



Tecnologia 5G ? Impacto técnico da quinta geração tecnológica para rede móveis e de banda larga e desenvolvimento e comparação de um projeto elétrico

DIOGO HENRIQUE GONÇALVES MATOS

outubro de 2024

Tecnologia 5G – Estudo Técnico e Comparativo de Projetos Elétricos para Estações de Telecomunicações

Diogo Henrique Gonçalves Matos

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia**

Orientador: Sérgio Filipe Carvalho Ramos

Júri:

Presidente:

Professor Doutor Fernando Maurício Teixeira de Sousa Dias, professor adjunto, ISEP

Vogais:

Professor Doutor Sérgio Filipe Carvalho Ramos, professor adjunto, ISEP

Professor Jorge Manuel Ferreira Duarte, professor adjunto convidado, ESTG Lamego, IPV

Resumo

A rede de telecomunicações em Portugal tem uma vasta presença por todo o país, sendo implementada em diversas formas estruturais, tais como torres de telecomunicações (GBT) e implementações em coberturas dos edifícios (RTT). Face à implementação das redes 5G a nível nacional, os desafios associados são evidentes, com destaque para o elevado investimento necessário e complexidade de execução.

Esta dissertação, desenvolvida no âmbito da unidade curricular Dissertação/Estágio – TEDSEE, visa abordar a temática dos critérios de dimensionamento de uma Infraestrutura de Instalações Elétricas e Telecomunicações, no sentido preparatório da implementação da tecnologia 5G em Portugal.

A presente dissertação desenvolve uma análise comparativa dos processos de ligação à rede elétrica de duas infraestruturas de telecomunicações: uma estação GBT e uma RTT. A partir de um caso de estudo, o trabalho investiga as diferenças nos procedimentos técnicos, normativos e operacionais, evidenciando as particularidades e desafios de cada tipo de instalação. A pesquisa mostra que o processo de ligação de uma estação GBT é mais simples e rápido, enquanto as estações RTT enfrentam maior complexidade devido à necessidade de adaptações na infraestrutura elétrica existente, especialmente em edifícios habitacionais.

A dissertação conclui que uma abordagem técnica rigorosa, com atenção às especificidades de cada tipo de estação, é essencial para garantir a viabilidade, eficiência e segurança das ligações à rede elétrica, contribuindo para a melhoria do planeamento e da execução de projetos de telecomunicações.

De sublinhar que a dissertação foi realizada em parceria com a empresa Proef Eurico Ferreira Portugal e contou com a supervisão e orientação do professor do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Engenheiro Sérgio Filipe Carvalho Ramos.

Palavras-chave: Telecomunicações, 5G, Projeto Elétrico, Dimensionamento, Resistência de Terras

Abstract

The telecommunications network in Portugal has a wide presence across the country, implemented in various structural forms, such as telecommunications towers (GBT) and installations on building rooftops (RTT). With the nationwide rollout of 5G networks, the associated challenges are evident, particularly the significant investment required and the complexity of execution.

This dissertation, developed within the course unit Dissertation/Internship – TEDSEE, aims to address the criteria for designing an Electrical and Telecommunications Infrastructure, in preparation for the implementation of 5G technology in Portugal.

The present dissertation provides a comparative analysis of the connection processes to the electrical grid for two types of telecommunications infrastructures: a GBT station and an RTT station. Based on a case study, the work investigates the differences in technical, regulatory, and operational procedures, highlighting the specific characteristics and challenges of each type of installation. The research shows that the connection process for a GBT station is simpler and faster, while RTT stations face greater complexity due to the need for adjustments to the existing electrical infrastructure, especially in residential buildings.

The dissertation concludes that a rigorous technical approach, with attention to the specificities of each type of station, is essential to ensure the feasibility, efficiency, and safety of connections to the electrical grid, contributing to the improvement of telecommunications project planning and execution.

It is worth noting that the dissertation was conducted in partnership with the company Proef Eurico Ferreira Portugal and under the supervision of Professor Sérgio Filipe Carvalho Ramos from the Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP).

Keywords: Telecommunications, 5G Network, Sizing of the electrical network, earth resistance

Agradecimentos

A conclusão desta dissertação marca o ápice de uma das etapas mais marcantes da minha vida, representando uma inigualável partilha de experiências com professores e colegas ao longo do meu percurso no mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia.

Durante o processo de desenvolvimento desta dissertação, tive a gratificante oportunidade de contar com a colaboração de pessoas extraordinárias, que prontamente ofereceram-se sempre que necessário. Agradeço à PROEF, empresa que acreditou em mim desde o início e que contribuiu significativamente para a realização deste trabalho. Ao meu orientador, Sérgio Filipe Carvalho Ramos, por ter estado sempre disposto a auxiliar-me nesta etapa e agradeço sinceramente a conclusão deste mestrado, sendo que sem eles não seria possível, ao apoio incondicional da minha família, cujo amor e ânimo foram o meu alicerce.

Índice

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento Geral	2
1.2	A Empresa	3
1.3	Objetivos	4
1.4	Organização do relatório	4
2	Telecomunicações	7
2.1	Campo das Telecomunicações	8
2.1.1	O sistema de comunicação	8
2.1.2	A história das Telecomunicações	9
2.1.3	Rede Fixa e Rede Móvel	10
2.1.4	Tecnologias de Telecomunicações	13
2.2	Tecnologia 5G	20
2.2.1	A Evolução do 5G	20
2.2.2	Arquitetura da Rede 5G	23
2.2.3	Implementação do 5G e os seus desafios	24
2.2.4	A criação do 6G	25
2.3	Telecomunicações em Portugal	27
2.3.1	A história das telecomunicações em Portugal	27
2.3.2	A evolução das telecomunicações em Portugal e a sua importância	29
2.3.3	Principal Legislação do setor das comunicações em Portugal	32
3	Caso de Estudo	33
3.1	Viabilidade da Ligação à Rede da Estação de Telecomunicações	34
3.1.1	Definição da Localização da Estação de Telecomunicações	34
3.1.2	Licenciamento da Estação de Telecomunicações	40
3.2	Projeto das Instalações Elétricas de uma Estação de Telecomunicações	44
3.2.1	Levantamento das Condições Existentes	44
3.2.2	Projeto das Instalações Elétricas de uma Estação de Telecomunicações	57
3.2.3	Ligação à rede	75
4	Conclusões	81
4.1	Contributos	83
4.2	Trabalhos Futuros	84
	Referências	87
	Anexo A. Ficha de Identificação do projeto da Estação GBT	93
	Anexo B. Ficha Eletrotécnica da Estação GBT	95

Anexo C. Termo de Responsabilidade de Execução da Estação GBT	97
Anexo D. Termo de Responsabilidade do Projeto da Estação GBT	99
Anexo E. Planta de Localização da Estação GBT	101
Anexo F. Alimentação da Estação GBT	103
Anexo G. Vista Frontal do QGBT da Estação GBT	105
Anexo H. Esquema Unifilar do QGBT da Estação GBT	107
Anexo I. Ficha Eletrotécnica da Estação RTT	109
Anexo J. Planta de Localização da Estação RTT	111
Anexo K. Alimentação da Estação RTT	113
Anexo L. Vista Frontal do QGBT da Estação RTT	115
Anexo M. Esquema Unifilar do QGBT da Estação RTT	117

Lista de Figuras

Figura 1 - 5G e as suas mais valias (Silva, 2022).....	2
Figura 2 - Vertentes do Ramo das Telecomunicações na PROEF (Proef, n.d.).....	3
Figura 3 - Processo sintetizado das telecomunicações (Krainski, 2013).....	8
Figura 4 - FTTx e as suas variadas implementações (FTTx/FTTH Solution_DEEPBLUE, n.d.).....	11
Figura 5 - Estação de telecomunicações.....	12
Figura 6 - Evolução das tecnologias de telecomunicações (A Nova Tecnologia 5G, n.d.).....	13
Figura 7 - O início do fenómeno do telemóvel (1G InforamtionQ.Com, n.d.).....	14
Figura 8 - Os diferentes tamanhos do cartão SIM.....	15
Figura 9 - O primeiro telemóvel da Vodafone lançado em Portugal (Vodafone Lança Primeiro Telemóvel 3G Com Marca Própria MAISFUTEBOL, n.d.).....	16
Figura 10 - 5G e as possibilidades de implementação (What Is 5G? Everything You Need to Know 5G FAQ Qualcomm, n.d.).....	20
Figura 11 - Exemplificação de uma arquitetura de rede 5G (EMF - 5G Explained - How 5G Works, n.d.).....	23
Figura 12 - IMT-2030 - Os 6 cenários esperados para o 6G (<i>IMT towards 2030 and Beyond</i> , n.d.).....	26
Figura 13 - IMT-2030 - Os 15 recursos tecnológicos para o 6G (<i>IMT towards 2030 and Beyond</i> , n.d.).....	26
Figura 14 - Principais operadores em Portugal.....	27
Figura 15 - Torre de Telecomunicações.....	28
Figura 16 - Implementação em <i>Rooftop</i>	29
Figura 17 - Distribuição geográfica das estações de telecomunicações 5G (ANACOM, 2023)..	31
Figura 18 - Definição da estação de telecomunicações GBT - Aldeia Montesinho Bragança....	35
Figura 19 - Definição da estação de telecomunicações RTT - Hospital São João Norte Subs....	35
Figura 20 - Levantamento topográfico de uma estação de telecomunicações.....	36
Figura 21 - Ligação à rede de energia de uma estação de telecomunicações GBT.....	37
Figura 22 - Esquema do edifício para a implementação de uma estação de telecomunicações RTT.....	38
Figura 23 - Plano Diretor Municipal do Porto.....	40
Figura 24 - Logotipo do Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas.....	41
Figura 25 - Local de implementação da estação de telecomunicações GBT.....	45
Figura 26 - Acesso à estação de telecomunicações GBT.....	45
Figura 27 - Análise do terreno de implementação da estação de telecomunicações GBT.....	46
Figura 28 - Representação típica dos limites entre rede pública e instalação (<i>Manual de Ligações à Rede E-REDES</i> , n.d.)......	46
Figura 29 - Poste de Baixa tensão.....	47
Figura 30 - Distância entre a baixa tensão e a estação de telecomunicações GBT.....	48
Figura 31 - Posto de Transformação em relação à estação de telecomunicações GBT.....	48
Figura 32 - Alçado frontal de uma estação de telecomunicações RTT.....	49
Figura 33 - Armário de distribuição e a sua alimentação.....	50

Figura 34 - Posição do Quadro de Colunas no edifício	51
Figura 35 - Quadro de Colunas do edifício	52
Figura 36 - Alimentações do primeiro piso	52
Figura 37 - Alimentações do último piso.....	53
Figura 38 - Piso de acesso à cobertura	54
Figura 39 - Fotomontagem da realização da alimentação da estação de telecomunicações RTT	54
Figure 40 - Fotomontagem do local da implementação do QGBT da estação de telecomunicações RTT.....	55
Figura 41 - Exemplo de carta dos encargos iniciais.....	59
Figura 42 - Localização da Estação de Telecomunicações GBT	61
Figura 43 - Princípios gerais das ligações a partir da rede subterrânea (<i>Ligações à Rede de Instalações de Utilização Tipo Mobiliário Urbano - Soluções Técnicas E-REDES, n.d.</i>)	62
Figura 44 - Dados da Instalação da Estação RTT	69
Figura 45 - Pedido de Ligação à rede de uma estação GBT.....	75
Figura 46 - Croqui do Pedido de Ligação à rede de uma estação GBT.....	76
Figura 47 - Carta de Viabilidade do Projeto da estação RTT	77
Figura 48 - Pedido de Ligação à rede de uma estação RTT	78
Figura 49 - Croqui do Pedido de Ligação à rede de uma estação RTT	79

