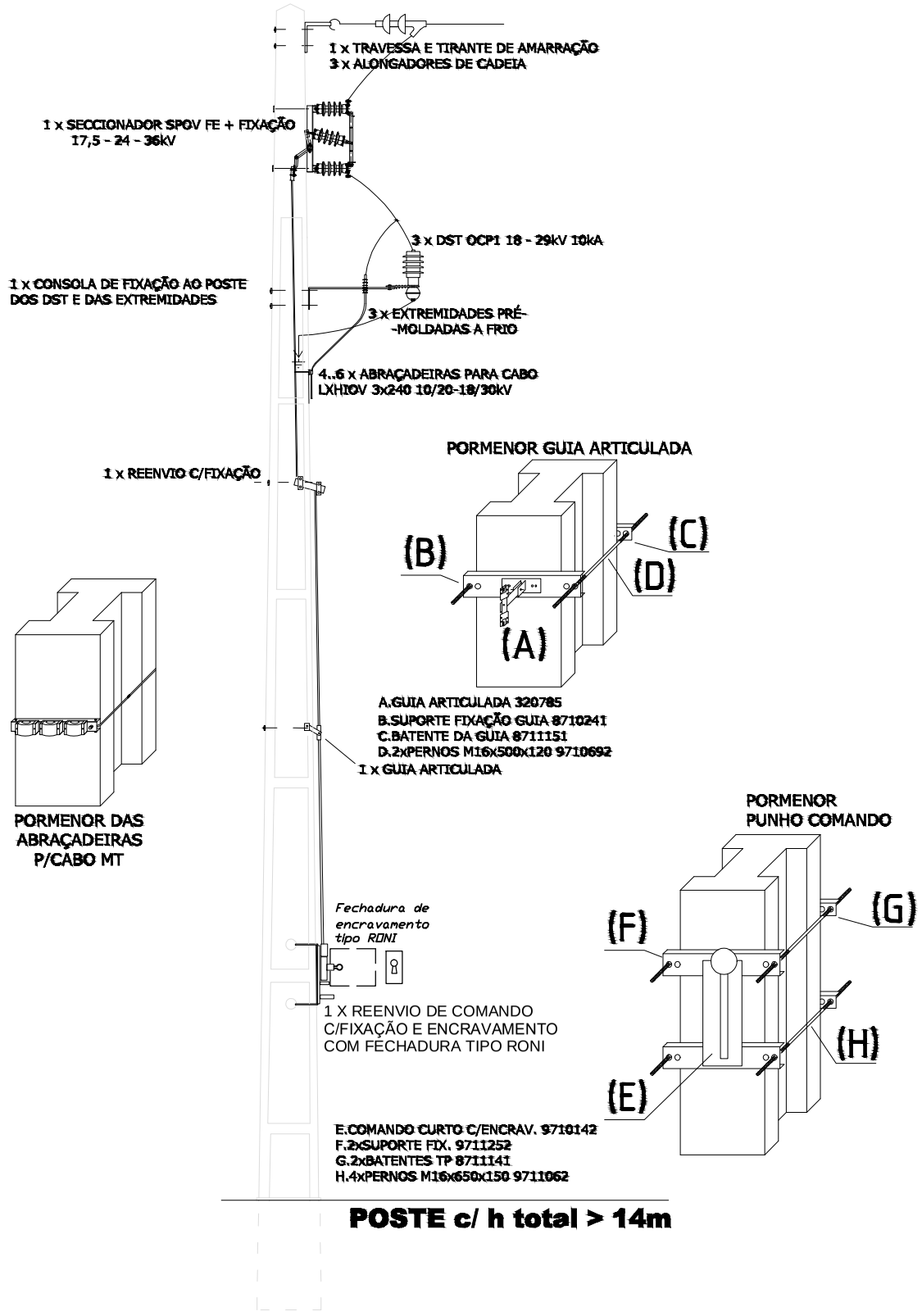
	Qt.	Codigo
Term. Al/Cu estribo (de patilha)	3	334568

	Qt.	Codigo
Suporte dos DST e extremid.	1	333046
DST OCP1 _kV 10kA	3	120138/40
Exremidades exterior	3	(A DEFINIR)