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Diferentes variações da tecnologia FTTx.....	11
Tabela 2 - Os diferentes padrões de WI-FI.....	17
Tabela 3 - A evolução da tecnologia 1G, 2G, 3G e 4G.....	19
Tabela 4 – Dados de Identificação do Projeto	58
Tabela 5 – Dados de Caraterização do imóvel	60
Tabela 6 – Dados da descrição do imóvel e classificação das instalações.....	60
Tabela 7 - Classificação quanto às influências externas	64
Tabela 8 - Cálculo do aparelho de proteção contra sobreintensidades	67
Tabela 9 - Cálculo da Queda de Tensão	68
Tabela 10 - Cálculo do dimensionamento do Quadro de Serviços Comuns	70
Tabela 11 - Queda de Tensão do QSC.....	71
Tabela 12 - Cálculo do dimensionamento da Coluna Montante	71
Tabela 13 - Queda de Tensão da Coluna Montante	72
Tabela 14 - Cálculo do dimensionamento da instalação da estação RTT	72
Tabela 15 - Cálculo da queda de tensão da instalação da estação RTT.....	73

Acrónimos, Símbolos e Siglas

Lista de Acrónimos

AD	Armário de Distribuição
AMPS	<i>Advanced Mobile Phone System</i>
CM	Coluna Montante
CPE	Código do Ponto de Entrega
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
FDD	<i>Frequency Division Duplexing</i>
FTTB	<i>Fiber to the Building</i>
FTTC	<i>Fiber to the Curb</i>
FTTF	<i>Fiber to the Distribution Point</i>
FTTH	<i>Fiber to the Home</i>
FTTN	<i>Fiber to the Node</i>
FTTX	<i>Fiber to the X</i>
GBT	Torre de Telecomunicações
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
GSM-R	<i>Global System for Mobile Communications – Railway</i>
I2	Corrente convencional de funcionamento
IB	Corrente de Serviço
Icc	Corrente de Curto Circuito
ICNF	Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas
IK	Índice de Proteção Mecânica
IN	Índice de Proteção
In	Corrente Nominal
IoT	<i>Internet of Things</i>

ITU	<i>International Telecommunication Union</i>
Iz	Corrente máxima admissível
LTE	<i>Long-Term Evolution</i>
M2M	<i>Machine-to-Machine</i>
NFV	<i>Network Functions Virtualization</i>
NIP	Número de Identificação do Prédio
OE	Ordem dos Engenheiros
ORD	Operador de Rede de Distribuição
PDM	Planos Diretores Municipais
PLR	Pedido de Ligação à Rede
PT	Portugal Telecom
QC	Quadro de Colunas
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
QSC	Quadro de Serviços Comuns
RMUE	Regulamento Municipal de Urbanização e Edificação
RTIEBT	Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão
RTT	Estação de Telecomunicações num edifício
SIM	<i>Subscriber Identity Module</i>
SMS	<i>Short Message Service</i>
SON	<i>Self-Organizing Network</i>
TDD	<i>Time Division Duplexing</i>
TVS	TV por subscrição
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>
V2X	<i>Vehicle-to-Everything</i>
WI-FI	<i>Wireless Fidelity</i>
WRC-23	<i>World Radiocommunication Conference 2023</i>

Lista de Símbolos

ϕ	Ângulo de esfasamento
λ	Reatância Linear dos Condutores
ρ	Resistividade Elétrica

Lista de Siglas

ANACOM	Autoridade Nacional de Comunicações
CENELEC	Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica
RESP	Rede Elétrica de Serviço Público

1 Introdução

Neste capítulo, é abordado de forma resumida o que são as telecomunicações 5G e a importância das mesmas para o ser humano, uma apresentação do contexto empresarial em que a dissertação foi desenvolvida e os objetivos almejados com a sua elaboração. Apresenta-se a estrutura deste documento e são descritos os capítulos que o constituem. Em suma, neste capítulo é apresentada uma visão geral do conteúdo, do contexto e dos propósitos desta dissertação.

1.1 Enquadramento Geral

Atualmente, a sociedade enfrenta uma enorme procura por comunicações sem fio, com o objetivo de obter conectividade de alta velocidade e baixa latência. Esses pontos são cruciais para a comunidade, promovendo o desenvolvimento económico inteligente e a digitalização do mundo. As tecnologias sem fio anteriormente existentes, como 3G e 4G, não conseguiam atender a essas necessidades, o que tornou necessária a criação de uma nova geração de comunicação. As principais exigências atuais incluem alta velocidade de transmissão de dados, baixa latência para comunicações em tempo real, maior capacidade de rede para suportar o crescente número de dispositivos conectados, como na *Internet of things* (IoT), e maior eficiência energética. Há também a necessidade de uma cobertura mais abrangente, tanto em áreas densamente povoadas quanto remotas. Estas exigências, impulsionadas pela adoção de tecnologias avançadas como veículos autónomos e aplicações industriais, dependem de uma infraestrutura de comunicação rápida e estável. A evolução para redes 5G surge, assim, como resposta a estas necessidades, representando um avanço significativo face às gerações anteriores.

O 5G é a quinta geração da tecnologia da comunicação móvel. Através da Figura 1 compreende-se algumas das mais valias que o 5G pretende trazer, tais como a segurança da rede aprimorada, menor latência, velocidades de conexão mais rápidas, a capacidade de criar "fatias" virtuais da rede para diferentes casos de uso, maior capacidade da rede permitindo também um maior volume de dados, utilização mais eficiente da frequência disponível, possibilitando melhorias na largura de banda e a capacidade de ter mais dispositivos conectados simultaneamente (Silva, 2022).



Figura 1 - 5G e as suas mais valias (Silva, 2022)

Esta tecnologia irá permitir impulsionar enormes avanços na comunicação sem fio, IoT e outras aplicações (Hennos, 2023). O 5G não é apenas uma atualização da velocidade da Internet móvel, é uma revolução tecnológica que moldará o futuro da conectividade, impulsionando inovações em diversas áreas da vida quotidiana e da indústria.

1.2 A Empresa

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito da minha atividade profissional, na empresa PROEF. Esta empresa foi fundada no ano de 1984. Com uma vasta experiência no mercado das telecomunicações e energias em Portugal, o grupo PROEF é constituído por mais de 25 empresas, que apresentam produtos e serviços integrados que cobrem toda a cadeia de valor nos setores de *Telecom*, *Power*, *Cities & Territories* e *Corporate* (Porto Business School, 2019). Na seguinte Figura 2 denota-se as vertentes em que a empresa se insere no ramo das telecomunicações sendo estas a rede móvel ou a rede fixa (Proef, n.d.).



Figura 2 - Vertentes do Ramo das Telecomunicações na PROEF (Proef, n.d.)

1.3 Objetivos

Esta dissertação baseia-se na apresentação e estudo de projetos elétricos desenvolvidos para alargar a rede de comunicações em Portugal. Assim sendo, os objetivos essenciais que se pretende atingir neste trabalho são os seguintes:

- Análise das telecomunicações e das suas diferentes tecnologias, designadamente: 1G, AMPS, GSM, GSM-R, UMTS, WIFI, LTE, GSM-R e 5G;
- Estudo da história das telecomunicações em Portugal;
- Identificação da principal legislação do setor em estudo;
- Caso de Estudo:
 - Estudo e dimensionamento comparativo das infraestruturas elétricas necessárias para a ligação à rede de uma estação GBT e uma RTT, com base na metodologia adotada e nos requisitos técnicos, normativos e operacionais;
 - Análise das adaptações necessárias em edifícios habitacionais para a instalação de estações RTT, focando os desafios relacionados com prazos, custos e intervenções em infraestruturas elétricas existentes;
 - Implementação de uma metodologia de cálculo e de software de apoio ao dimensionamento de instalações elétricas, considerando as particularidades das estações GBT e RTT.

1.4 Organização do relatório

O início da dissertação compreende o capítulo introdutório, onde ocorre uma contextualização do tema 5G. De seguida, é apresentada uma breve exposição sobre a empresa onde foi desenvolvida a dissertação, os objetivos a almejar com o trabalho e uma visão geral da estrutura de apresentação do documento.

O segundo capítulo corresponde ao estado de arte. É analisado o que são as telecomunicações, a sua história e o estudo das diferentes tecnologias de telecomunicações, designadamente: 1G, AMPS, GSM, GSM-R, UMTS, WIFI, LTE e 5G. De seguida, são analisadas as telecomunicações em Portugal. Neste é apresentada a evolução das comunicações neste país e a importância da mesma para o seu desenvolvimento.

No terceiro capítulo é desenvolvido o caso de estudo, sendo este dividido em dois subcapítulos principais, tais como o projeto elétrico necessário para a construção de uma torre de telecomunicações (GBT) e também para a implementação numa cobertura dum edifício (RTT).

No quarto e último capítulo, são destacadas as conclusões principais deste trabalho, discutindo as limitações identificadas. Além disso, são apresentadas sugestões para trabalhos futuros, abrindo caminho para possíveis explorações e desenvolvimentos adicionais.

Introdução

2 Telecomunicações

O capítulo dois é a apresentação da revisão dos conceitos de base essenciais das telecomunicações. É iniciado, na secção 2.1, com uma análise do que são as telecomunicações e a sua história. Depois é realizada uma apresentação sucinta dos conceitos principais das telecomunicações, abordando uma análise da rede fixa e móvel, demonstrando também as diferentes tecnologias de telecomunicações. Na secção 2.2 é apresentada a tecnologia 5G, incluindo a sua normalização, as possibilidades de implementação, os requisitos necessários e os principais facilitadores, sendo este o motivo para o desenvolvimento da dissertação. Por fim, na secção 2.3 é representada a evolução histórica das telecomunicações em Portugal e a análise da importância da mesma para o país.

2.1 Campo das Telecomunicações

As telecomunicações dedicam-se ao estudo dos processos de comunicação à distância. A transmissão de informação pode ser realizada através de um meio físico, como as redes fixas, ou por meio de um suporte imaterial, como as redes móveis. Esta tecnologia possibilita a superação das barreiras geográficas, eliminando a distância entre continentes, países e, sobretudo, entre as pessoas. (Huurdeman, 2003).

2.1.1 O sistema de comunicação

Na comunicação, a transmissão envolve o processo de enviar informações de um ponto a outro. Isso ocorre através de um canal, que é o meio pelo qual os sinais ou dados são transmitidos. O canal pode ser físico, ou sem fio, utilizando o espectro eletromagnético para transmitir sinais. Por fim, temos o receptor, que por sua vez, desempenha um papel crucial ao receber e interpretar os sinais transmitidos (Proakis & Salehi, 2005). Este processo está esquematizado na Figura 3.

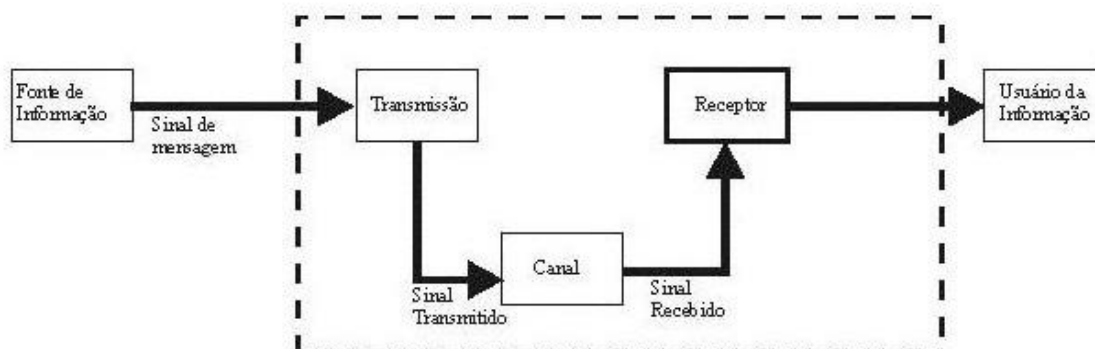


Figura 3 - Processo sintetizado das telecomunicações (Krainski, 2013)

Nas telecomunicações este cenário torna-se mais complexo, incorporando uma variedade de tecnologias e meios de comunicação, que desempenham um papel vital no envio de informações.

2.1.1.1 Transmissão

A transmissão refere-se ao processo pelo qual a informação, geralmente na forma de sinais elétricos ou óticos, é enviada de um ponto a outro através de um meio de transmissão. Antes da transmissão, a informação original é frequentemente em forma de sinal de *baseband* (voz,

dados). Este sinal é modulado para ser compatível com o meio de transmissão e também para serem transmitidos de maneira eficiente e adequada ao meio (Haykin, 2006).

2.1.1.2 Canal

O canal é o meio físico ou lógico que possibilita a transmissão da informação entre o emissor e o recetor, sendo este fundamental para manter a qualidade da transmissão (Haykin, 2006). Um canal pode ser um cabo de fibra ótica para transmissão de dados de alta velocidade, um canal de rádio para comunicação sem fio ou até mesmo um cabo de cobre numa rede telefónica.

2.1.1.3 Recetor

O recetor é o dispositivo que recebe os sinais transmitidos e os converte à forma original, descodificando a informação para que seja compreensível (Haykin, 2006). Um exemplo de um recetor que faz parte do nosso dia a dia é o *smartphone*.

Estes três elementos formam a base do processo de comunicação nas telecomunicações, sendo essenciais para a transferência eficiente e confiável de informações em diversas modalidades, como voz, dados, imagens e vídeo (Proakis & Salehi, 2002).

2.1.2 A história das Telecomunicações

Nos últimos dois séculos, tivemos a oportunidade de testemunhar uma transformação notável no campo das telecomunicações. Antes do século XIX, a única forma de transmitir uma mensagem de longa distância era através do envio de um pombo correio ou um mensageiro, percebendo-se então a demora significativa até à entrega da informação pretendida.

No século XIX, tivemos a primeira abordagem ao futuro das telecomunicações, com a integração do telégrafo elétrico. Este foi um marco significativo na evolução das telecomunicações. Inventado por Samuel Morse, juntamente com o código Morse, o telégrafo permitiu a transmissão rápida de mensagens à distância. Em 1837, Morse desenvolveu um sistema funcional e em 1844 foi possível o envio da primeira mensagem telegráfica, demonstrando o enorme potencial dessa tecnologia. O telégrafo utilizava um código de pontos e traços, conhecido como código Morse, para representar letras e números. Durante décadas, o telégrafo desempenhou um papel crucial na comunicação global, conectando continentes e acelerando a troca de informações. Com o aparecimento de tecnologias mais avançadas, o uso

do telégrafo foi gradualmente diminuindo, mas a sua contribuição para o desenvolvimento das telecomunicações é inegável (Oxlade, n.d.)

Em seguimento ao telégrafo e o seu enorme passo nas telecomunicações, surge a criação do telefone. O telefone foi inventado por Alexander Graham Bell e patenteado em 1876, desencadeando uma revolução nas comunicações. O dispositivo original consistia num transmissor de carbono, um recetor e uma bateria. O avanço tecnológico continuou ao longo do século XX, com melhorias nos sistemas de transmissão, introdução de telemóveis e, finalmente, o desenvolvimento dos *smartphones* na era digital (Shulman, n.d.).

Passando de uma comunicação através da voz, para uma era no século XXI, onde o volume de informações transmitidas, provenientes de dados e imagens, supera significativamente aquelas originadas na voz. Neste cenário, a pluralidade de sistemas que podem ser conectados numa rede continua a crescer exponencialmente, tornando as telecomunicações um dos temas mais protuberantes da modernidade (Black, 2001). Assim sendo, compreende-se que este ecossistema dinâmico se encontra em constante evolução desempenhando um papel central na configuração de como nos comunicamos e interagimos na era digital.

2.1.3 Rede Fixa e Rede Móvel

Como demonstrado inicialmente, a transmissão de informação pode ocorrer por um meio físico, exemplificado pela rede fixa, ou por um meio impalpável, representado pela rede móvel. Esta abordagem permite uma comunicação eficaz, destacando a versatilidade desses meios, que vão desde a estabilidade das redes fixas, até a mobilidade proporcionada pelas redes móveis. Essa dualidade de abordagens não apenas reflete a evolução tecnológica, mas também atende às diversas necessidades de comunicação na sociedade contemporânea.

2.1.3.1 Rede Fixa

A rede fixa refere-se a uma infraestrutura de comunicação com fios, como linhas telefónicas, cabos de fibra ótica e conexões de banda larga. Esta é essencial para garantir uma conectividade estável, especialmente em locais onde a infraestrutura sem fio pode ser limitada, ou onde é necessária uma largura de banda consistente (Goleniewski & Jarrett, 2006). Sendo assim, compreende-se que esta rede é fundamental para a transmissão de dados em residências, escritórios e outras instalações fixas. A rede fixa tem a possibilidade de usar uma multiplicidade de tecnologias, incluindo aquelas baseadas em fibra ótica, cabos coaxiais, ou outros meios fixos

de comunicação. A fibra ótica, em particular, tem se destacado pela sua capacidade de transmitir grandes volumes de dados a velocidades muito altas, proporcionando uma conexão mais estável e rápida em comparação com as outras tecnologias de cabo (Kumar & Deen, n.d.). Esta tecnologia de transmissão utiliza cabos feitos de filamentos de vidro ou plástico, chamados fibras, para enviar pulsos de luz que representam os dados. Os trabalhos que englobam o uso de fibra ótica são intitulados como *Fiber to the X* (FTTx). FTTx é uma abreviação que representa a multiplicidade de tecnologias de acesso ótico, onde "F" significa *fiber*, ou seja, a fibra ótica e "Tx" pode-se referir a diferentes localizações específicas (Keiser, 2006). Sendo assim, na Tabela 1 são apresentadas as diferentes variações que esta tecnologia poderá assumir.

Tabela 1 - Diferentes variações da tecnologia FTTx

<i>Fiber to the Home</i> (FTTH)	A fibra ótica é estendida diretamente até à habitação, proporcionando uma conectividade de alta velocidade diretamente ao utilizador final.
<i>Fiber to the Building</i> (FTTB)	A fibra ótica é estendida até um ponto próximo ao edifício, como um armário de telecomunicações.
<i>Fiber to the Curb</i> (FTTC)	A fibra ótica é estendida até um ponto próximo à habitação, geralmente até um curb, ou seja, um gabinete na rua.
<i>Fiber to the Node</i> (FTTN)	A fibra ótica é estendida até um ponto próximo ao node, ou seja, um nó, geralmente um gabinete localizado também na rua.
<i>Fiber to the Desktop</i> (FTTD)	A fibra ótica é estendida em resposta à demanda doméstica.

Cada um destes tipos apresentados são projetados para acolher as diferentes necessidades e condições de implementação duma rede de acesso de fibra ótica. Esta situação é possível de entender através da Figura 4, em que se compreende as diferentes variações da tecnologia, tendo em conta a necessidade de cada situação.

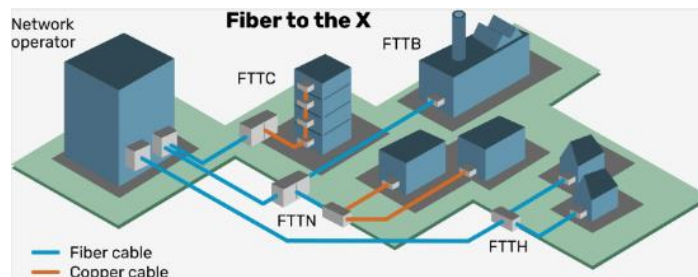


Figura 4 - FTTx e as suas variadas implementações (FTTx/FTTH Solution_DEEPBLUE, n.d.)

2.1.3.2 Rede Móvel

A rede móvel refere-se a uma infraestrutura de telecomunicações que permite a comunicação sem fio entre dispositivos móveis. Esta rede é essencial para fornecer serviços de voz, mensagens e dados em movimento, admitindo a comunicação sem a restrição de fios físicos. Assim sendo, é perceptível que permite a comunicação sem a necessidade de uma conexão física fixa, possibilitando que os utilizadores estejam em constante movimento enquanto mantêm a conectividade (Jagoda & Villepin, n.d.).

De modo que isto seja possível, é necessária a construção de torres de transmissão que cobrem áreas geográficas específicas, de modo a permitir a comunicação sem fio em todos os locais abrangidos. A rede móvel necessita de uma complexa infraestrutura de estações base, antenas, transmissores e recetores, além de uma rede central de controlo. A implementação e construção das estações de telecomunicações requer uma análise ponderada e um planeamento cuidadoso, de modo que seja garantido o desempenho desejado e uma boa experiência ao utilizador. Na Figura 5 é apresentada uma estação de telecomunicações, construída pela PROEF, depois de uma análise cautelosa, com vista a encontrar o melhor local para a implementação da mesma, otimizando a rede no concelho de Valpaços, onde a mesma foi instalada.



Figura 5 - Estação de telecomunicações

Com a evolução das tecnologias 3G e 4G, foi permitida o surgimento de uma nova geração da tecnologia, sendo esta a 5G. Assim sendo, esta tem impulsionado a evolução das redes móveis, oferecendo maior largura de banda, velocidades de transmissão mais rápidas e capacidade para suportar uma variedade crescente de serviços. Em suma, a rede móvel é uma infraestrutura tecnologicamente avançada que possibilita a comunicação sem fio em movimento, tornando-se uma parte integral da vida quotidiana, conectando pessoas e dispositivos numa escala global.

Ambas as redes desempenham papéis cruciais na conectividade do ser humano no seu dia a dia. Enquanto as redes móveis proporcionam mobilidade e acesso em movimento, as redes fixas oferecem estabilidade e largura de banda mais consistente em ambientes fixos. A convergência entre estas duas infraestruturas é evidente com o aumento da conectividade através de dispositivos móveis que frequentemente utilizam redes móveis, mas também se conectam a redes fixas quando disponíveis, garantindo uma experiência otimizada.

A evolução contínua destas duas redes, impulsionada pelos avanços tecnológicos, continua a moldar o panorama das telecomunicações, proporcionando uma conectividade mais rápida, confiável e abrangente em todo o mundo.