	Qt.	Codigo
Abraçadeiras cabo MT	5	AEP030

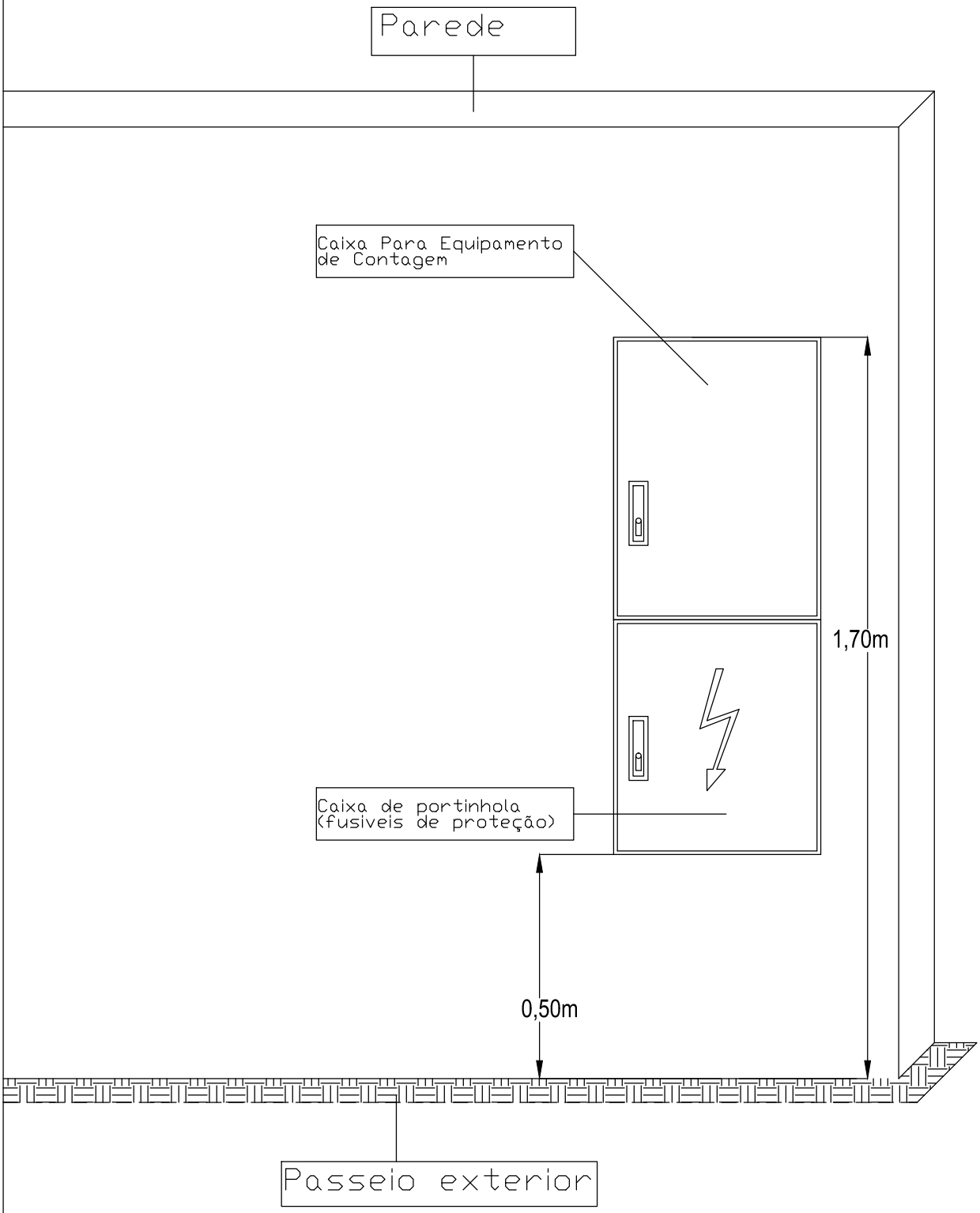
	Qt.	Codigo
Punho comando TP RAMAL MT	1	
Suporte lateral comando TP (RAMAL MT)	2	
Barra batente suporte lateral comando TP (RAMAL MT)	2	
Perno M16x650x150	4	
Anilha plana M16	8	
Porca SXT M16	8	
P. comando TP RAMAL MT c/encrav		AE0341
Fechadura encrav. tipo Roni		326759