2.1.4 Tecnologias de Telecomunicações

Os processos elétricos e eletrónicos desempenham um papel central nas telecomunicações, permitindo a codificação, modulação e transmissão eficiente dos sinais. A evolução constante desses processos reflete-se na transição de sistemas tradicionais para tecnologias mais avançadas, como fibras óticas, micro-ondas e satélites, proporcionando maior largura de banda e velocidades de transmissão (Sklar, 2001). Visto isto, é compreensível a existência de uma enorme variedade de diferentes tecnologias de telecomunicações, denotando também a evolução das mesmas. Assim sendo, na Figura 6 é apresentada a evolução das telecomunicações através da compreensão das seguintes tecnologias apresentadas.

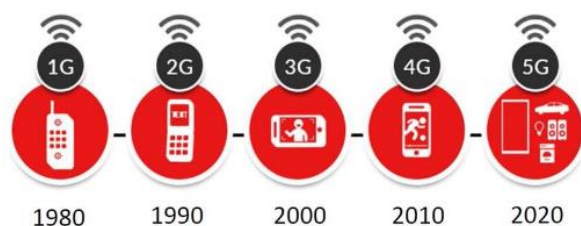


Figura 6 - Evolução das tecnologias de telecomunicações (A Nova Tecnologia 5G, n.d.)

2.1.4.1 Tecnologia 1G

A tecnologia 1G, ou primeira geração de telecomunicações móveis, refere-se aos sistemas analógicos de comunicação móvel introduzidos nas décadas de setenta e oitenta usados para transmitir voz entre dispositivos móveis, sem a codificação digital. Um destes sistemas foi o *Advanced Mobile Phone System (AMPS)*, em que este utilizava modulação de frequência (FM), para a transmissão de voz. Esta tecnologia foi o marco do início das comunicações móveis, permitindo que os utilizadores realizassem chamadas enquanto se moviam, mas com limitações de qualidade e capacidade (Lee, 2006). Através da Figura 7, compreende-se como os telemóveis eram inicialmente. Embora a tecnologia 1G tenha sido um marco importante, esta apresentava fragilidades, tais como um número limitado de chamadas realizadas simultaneamente por célula. Sendo assim, foi substituída por tecnologias digitais mais avançadas, como o *Global System for Mobile Communications (GSM)*, à medida que as telecomunicações móveis evoluíram para oferecer maior eficiência, qualidade e funcionalidades.



Figura 7 - O início do fenómeno do telemóvel (1G | InforamtionQ.Com, n.d.)

2.1.4.2 GSM

Global System for Mobile Communications (GSM), também conhecida como 2G, é uma tecnologia de telecomunicações que utiliza padrões digitais para a transmissão de voz e dados nas redes móveis. Introduzido nos anos noventa, esta foi uma revolução nas telecomunicações móveis trazendo melhorias substanciais na qualidade das chamadas e maior capacidade da rede em comparação com a tecnologia apresentada anteriormente. Utilizando uma estrutura de frequência dividida, permitiu a comunicação simultânea de várias chamadas e introduziu também serviços como *Short Message Service (SMS)*. O GSM também foi revolucionário na criação dos cartões *Subscriber Identity Module (SIM)*, permitindo que os consumidores trocassem facilmente de equipamentos, com a possibilidade de manter as suas informações (Lee, 2006). O GSM ainda é relevante em algumas regiões e para determinados usos, mas as suas capacidades foram amplamente superadas pelas tecnologias sucessoras. Na Figura 8 são

apresentados os três tamanhos diferentes que o cartão SIM poderá apresentar tendo em conta o respetivo dispositivo, sendo estes o cartão SIM, o micro SIM e o Nano SIM.



Figura 8 - Os diferentes tamanhos do cartão SIM

2.1.4.3 GSM-R

Global System for Mobile Communications - Railways (GSM-R), é uma tecnologia específica para comunicações ferroviárias. Desenvolvida com base na tecnologia GSM, o GSM-R é otimizado para atender às necessidades de comunicação crítica nas operações ferroviárias. É compreensível que esta tecnologia foi desenvolvida de modo a fornecer as comunicações mais seguras possíveis, mesmo em condições exigentes, tais como túneis e áreas remotas. Compreende-se também a sua importância no desenvolvimento e valorização do transporte público.

2.1.4.4 UMTS

Universal Mobile Telecommunications System (UMTS), é uma tecnologia de telecomunicações móveis, também conhecida como 3G, que marcou uma evolução significativa em relação ao 2G, introduzindo velocidades de transmissão de dados mais rápidas e suportando uma variedade mais ampla de serviços de dados (Lee, 2006). O UMTS permitiu a transmissão de dados a alta velocidade, possibilitando serviços como videochamadas, navegação na internet em dispositivos móveis e *streaming* de vídeo (El-Sayed & Jaffe, 2002). Esta foi um marco importante na transição para tecnologias móveis mais avançadas, como as que serão apresentadas de seguida. Esta tecnologia de terceira geração permitiu um enorme salto na quantidade de utilizadores possibilitados de se conectarem simultaneamente. Na Figura 9, é apresentado o primeiro telemóvel da marca Vodafone lançado em Portugal. Este, lançado em novembro de 2006, foi um dos primeiros equipamentos a ser implementados em Portugal com a

possibilidade de efetuar videochamadas. O telemóvel incorporava, ainda, um leitor de música MP3, uma câmara de 1.3 megapixéis e Bluetooth (*Primeiro Telemóvel 3G de Marca Vodafone, n.d.*).



Figura 9 - O primeiro telemóvel da Vodafone lançado em Portugal (Vodafone Lança Primeiro Telemóvel 3G Com Marca Própria | MAISFUTEBOL, n.d.)

2.1.4.5 WIFI

Wireless Fidelity (WI-FI), é uma tecnologia de comunicação sem fio que permite a transferência de dados entre dispositivos usando ondas de rádio. Assim sendo, possibilita a ligação entre dispositivos a redes locais sem a necessidade de cabos. Além do acesso à internet, o WI-FI é usado em diversas aplicações, incluindo transmissão de áudio e vídeo, impressão sem fio e comunicação entre dispositivos IoT. Esta tecnologia desempenha um papel fundamental na conectividade moderna, proporcionando mobilidade e flexibilidade na comunicação sem fio em ambientes diversos. Existem diferentes padrões de WI-FI:

- **802.11b** – Este padrão foi lançado no início do milénio de 2000. Este foi um dos primeiros padrões WI-FI adotados por todo o mundo. As larguras de canal onde é utilizado é na faixa dos 2,4 GHz. Permite velocidades até 11 MbPs (Perahia & Stacey, 2013);
- **802.11a** – Este padrão foi lançado simultaneamente com o apresentado anteriormente, sendo também dos primeiros padrões a existir. Operava na frequência dos 5 GHz e oferecia velocidades mais elevadas até 54 MbPs (Perahia & Stacey, 2013);
- **802.11g** – Este padrão foi lançado em 2003. Tinha uma junção dos dois padrões apresentados anteriormente, demonstrando a sua evolução. Visto que operava na mesma faixa de frequência do padrão 802.11b, possibilitou uma suave transição para

os dispositivos, permitindo atingir velocidades máximas até 54 Mbps (Perahia & Stacey, 2013);

- **802.11n** – Este padrão foi lançado no ano de 2009. Introduziu a característica *Multiple Input Multiple Output* (MIMO), sendo que esta utiliza múltiplas antenas para transmissão e recepção, melhorando a eficiência e a velocidade. Oferece opções de largura de canal entre os 20MHz e os 40MHz. Possibilita velocidades até 600 Mbps (Perahia & Stacey, 2013);
- **802.11ac** - Este padrão foi lançado no ano de 2013. Aprimora as tecnologias MIMO e introduz a tecnologia *beamforming*. Esta técnica é projetada para otimizar a direção e a intensidade do sinal de rádio, concentrando-o na direção específica do destino. Oferece opções de largura de canal entre os 80MHz e os 160MHz e permite velocidades até Gbps (Perahia & Stacey, 2013);
- **802.11ax** - Este padrão foi lançado no ano de 2019. Desenvolveu uma nova tecnologia, sendo esta a *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA). Esta técnica permite a alocação de recursos de modo a suportar a transmissão simultaneamente de múltiplos dispositivos. Também apresenta a tecnologia MIMO ainda mais aprimorado em relação aos padrões anteriormente apresentados. Reduz interferências em ambientes densos e também se encontra definido para melhorar a eficiência em ambientes com alta densidade de dispositivos, como estádios e áreas urbanas (Khorov et al., 2019).

Na Tabela 2, é apresentado de forma mais sucinta as diferenças entre os seis padrões relativamente às velocidades atingidas e às frequências em que operam:

Tabela 2 - Os diferentes padrões de WI-FI

	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n	802.11ac	802.11ax
Velocidade	Até 11 Mbps	Até 54 Mbps	Até 54 Mbps	Até 600 Mbps	Vários Gbps	Vários Gbps
Frequência	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz ou 5 GHz	Principalmente 5 GHz	2.4 GHz e 5 GHz

Estes padrões representam avanços significativos na evolução do Wi-Fi, proporcionando melhorias em termos de velocidade, eficiência e capacidade para atender às crescentes

necessidades criadas pelo ser humano. É perceptível então que quando estivermos a realizar a escolha de um *router*, é importante considerar qual o padrão que é suportado pelo mesmo, de modo a identificar qual será o que irá apresentar o melhor desempenho.

2.1.4.6 LTE

Long-Term Evolution (LTE) é uma tecnologia de telecomunicações móveis que representa uma evolução significativa em relação às gerações anteriores, como o 3G. Esta é uma tecnologia sem fio de banda larga utilizada para as redes móveis de quarta geração (4G). De modo a tornar ainda mais facilitada a transição para os utilizadores, esta está projetada para ser compatível com redes GSM e UMTS. Oferece taxas de transferência de dados elevadas, proporcionando uma experiência mais rápida de navegação na internet, *downloads* e *streaming* (Dahlman et al., n.d.-b). Apresenta uma latência significativamente menor em comparação com as tecnologias anteriores, o que melhora a resposta em tempo real, sendo isto algo crucial para suportar aplicativos sensíveis à latência, como chamadas de voz em alta-definição e jogos *online*. Utiliza uma largura de banda de espectro flexível, permitindo uma melhor utilização dos recursos e um maior número de dispositivos conectados simultaneamente (Cox, 2014).

A tecnologia LTE pode ser dividida em dois modos diferentes de *duplexing*, ou seja, permitir transmitir e receber dados simultaneamente. Estes modos são o *Frequency Division Duplexing* (FDD) e *Time Division Duplexing* (TDD). O FDD tem duas bandas de frequência distintas, tanto para as transmissões de *uplink* e *downlink*, enquanto o TDD usa uma única banda dividida em intervalos de tempo. No que diz respeito à eficiência espectral, ambos são muito similares, mas o desempenho no modo TDD é levemente inferior, uma vez que apenas usa um canal de transmissão simultâneo (Brown & Khan, 2012). Ambos os modos, FDD e TDD, são componentes importantes nas implementações LTE e são adaptados conforme necessário para atender às condições específicas das redes e dos serviços.