MONTAGEM TIPO RAMAL MT
(EM POSTE TIPO M06 - 18 mts)



Dono de obra	Trifacelos, Lda.			
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos			
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com			
Titulo de desenho:	Apoio de Transição Aérea/Subterrânea (MT)			
Data Junho - 2017	Escala S/E	Revisão A	Numero de desenho	23

PORMENOR DAS ALTURAS REGULAMENTARES DA PORTINHOLA E DO CONTADOR

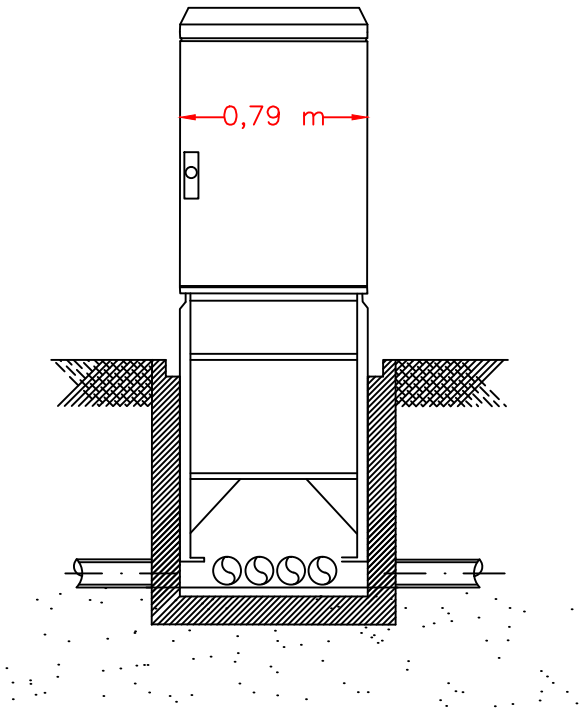


Dono de obra	Trifacelos, Lda.
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com
Titulo de desenho:	Pormenor das Alturas Regulamentares da Portinhola e Contador de Entrada

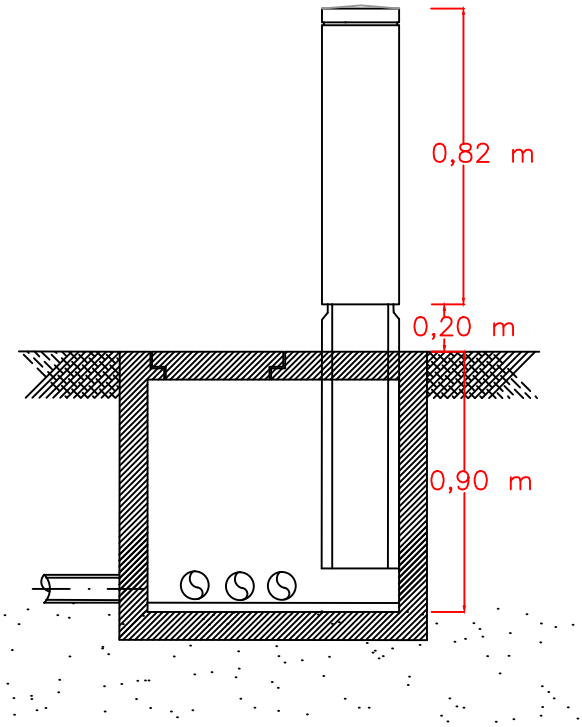
Data Junho - 2017	Escala S/E	Revisão A	Numero de desenho 24

ALÇADO FRONTAL

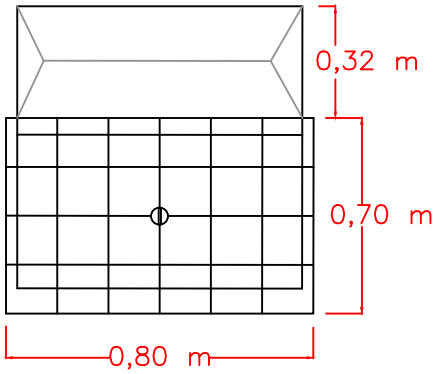
ARMÁRIO TIPO W EM FIBRA DE VIDRO
CLASSE II DE ISOLAMENTO



ALÇADO LATERAL

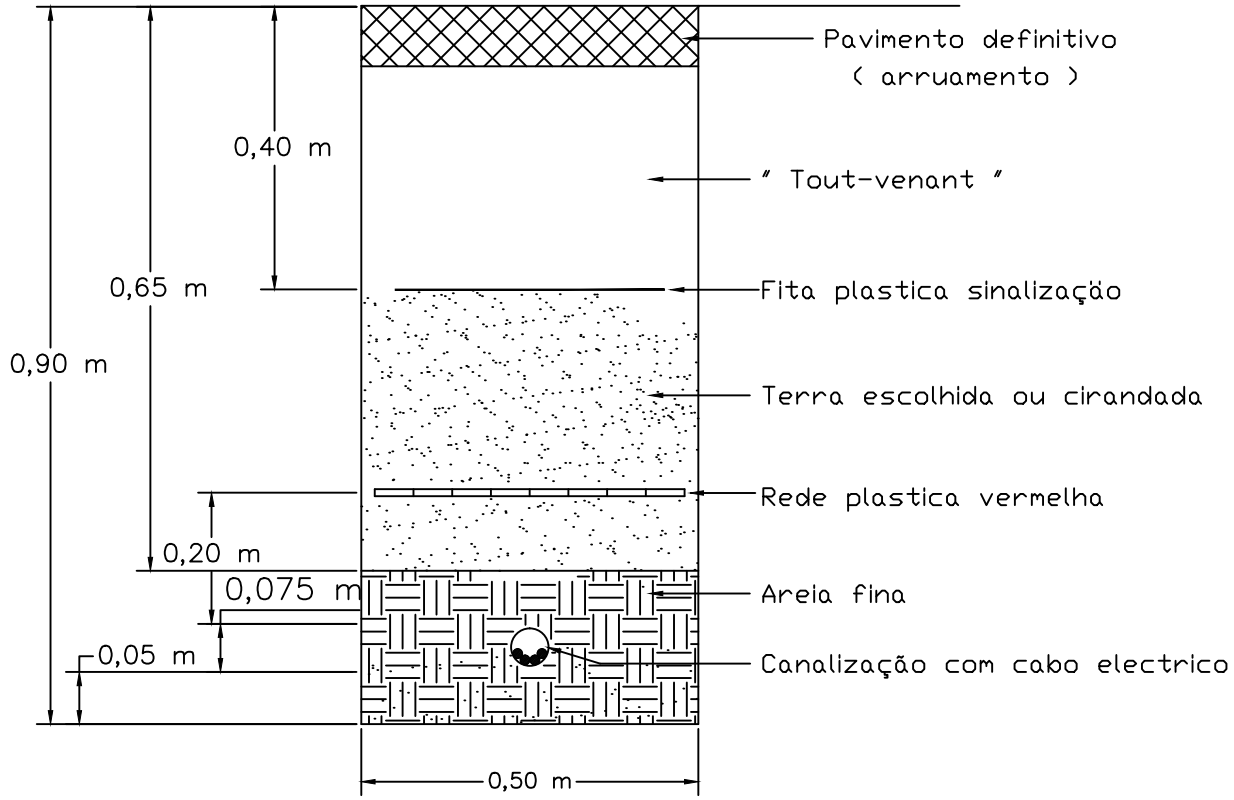


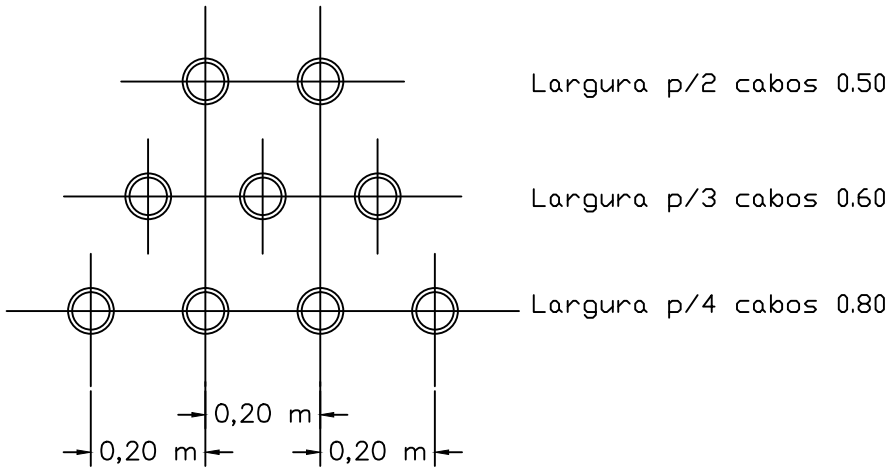
PLANTA



Dono de obra	Trifacelos, Lda.			
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos			