O LTE é uma tecnologia-chave que pavimentou o caminho para a transição para o 5G, oferecendo melhorias substanciais na velocidade e desempenho, em comparação com as tecnologias anteriores. Esta encontra-se adotada por todo o mundo, fornecendo conectividade de alta velocidade para *smartphones*, *tablets*, *modems* e outros dispositivos móveis, continuando ainda a ser uma tecnologia imprescindível, mesmo com o surgimento do 5G, devido à sua extensa implantação e cobertura global. Através da Figura 10, é compreensível a enorme evolução nas telecomunicações com a implementação do 4G.

Depois de analisada cada uma das tecnologias, é importante então fazer uma comparação entre as mesmas. Assim sendo, na Tabela 3, realço os pontos mais importantes de cada uma das tecnologias abordadas, expressando também as diferenças entre as mesmas.

Tabela 3 - A evolução da tecnologia 1G, 2G, 3G e 4G

	1G	2G	3G	4G
Data de Lançamento	Final da década de 70 e início da década de 80	Início da década de 1990	Início dos anos 2000	Meados da década de 2000
Tecnologia	AMPS	GSM	UMTS	LTE
Velocidades	2 Kpbs	9-100 Kpbs	2-20 Mpbs	10-200 Mpbs
Frequências	30 KHz	200 KHz	5 MHz	1.4 MHz até 20 MHz
Caraterísticas	Chamadas telefônicas	Além de chamadas, suportava mensagens de texto (SMS) e serviços básicos de dados	Videochamadas, navegação na internet e <i>streaming</i> de vídeo	Chamada de voz em alta-definição, jogos <i>online</i> e maior largura de banda

2.2 Tecnologia 5G

A tecnologia 5G, ou quinta geração das telecomunicações móveis, representa uma evolução significativa em relação ao 4G (LTE), com vista a fornecer conectividade sem fio mais rápida, eficiente e versátil. Esta tecnologia tem como objetivo transformar a forma como nos conectamos, oferecendo velocidades de transmissão de dados muito mais rápidas, menor latência e maior capacidade para suportar um número crescente de dispositivos conectados simultaneamente. Na Figura 10 é realçado as inúmeras vertentes em que o 5G pode ser implementado, podendo então ser um excelente apoio na melhoria de diversos processos, tais como a inteligência artificial, a comunicação entre veículos e a implementação de veículos autónomos.



Figura 10 - 5G e as possibilidades de implementação (What Is 5G? | Everything You Need to Know | 5G FAQ | Qualcomm, n.d.)

2.2.1 A Evolução do 5G

Uma forma de entender a evolução desta nova tecnologia de telecomunicações é através da comparação do 5G com o 4G. Assim sendo, de seguida é compreendido os pontos que apresentam a maior evolução comparativamente com a tecnologia anteriormente abordada.

2.2.1.1 Velocidade dos dados

O 5G está projetado para oferecer velocidades de dados muito mais altas do que o 4G, com taxas de pico superiores a Gbps. Isto é alcançável, pois o 5G utiliza faixas de frequência mais elevadas e também frequências mais altas. Estas faixas mais amplas permitem maior largura de banda, possibilitando uma transmissão maior de dados simultaneamente, enquanto o facto de serem mais altas traz velocidades mais rápidas de transmissão de dados. No entanto, estas frequências têm menor alcance e são mais suscetíveis a obstáculos, o que requer uma

infraestrutura de antenas mais numerosa (Al-Falahy & Alani, 2017). De modo a combater esta situação, uma tecnologia já abordada anteriormente, tem um papel fulcral. A tecnologia MIMO é utilizada para melhorar a eficiência espectral e aumentar a capacidade de transmissão de dados. O transmissor e o recetor estão equipados com múltiplas antenas, permitindo que os dados sejam transmitidos e recebidos simultaneamente, aumentando os dados partilhados e melhorando a fiabilidade da comunicação (Lu et al., 2014). Aliada a esta tecnologia, existe também a técnica *Beamforming*, que direciona um sinal sem fio em apenas um dispositivo, em vez de espalhar em todas as direções, possibilitando uma conexão mais veloz e estável (Xu et al., 2018). Assim sendo, compreende-se que quando utilizadas em simultâneo, é possível obter uma melhoria nas taxas de transmissão de dados e um aumento na qualidade do sinal transmitido.

2.2.1.2 Latência Reduzida

Uma das características fundamentais do 5G é a significativa redução na latência, permitindo respostas quase momentâneas. Isto é crucial para aplicações como jogos *online*, realidade virtual, cirurgias remotas e automação industrial. Para isto ser possível, o 5G introduz uma arquitetura de rede mais distribuída e dinâmica, permitindo então diminuir a latência na rede. *Network Functions Virtualization* (NFV) é uma abordagem que pretende substituir funções de rede tradicionais, normalmente realizadas por *hardware* dedicado, por *software* virtualizado. Ao realizar este processo, é oferecido ao utilizador um processo mais dinâmico, podendo então aumentar a flexibilidade e agilidade da rede. O *Software-Defined Networking* (SDN) é uma arquitetura de rede emergente que possibilita a separação entre o sistema de controlo e o plano de dados. SDN proporciona uma gestão mais dinâmica da rede, criando uma configuração mais ágil e eficiente (Yousaf et al., 2017). Outro tipo de arquitetura é o *edge computing*, onde o processamento de dados ocorre mais próximo da sua origem, permitindo serviços mais rápidos e confiáveis, diminuindo também a latência (Varghese et al., 2016). O 5G também permite a criação de "fatias" virtuais da rede para diferentes tipos de serviços, garantindo que recursos específicos sejam alocados para determinados tipos de tráfego, contribuindo para uma resposta mais rápida (Zhang, 2019). Também é possível reduzir a latência da rede, com a combinação de técnicas como *Beamforming* e MIMO, como apresentado anteriormente. Estes avanços contribuem para uma significativa redução na latência no 5G, tornando-o adequado para a capacidade de suportar um maior número de dispositivos.

2.2.1.3 Capacidade e Densidade de Dispositivos

Em continuação ao tópico anteriormente analisado, outra das características marcantes do 5G é sua capacidade de suportar um grande número de dispositivos conectados simultaneamente. Isto é vital, visto que cada vez mais vivemos num mundo que se encontra conectado durante todas as horas do dia, onde dispositivos IoT, carros autónomos e várias outras tecnologias dependem de uma rede robusta. Uma técnica já referida anteriormente, e que tem um papel importante na permissão da rede 5G hospedar um maior número de utilizadores simultaneamente, é a OFDMA. OFDMA é uma evolução do *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM), onde todo o espectro de transportadoras é dividido em várias subtransportadoras, possibilitando assim um aumento significativo da capacidade e eficiência da rede. Tanto OFDM como OFDMA repartem os dados transmitidos em vários pequenos elementos, para mover os pequenos fragmentos de informação de uma forma mais simples e eficaz. Além disso, o OFDMA subdivide um canal em pequenas atribuições de frequências chamadas subcarriers (Ciochina & Sari, 2010). Ao subdividir o canal, os pequenos fragmentos podem ser transmitidos paralelamente a vários dispositivos simultaneamente, denotando então a permissão de entrega de informação a um maior número de dispositivos no mesmo momento.

2.2.1.4 Aplicações Diversificadas

O 5G é concebido para habilitar uma variedade de inovações em diversas indústrias. Desde a medicina, com cirurgias remotas, até a indústria automotiva, com a comunicação entre carros autónomos (Dahlman et al., n.d.-a). Assim sendo, de seguida irei apresentar algumas das inúmeras possibilidades de aplicações que surgirão com o desenvolvimento da rede 5G. *Machine-to-Machine* (M2M) é a demonstração da conectividade entre dispositivos e máquinas, possibilitada pela rede 5G. Isto é crucial para o funcionamento do IoT, onde é necessário que os dispositivos necessitam de trocar dados sem a intervenção do Homem (Verma et al., 2016). *Vehicle-to-Everything* (V2X) é referente à comunicação entre veículos e qualquer outra entidade, como transportes públicos e pedestres. Devido a redução na latência através da rede 5G, é permitido o funcionamento de aplicações, tais como a V2X, onde os veículos necessitam de uma comunicação rápida e sem falhas na rede (Chen et al., 2017). Outra aplicação são os sistemas de telecontagem, permitindo a monitorização e recolha de dados de forma remota. Isso é valioso em setores como os serviços públicos, onde a leitura de contadores pode ser automatizada e realizada de maneira eficiente, sem a necessidade de ir ao local analisar o pretendido. Um exemplo bem presente ao nosso redor, é a EDP e os contadores digitais

implementados, de forma a evitar que o empregador necessite de ir a uma habitação retirar a contagem do contador (EDP, n.d.).

A rede 5G representa uma mudança significativa nas comunicações móveis, criando a base para inovações tecnológicas e transformações em várias indústrias. À medida que a rede 5G continua a ser implementada globalmente, espera-se que novas aplicações e serviços impulsionem a era da conectividade avançada.

2.2.2 Arquitetura da Rede 5G

A arquitetura da rede 5G é projetada para oferecer maior flexibilidade, eficiência, segurança e suporte a uma variedade de serviços e aplicativos. Assim sendo, esta rede deverá coexistir com o LTE e Wi-Fi por um longo período, de modo que a taxa de transmissão e continuidade de mobilidade seja alcançada. De modo a permitir a evolução da rede, esta terá de possibilitar a exposição controlada de informações e serviços da rede para desenvolvedores de aplicativos e serviços, proporcionando que a rede continue num constante desenvolvimento (Gupta & Jha, 2015). Uma aplicação que é ponto importantíssimo na arquitetura da rede 5G, demonstrando a sua adaptabilidade e fiabilidade com vista a alcançar o melhor proveito é a *Self-Organizing Networks* (SON). Esta refere-se a redes que se organizam automaticamente, permitindo que a infraestrutura da rede se ajuste, tendo em conta as necessidades requeridas num determinado momento, otimizando o seu desempenho, a cobertura e a eficiência. (Moysen & Giupponi, 2018). Na Figura 11, é perceptível a existência duma constante comunicação entre serviços, aplicações e recursos de modo que a rede se mantenha firme e sempre ligada a todos os dispositivos e utilizadores.

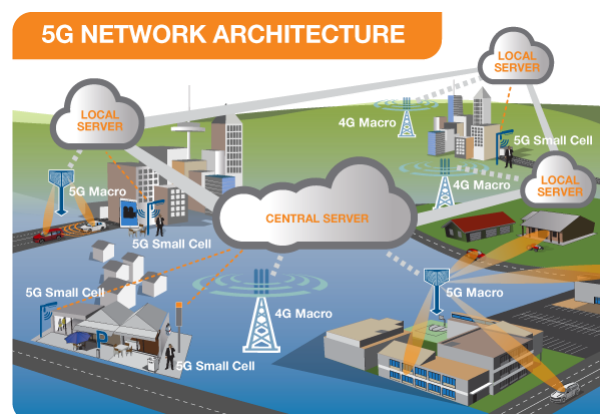


Figura 11 - Exemplificação de uma arquitetura de rede 5G (EMF - 5G Explained - How 5G Works, n.d.)

A arquitetura de rede 5G é altamente distribuída e virtualizada, permitindo uma maior flexibilidade, eficiência de recursos e suporte, desde comunicação de alta velocidade até aplicações críticas de baixa latência (Patrick Marsch et al., 2018).