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com			
Titulo de desenho:	Planta e Alçados do Armário			
Data Junho - 2017	Escala S/E	Revisão A	Numero de desenho	25

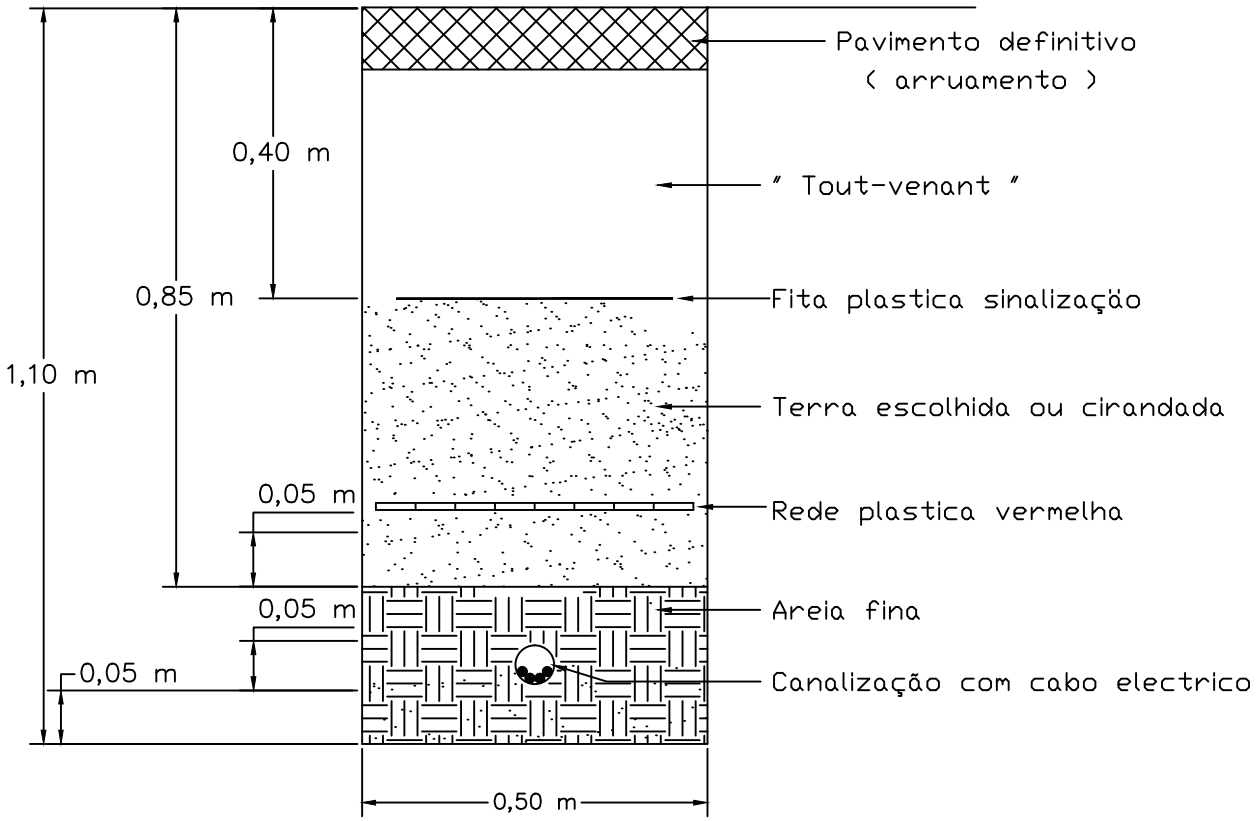
VALA TIPO DOS PASSEIOS
CABOS ENTUBADOS OU ENTERRADOS - BT

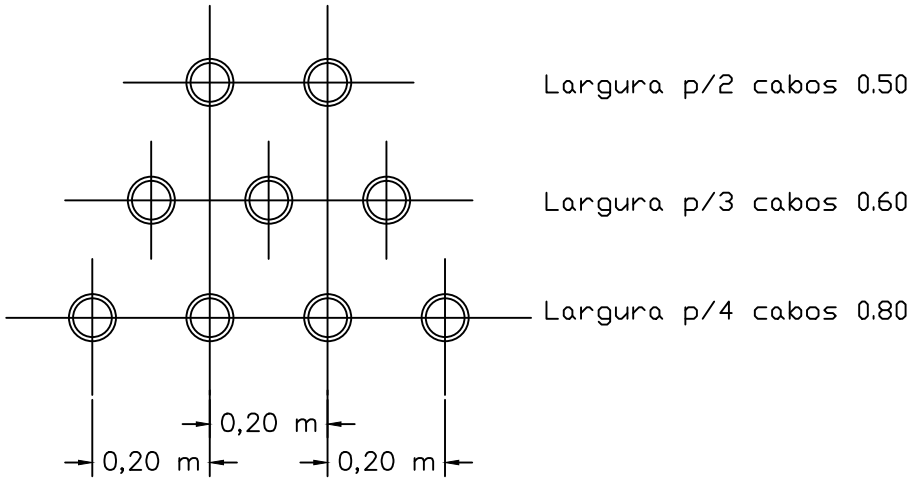




Dono de obra	Trifacelos, Lda.			
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos			
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com			
Titulo de desenho:	Pormenor das Valas Tipo para Passeios - BT			
Data Junho - 2017	Escala S/E	Revisão A	Numero de desenho	26