2.2.3 Implementação do 5G e os seus desafios

A implementação do 5G envolve uma série de passos e considerações, desde o desenvolvimento das infraestruturas, até à ativação dos serviços para os utilizadores finais. Implementar o 5G requer uma infraestrutura robusta, incluindo a instalação de estações base e antenas em locais estratégicos. Também poderá ser necessário uma atualização nas infraestruturas existentes, tendo em conta a criação de um reforço nas estações base, compatíveis com o 5G, possibilitando o fornecimento de cobertura e capacidade aprimoradas (Pirinen, 2014). Para esta implementação ser realizada de forma correta, são necessários realizar testes extensivos para garantir a funcionalidade e o desempenho adequados da rede 5G em condições reais, e também formar profissionais para o controlo, manutenção e otimização eficiente da rede e infraestrutura 5G. A implementação do 5G é um processo complexo que envolve coordenação entre reguladores, operadoras de telecomunicações, fabricantes de equipamentos e outros *stakeholders* (Korzeniewska & Krawczyk, 2019). O objetivo é criar uma infraestrutura robusta que suporte uma variedade de serviços e casos de uso, desde comunicações a alta velocidade até aplicações críticas de baixa latência e IoT.

Assim sendo, compreende-se que serão criados inúmeros desafios relacionados à segurança, aos custos e privacidade que precisam ser abordados para garantir o uso estável desta tecnologia. Um dos desafios com maior destaque na implementação da rede 5G é o investimento necessário nas infraestruturas. A expansão da rede do 5G requer investimentos substanciais nas infraestruturas, visto que para que seja criada uma rede robusta e com o alcance necessário, é necessário a construção de torres de telecomunicações (Ghonge et al., n.d.). De modo a otimizar custos, reduzir o impacto visual das instalações e a acelerar a implementação das torres, várias operadoras encontram-se neste momento a partilhar as infraestruturas.

2.2.4 A criação do 6G

A rede 6G é considerada como a próxima geração da tecnologia da comunicação móvel, sucedendo ao 5G. Enquanto a tecnologia 5G ainda está em processo de implantação global, a pesquisa e discussões sobre o 6G estão a começar a ganhar destaque e ênfase, de modo a estarmos preparados para os eventos que o futuro oferecerá. Assim sendo, o que se pretende atingir com o 6G são velocidades ainda mais rápidas, melhorias na capacidade de transmissão de dados, uma maior redução na latência, proporcionando tempos de resposta extremamente baixos, inovações tecnológicas e também a sustentabilidade e eficiência energética (David & Berndt, 2018).

2.2.4.1 ITU

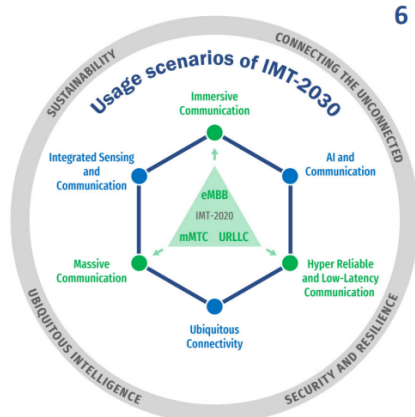
International Telecommunication Union (ITU) é uma agência especializada das Nações Unidas que desenvolve padrões e regulamentações para as telecomunicações em escala internacional. Fundada em 1865, esta foi criada para facilitar a conectividade internacional, através das redes de comunicações, desenvolvendo várias normas em diversas áreas, incluindo as telecomunicações. A ITU está empenhada em ligar todas as pessoas do mundo, onde quer que vivam e quaisquer que sejam os seus meios, pretendendo demonstrar que todos têm o direito de comunicar (*About ITU*, n.d.).

2.2.4.2 IMT-2030

A ITU, por meio de suas diversas iniciativas e grupos de estudo, desempenha um papel importante no desenvolvimento de padrões para tecnologias de comunicação. A transição do 5G para o 6G envolverá considerações técnicas, regulatórias e a ITU está envolvida na liderança desses esforços. No final do ano de 2023, a estrutura IMT-2030 foi aprovada pela durante a *World Radiocommunication Conference 2023* (WRC-23) realizada em Dubai, nos Emirados Árabes Unidos, durante os dias 20 de novembro e 15 de dezembro. Com a evolução das tecnologias de comunicações, espera-se que a IMT-2030 permita uma experiência imersiva enriquecida e possibilitando novas formas de colaboração. Aguarda-se também que ajude a responder à necessidade de uma maior sustentabilidade ambiental, social e económica, tendo em conta os objetivos propostos para os próximos anos (*The ITU-R Framework for IMT-2030 ITU-R Working Party 5D*, n.d.). O que é pretendido, por parte da ITU, é que até 2030 seja aprovado um conjunto final de padrões do que é pretendido para a rede 6G. Na Figura 12, a estrutura IMT-2030, apresentada pela ITU, tem presente seis cenários, sendo que três provenientes do IMT-2020. Através dos três cenários alongados do IMT-2020, compreende-se

que se pretende obter uma comunicação imersiva, proporcionando uma melhor experiência ao utilizador, com baixa latência, permitindo expandir para um leque de aplicações e em massa, para o amplo uso por parte do IoT. Relativamente aos restantes cenários, é proposto uma maior envolvimento da inteligência artificial, sensoriamento multidimensional integrado para melhorar a navegação assistida e também melhor conectividade, especialmente em zonas rurais, remotas e pouco povoadas, com o objetivo de proporcionar a possibilidade da comunicação a todos (IMT towards 2030 and Beyond, n.d.).

Usage scenarios



So called "Wheel diagram"
Source: Document 5/131 and edited in SG 5

6 Usage scenarios

Extension from IMT-2020 (5G)

- eMBB → Immersive Communication
- mMTC → Massive Communication
- URLLC → HURLLC (Hyper Reliable & Low-Latency Communication)

New

- Ubiquitous Connectivity
- AI and Communication
- Integrated Sensing and Communication

4 Overarching aspects:

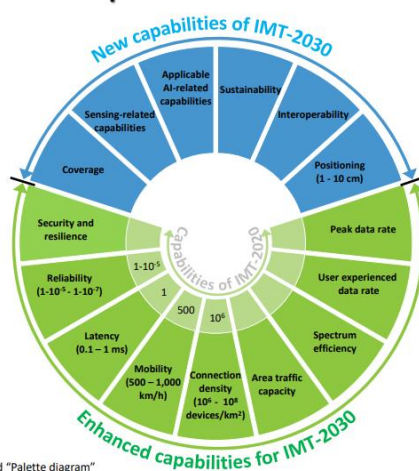
act as design principles commonly applicable to all usage scenarios

- Sustainability, Connecting the unconnected,
- Ubiquitous intelligence, Security/resilience

Figura 12 - IMT-2030 - Os 6 cenários esperados para o 6G (IMT towards 2030 and Beyond, n.d.)

Na Figura 13, é identificado os quinze recursos tecnológicos para a rede 6G, sendo nove derivados dos atuais sistemas 5G e seis oriundos dos novos cenários a atingir.

Capabilities of IMT-2030



So called "Palette diagram"

The range of values given for capabilities are estimated targets for research and investigation of IMT-2030.

All values in the range have equal priority in research and investigation.

For each usage scenario, a single or multiple values within the range would be developed in future in other ITU-R Recommendations/Reports.

Figura 13 - IMT-2030 - Os 15 recursos tecnológicos para o 6G (IMT towards 2030 and Beyond, n.d.)

2.3 Telecomunicações em Portugal

As telecomunicações em Portugal encontram-se numa fase dinâmica de desenvolvimento e modernização, impulsionada por um mercado competitivo e pela crescente necessidade de mais infraestruturas, causado pelo progressivo aumento da procura. O mercado das telecomunicações em Portugal tem sido dominado por quatro operadores: MEO, NOS, Vodafone e NOWO nos últimos anos. No final de 2023, a MEO foi o prestador com a quota de assinantes do serviço de distribuição de TV por subscrição (TVS), mais elevada (41,4%), seguindo-se o Grupo NOS (36,5%), a Vodafone (19,1%) e a NOWO (2,8%) (ANACOM, 2023b). Em 2024, o número de operadores presente em Portugal irá alterar, com a entrada da DIGI, obrigando a uma constante evolução no mercado português das telecomunicações. Na Figura 14 são apresentados os principais operadores presentes em 2024, em Portugal.



Figura 14 - Principais operadores em Portugal

2.3.1 A história das telecomunicações em Portugal

A história das telecomunicações em Portugal é marcada por avanços tecnológicos significativos e transformações ao longo dos anos.

2.3.1.1 Telégrafo

As primeiras formas de comunicação a longa distância em Portugal remontam à introdução do telégrafo no século XIX. A telegrafia permitia a transmissão rápida de mensagens por meio de fios elétricos, sendo que as mesmas foram instaladas em centro urbanos e regiões estratégicas, de modo a implantar na maior área possível e de forma eficiente. Com o desenvolvimento do telégrafo, surgiram as primeiras companhias telegráficas em Portugal para operar e expandir a infraestrutura. Estas companhias eram responsáveis pela gestão das linhas telegráficas e pela facilitação das comunicações ((PDF) José Vitorino Damásio e a Telegrafia Eléctrica Em Portugal, n.d.). Com o passar dos anos, o telégrafo evoluiu, e novas tecnologias de comunicação, como o

telefone e, posteriormente, a comunicação sem fio, foram introduzidas, transformando ainda mais as telecomunicações em Portugal.

2.3.1.2 Telefone

Como analisado anteriormente, no subcapítulo 2.1.2, o telefone foi patenteado por Alexander Graham Bell. No ano seguinte, em 1877, os primeiros ensaios com o aparelho tinham lugar em Portugal, fazendo a ligação entre Lisboa e Carcavelos e os observatórios da Escola Politécnica e da Tapada da Ajuda, ambos na capital. A partir da década de quarenta, lançavam-se os primeiros serviços de valor acrescentado, tais como os jogos de futebol e as notícias, podendo então compreender o futuro das telecomunicações, evoluindo do telefone como aparelho de uma só função, para um múltiplo conjunto de atividades, como por exemplo a transmissão de voz, som, dados e imagem (Santos, 1998).

2.3.1.3 Redes Móveis em Portugal

A implementação das redes móveis em Portugal, trouxeram uma revolução nas comunicações para o país. A implementação de tecnologias como o GSM, o UMTS, o LTE e, posteriormente, o 5G, ofereceram maior mobilidade e velocidades de dados mais rápidas. Devido à entrada das redes móveis em Portugal, nas décadas de noventa e de dois mil, Portugal passou por processos de privatização no setor de telecomunicações (Helena & Costa Silva, 2003). Através das seguintes figuras, é possível entender as diferentes construções realizadas em Portugal, no que diz respeito às redes móveis. Na Figura 15, é apresentada uma torre de telecomunicações, situada na freguesia de Santa Margarida do Sado, estando estas posicionadas em pontos específicos do país, possibilitando a obtenção de rede na maior área possível de forma calculada.



Figura 15 - Torre de Telecomunicações

Na Figura 16, é apresentada uma implementação das antenas no topo do edifício, presente no concelho de Vila Real em modo camuflado, através da construção de uma chaminé, reduzindo o impacto visual das mesmas. Esta instalação é designada como RTT por serem trabalhos realizados no *rooftop* do edifício.