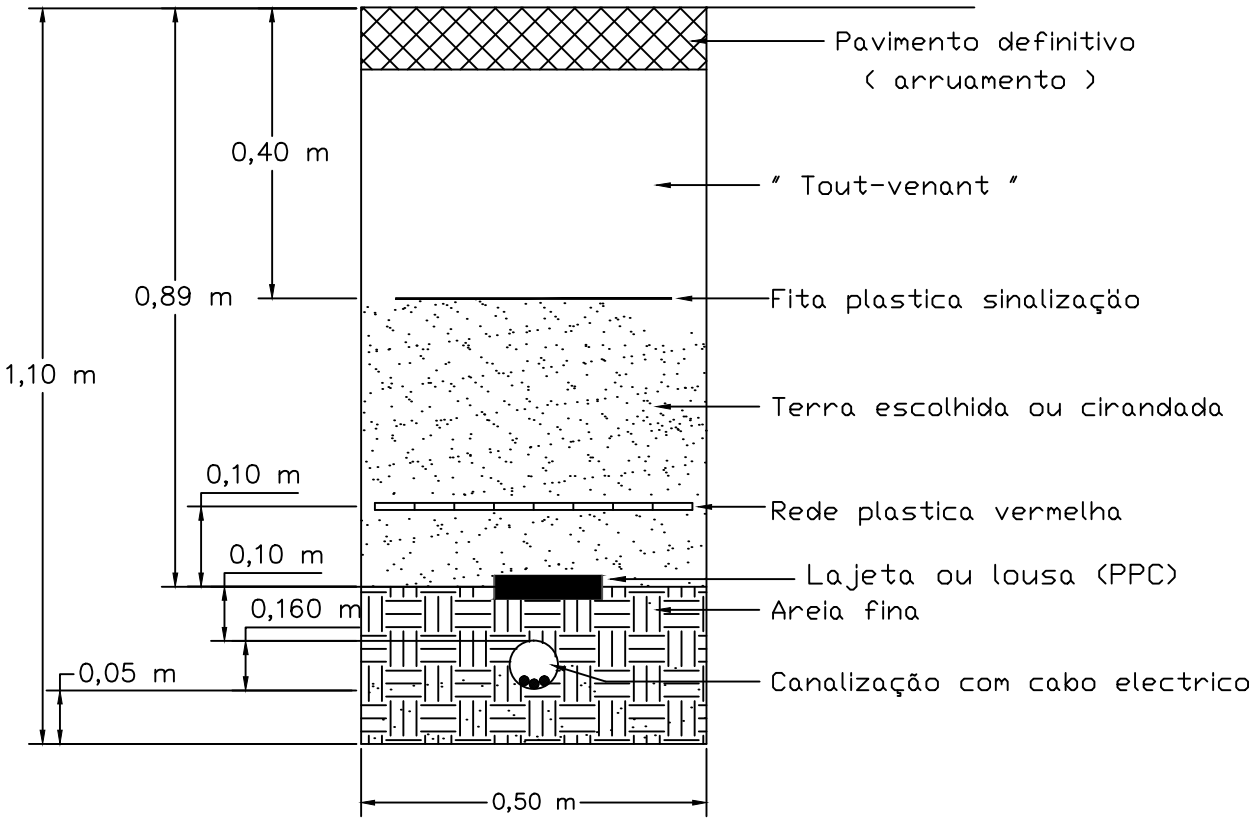
VALA TIPO NAS TRAVESSIAS DE RUAS
CABOS ENTUBADOS OU ENTERRADOS - BT

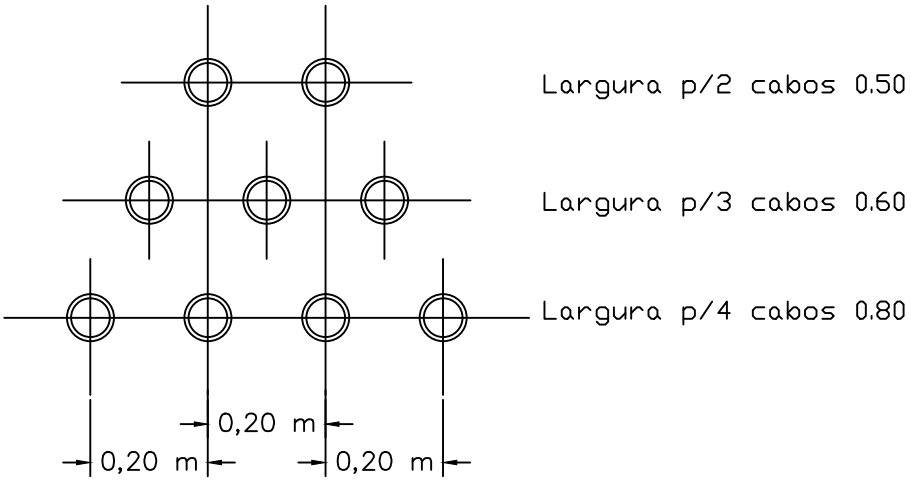




Dono de obra	Trifacelos, Lda.			
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos			
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com			
Titulo de desenho:	Pormenor das Valas Tipo para Travessias - BT			
Data Junho - 2017	Escala S/E	Revisão A	Numero de desenho	27

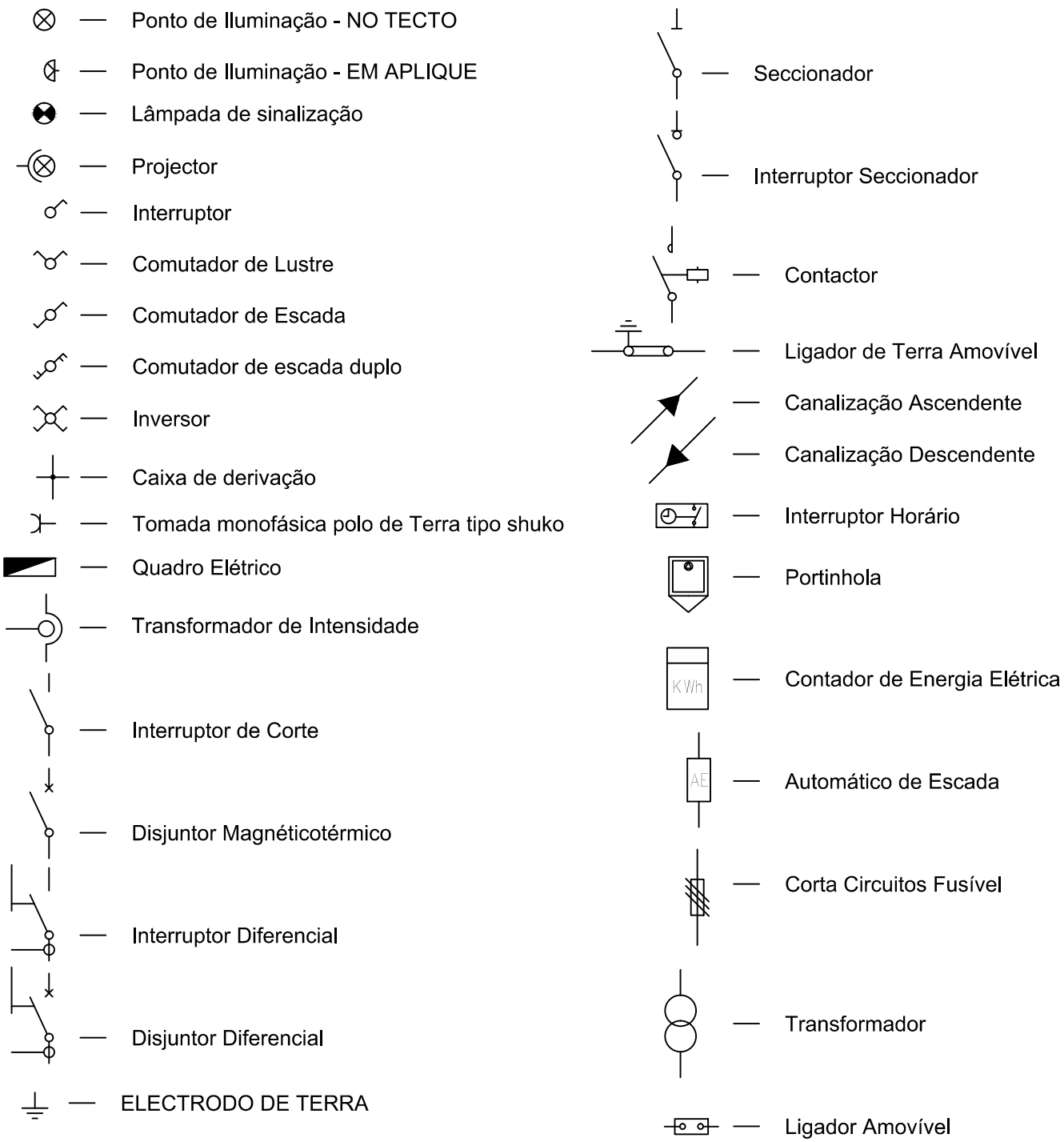
VALA TIPO NAS TRAVESSIAS DE RUAS
CABOS ENTUBADOS OU ENTERRADOS - MT





Dono de obra	Trifacelos, Lda.			
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos			
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com			
Titulo de desenho:	Pormenor das Valas Tipo para Travessias - MT			
Data Junho - 2017	Escala S/E	Revisão A	Numero de desenho	28

SIMBOLOGIA



Dono de obra	Trifacelos, Lda.
Nome obra | Local	Parque de Formação para Trabalhos em Tensão Rua Industrial Magrou nº 306 Manhente, Barcelos
Projeto: Infraestrutura Elétrica | Elaborado por:	Jorge Garrido - 960408838 - jorgesbgarrido@gmail.com
Titulo de desenho:	Simbologia

Data	Escala	Revisão	Numero de desenho
Junho - 2017	S/E	A	29