Figura 16 - Implementação em *Rooftop*

A história das telecomunicações em Portugal reflete a rápida evolução tecnológica, a privatização no setor de telecomunicações e a busca contínua por oferecer serviços mais avançados aos consumidores.

2.3.2 A evolução das telecomunicações em Portugal e a sua importância

A evolução das telecomunicações em Portugal reflete uma trajetória de avanços tecnológicos, mudanças regulatórias e transformações no cenário competitivo. Durante grande parte do século XIX, as telecomunicações em Portugal eram operadas pelo estado, com a Portugal Telecom (PT) desempenhando um papel central. Como já referido anteriormente, na passagem do milénio de 2000, Portugal deixou de ser operado apenas pela PT, depois de um processo de privatização, resultando na entrada de operadores, tais como a MEO (antiga Portugal Telecom), a NOS e Vodafone Portugal. De modo que cada operador possa fornecer o melhor serviço aos seus clientes, as infraestruturas de telecomunicações em Portugal têm experimentado avanços significativos, com esforços contínuos para melhorar a conectividade e fornecer serviços de alta qualidade.

2.3.2.1 Rede Fixa

A rede fixa em Portugal refere-se à infraestrutura de telecomunicações que fornece serviços de conectividade fixa, como banda larga, telefone fixo e televisão. Percebendo a privatização do mercado, vários operadores têm investido consideravelmente na expansão de infraestruturas de banda larga. A concorrência entre as operadoras beneficia o consumidor final, proporcionando uma variedade de opções de pacotes de serviços e preços. Os utilizadores têm a possibilidade de escolher entre diferentes velocidades de banda larga e serviços adicionais. Projetos e iniciativas visam estender a cobertura de banda larga e fibra ótica para áreas rurais, reduzindo a lacuna digital e proporcionando conectividade em regiões menos densamente povoadas (Baeta & Mendes, 2011). A Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM), desempenha um papel fundamental na regulação do setor de telecomunicações, incluindo a rede fixa. A entidade regula tarifas, emite licenças e promove a concorrência justa no mercado. No contexto das áreas mais rurais, A ANACOM permite a consulta da lista de freguesias com acesso e cobertura de redes de alta velocidade fixas, permitindo saber se a área rural em que se insere tem cobertura deste tipo de rede (*ANACOM - Cobertura de Redes de Alta Velocidade Fixas*, n.d.).

2.3.2.2 Rede Móvel

A rede móvel em Portugal é uma parte essencial da infraestrutura de telecomunicações, fornecendo serviços de comunicação sem fio para uma ampla base de utilizadores. As principais operadoras de rede móvel em Portugal incluem MEO, Vodafone Portugal e NOS. Estas oferecem uma variedade de planos que abrangem serviços como chamadas, mensagens de texto e acesso à internet móvel. Percebe-se que, devido ao facto de existir mais que um operador, a concorrência entre eles beneficia o consumidor final, levando a uma variedade de ofertas, planos e pacotes. A rede móvel em Portugal oferece cobertura nacional, incluindo áreas urbanas e rurais, mas denotando que nas áreas rurais a conectividade não apresenta as mesmas condições das cidades. Assim sendo, as operadoras, em conjunto com a ANACOM, encontram-se a melhorar a rede nestes locais, proporcionando uma igualdade de cobertura em todo o país. Também nesta rede, a ANACOM, desempenha um papel fulcral na supervisão do setor, incluindo a regularização das tarifas e certificando que a qualidade do serviço é a oferecida. É perceptível também, que devido à implementação do 5G em Portugal, o número de instalações implementadas teve de aumentar, de modo a acompanhar a necessidade acrescida de infraestruturas. No final do segundo trimestre de 2023, de acordo com a informação reportada à ANACOM, o número de estações de telecomunicações instaladas no território nacional com

tecnologia 5G ascidia às 7831 estações, distribuídas por 308 concelhos (100% dos concelhos no país) e por 1833 freguesias (59% das freguesias no país) (ANACOM, 2023). Na Figura 17, é denotado a distribuição geográfica das estações de telecomunicações dos três operadores principais em Portugal: NOS, MEO e Vodafone.

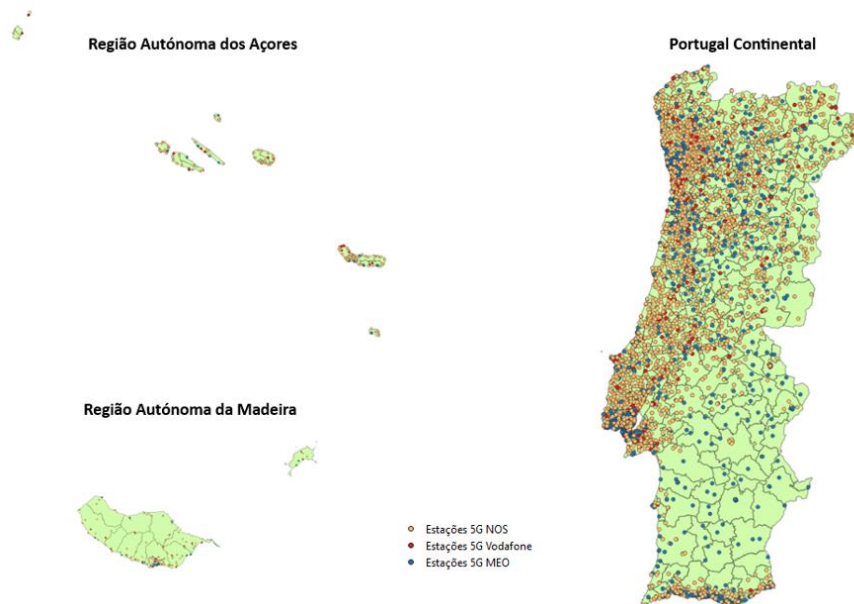


Figura 17 - Distribuição geográfica das estações de telecomunicações 5G (ANACOM, 2023)

2.3.2.3 A importância das telecomunicações em Portugal

As telecomunicações desempenham um papel crucial em Portugal, desempenhando diversas funções vitais para a sociedade, economia e desenvolvimento tecnológico. Através da evolução desta tecnologia, neste país é possibilitado ao Homem, estar conectado de Norte a Sul, mesmo nas áreas mais rurais. Também se compreende que é vital para o desenvolvimento económico, o facto de ter uma infraestrutura de telecomunicações robusta. Assim permite um melhor desenvolvimento do comércio, impulsiona a inovação, apoia empresas locais e cria oportunidades de emprego. As telecomunicações desempenham um papel crucial na educação, permitindo o acesso à informação, recursos educacionais *online* e permitindo métodos de ensino à distância. Por fim, visto o turismo ter um papel importante em Portugal, compreende-se que este setor depende fortemente das telecomunicações para comunicação eficaz com os clientes, reservas *online*, promoção turística e também uma melhor experiência para os visitantes.

2.3.3 Principal Legislação do setor das comunicações em Portugal

A ANACOM é a entidade reguladora nacional para o setor das comunicações em Portugal. Tem por missão a regulação do sector das comunicações, incluindo as comunicações eletrónicas e postais e sem prejuízo da sua natureza, enquanto entidade administrativa independente. A entidade emite licenças para operadores de telecomunicações, radiodifusão e outros serviços no âmbito das comunicações, garantindo conformidade com regulamentos e requisitos estabelecidos. Esta estabelece regras e normas para garantir a comunicação de forma transparente, a concorrência justa e o desenvolvimento sustentável do setor das comunicações. Trabalha para promover a inovação e o investimento no setor das comunicações, incentivando o desenvolvimento de infraestruturas e serviços de qualidade (ANACOM, 2023).

Em Portugal, a ANACOM estabelece obrigações de cobertura para os operadores de telecomunicações, com o intuito de garantir uma cobertura abrangente e adequada em todo o país. Essas obrigações variam para diferentes serviços, como serviços móveis e serviços de banda larga fixa (ANACOM, 2023). As obrigações de cobertura geralmente incluem a extensão da infraestrutura de telecomunicações para áreas consideradas de importância estratégica, bem como para áreas rurais e menos densamente povoadas. O objetivo é reduzir as disparidades na cobertura de serviços de telecomunicações em todo o território nacional.

A Lei n.º 91/97, de 1 de agosto, publicada pelo Diário da República, define as bases gerais a que obedece o estabelecimento, gestão e exploração de redes de telecomunicações e a prestação de serviços de telecomunicações. No artigo 3 é apresentado que o espaço por onde as ondas se propagam é do domínio público radioelétrico, cuja gestão, administração e fiscalização competem ao Estado, nos termos da lei. No artigo 6 é demonstrado que o Estado tem de assegurar a adequada coordenação das redes e serviços de telecomunicações em emergências, crise ou guerra (Lei n.º 91/97 | DR, n.d.). Tendo em conta este artigo, compreende-se a necessidade da criação do SIRESP, sendo esta a rede de comunicações exclusiva do Estado Português para o comando, controlo e coordenação de comunicações em todas as situações de emergências e segurança, estando esta instalada em todo o território nacional, incluindo nas Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira (Home - SIRESP, n.d.)

3 Caso de Estudo

No capítulo três, são apresentados os requisitos necessários para que os operadores possam implementar a tecnologia 5G, bem como futuras tecnologias, em dois ambientes distintos: uma torre de telecomunicações (GBT) e a instalação numa cobertura de edifício (RTT). Na secção 3.1, é descrito o processo necessário para avaliar a viabilidade da ligação à rede elétrica das estações de telecomunicações, realizando uma comparação entre os dois casos mencionados. Na secção 3.2, são desenvolvidos os projetos das instalações elétricas para ambos os cenários, com uma análise comparativa que inclui todos os elementos indispensáveis para a execução das infraestruturas.

3.1 Viabilidade da Ligação à Rede da Estação de Telecomunicações

Numa era em que a conectividade é instantânea, a funcionalidade das estações de telecomunicações torna-se crucial para a comunicação em escala global. Nesta secção analisam-se de forma minuciosa os processos envolvidos na determinação da viabilidade de conectar uma estação de telecomunicações à rede. Para iniciar essa análise, é fundamental compreender a importância da localização da estação. A escolha do local não só influencia a qualidade do sinal, mas também tem um impacto direto na sua viabilidade económica e ambiental. Adicionalmente, ao discutir a viabilidade de uma estação de telecomunicações, não podemos ignorar a questão do licenciamento. O processo de licenciamento é um fator crítico que pode determinar o sucesso ou o fracasso de um projeto. A complexidade dos requisitos regulatórios e a necessidade de conformidade com as leis locais tornam essencial uma análise detalhada e abrangente (Curwen & Whalley, 2015). Além das considerações mencionadas, é igualmente relevante sublinhar a importância de um projeto de instalações elétricas no contexto da viabilidade da ligação à rede para uma estação de telecomunicações. A disponibilidade de uma fonte de energia elétrica eficiente é fundamental para o funcionamento contínuo e ininterrupto da estação, assegurando a entrega consistente de serviços de comunicação. Assim, ao avaliar a viabilidade da ligação à rede para uma estação de telecomunicações, é imperativo considerar cuidadosamente a adequação e eficácia do projeto de instalações elétricas.

3.1.1 Definição da Localização da Estação de Telecomunicações

A definição da localização para a implantação de uma estação de telecomunicações é um processo complexo que envolve considerações técnicas, regulatórias, ambientais e económicas.

3.1.1.1 Cobertura de Serviço e necessidade de utilizadores

A escolha da localização da estação de telecomunicações inicia-se com uma análise detalhada da cobertura de serviço existente e das necessidades dos utilizadores na área onde é pretendido construir a estação. Para tal, é essencial compreender a densidade populacional, distribuição geográfica e padrões de utilização dos serviços de telecomunicações (Faruque, 2018). No caso específico dos operadores das estações de telecomunicações em Portugal, estes definem um ponto nominal no local onde é necessário o aumento de cobertura, devido à insuficiência da qualidade do serviço. Uma vez definido o ponto nominal, inicia-se a negociação com os

proprietários dos terrenos para a instalação da estação de telecomunicações, estabelecendo-se um raio de cem metros a partir do ponto nominal como limite para a implementação. A Figura 18 ilustra o raio de implementação estabelecido para a construção de uma estação GBT, a partir do ponto nominal determinado pelo operador.

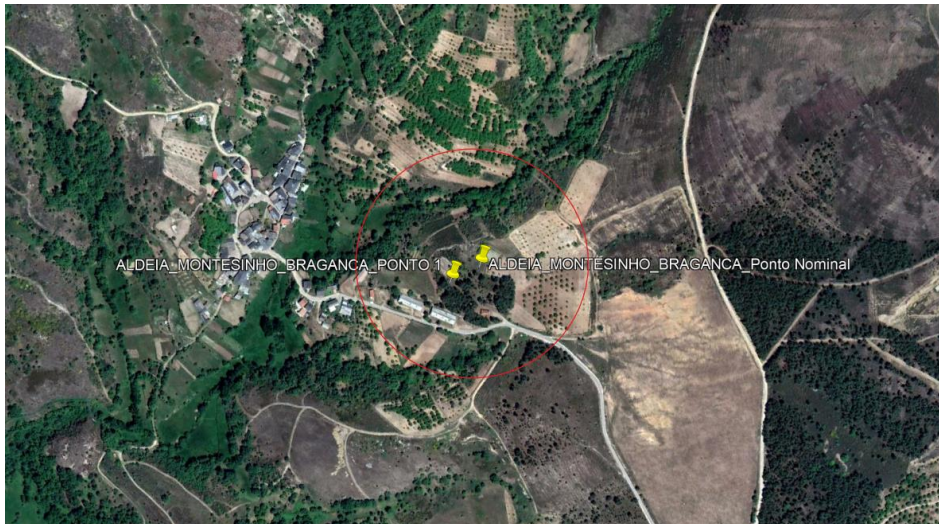


Figura 18 - Definição da estação de telecomunicações GBT - Aldeia Montesinho Bragança

No caso de uma estação RTT, através do ponto nominal, é analisado quais são os edifícios que estão presentes no raio definido. De seguida, percebe-se se esses edifícios têm condições para albergar a estação de telecomunicações e se também permitem a construção da estação. Na Figura 19 é demonstrado o ponto nominal para a construção da estação RTT e o edifício escolhido para albergar a estação em questão.

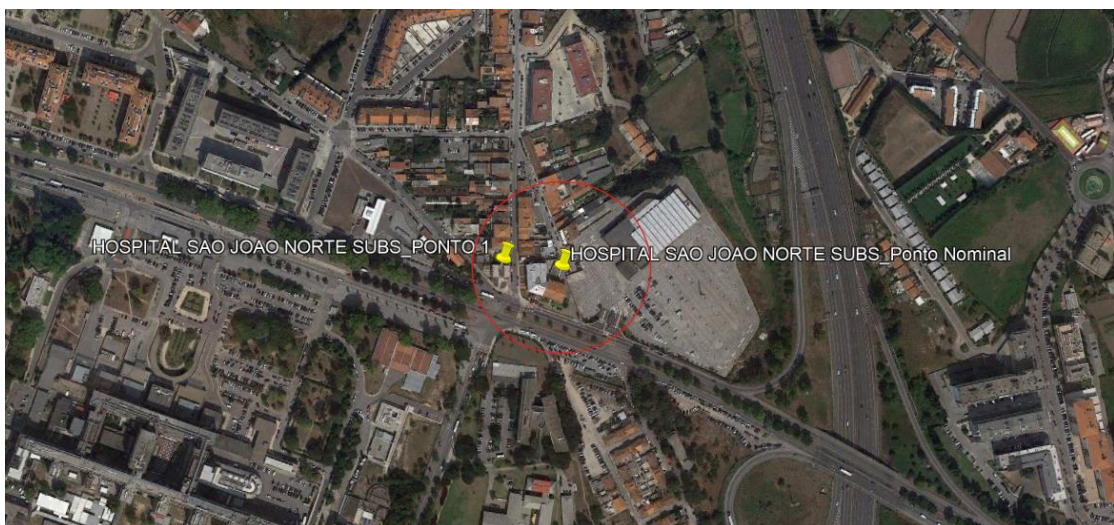


Figura 19 - Definição da estação de telecomunicações RTT - Hospital São João Norte Subs

3.1.1.2 Impacto Ambiental e Local

A localização da estação de telecomunicações também deve ser avaliada quanto ao seu impacto ambiental e social. Isso envolve considerações sobre proteção da vida selvagem, preservação de áreas sensíveis, minimização da poluição visual e respeito às preocupações da comunidade local. É importante realizar consultas públicas e envolver as partes interessadas para garantir uma abordagem transparente e responsável durante o processo de seleção do local.

3.1.1.3 Topografia do Terreno

Após a definição do local mais vantajoso para a cobertura de rede, onde se pretende implementar a estação de telecomunicações, procede-se à análise da topografia e dos possíveis obstáculos de acesso à instalação. Esta análise é crucial para a implementação de uma torre de telecomunicações, embora não seja necessária no caso de estações RTTs. A topografia do terreno desempenha um papel crucial na determinação da localização ideal da estação. É compreensível que em terrenos elevados a propagação do sinal será superior, enquanto áreas com obstáculos físicos, como edifícios altos ou montanhas, podem causar interferências e reduzir a eficácia da cobertura (Wang et al., 2023). Portanto, é essencial escolher uma localização que ofereça uma linha de visão desobstruída e que minimize a ocorrência de bloqueios de sinal. Assim sendo, antes de avançar com os trabalhos de construção, faz-se o levantamento topográfico, como apresentado na Figura 20.



Figura 20 - Levantamento topográfico de uma estação de telecomunicações

3.1.1.4 Acesso de Ligação à Rede Elétrica

A disponibilidade de energia elétrica é fundamental para o funcionamento contínuo da estação de telecomunicações. Sendo assim, a localização definida deve oferecer acesso adequado a fontes de energia e infraestrutura elétrica. Além disso, é importante considerar a facilidade de acesso para a instalação e manutenção da infraestrutura de telecomunicações (Wang et al., 2023). No caso das torres de telecomunicações, é essencial considerar a localização dos postos de transformação da região onde se pretende instalar a estação de telecomunicações, bem como compreender a rede de baixa tensão existente. O objetivo é posicionar a estação o mais próximo possível de um ponto de baixa tensão, facilitando a ligação à rede de forma mais conveniente e com menores custos. Conforme ilustrado na Figura 21, durante o levantamento das condições existentes para a implementação da estação GBT, é analisada a localização do posto de transformação e da linha de baixa tensão, de modo a posicionar o ponto de entrega da torre de telecomunicações o mais próximo possível da linha de baixa tensão existente.



Figura 21 - Ligação à rede de energia de uma estação de telecomunicações GBT

Em seguida, inicia-se o processo junto do fornecedor de energia, mediante a entrega da Ficha Eletrotécnica e do Termo de Responsabilidade de Execução. Nestes documentos é indicado o local onde será implementado o ponto de entrega da estação GBT, para que o fornecedor de energia possa avaliar se é viável a alimentação a partir da rede elétrica de baixa tensão existente ou se é necessário prever a instalação de um novo posto de transformação para alimentar a

Caso de Estudo

estação. Esta última opção é geralmente evitada pelos operadores, devido aos custos significativamente mais elevados comparativamente à alimentação a partir da rede existente.

Relativamente às estações RTT, a análise da ligação à rede é realizada de forma distinta. Após a definição do edifício onde será implementada a estação de telecomunicações, procede-se ao levantamento das condições elétricas do imóvel. Esta análise abrange os seguintes aspetos:

- As condições gerais do edifício (Quadro de colunas, colunas montantes e caixas de coluna);
- A alimentação da estação a partir do edifício;
- O local para a implementação do contador de energia da estação;
- A travessia do cabo entre o contador e o quadro elétrico;
- O local para a implementação do quadro elétrico da estação.

Seguidamente, no caso de uma estação RTT, é elaborado o Projeto Elétrico, que é posteriormente enviado ao fornecedor de energia para garantir a viabilidade do fornecimento de energia no local pretendido para a estação de telecomunicações. A Figura 22 ilustra o esquema do edifício e as modificações necessárias para possibilitar a instalação da nova estação de telecomunicações, tendo em conta as condições elétricas existentes no edifício selecionado para albergar a estação RTT.

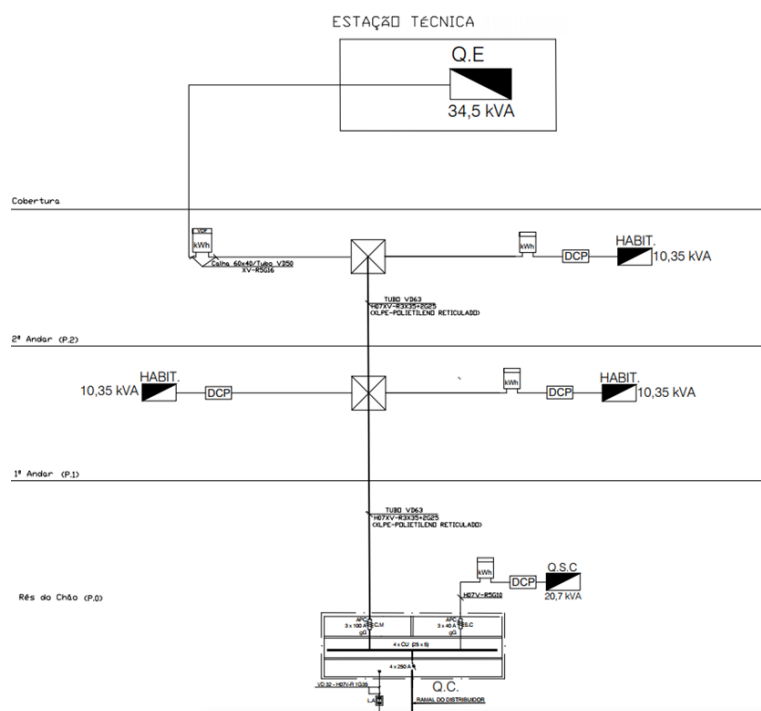


Figura 22 - Esquema do edifício para a implementação de uma estação de telecomunicações RTT

3.1.1.5 Custos e Viabilidade Económica

Finalmente, a seleção da localização deve igualmente considerar os aspetos económicos do projeto. Isso envolve a avaliação dos custos de aquisição do terreno, construção, manutenção e operação da estação, bem como o potencial de retorno do investimento a longo prazo (Wang et al., 2023). É essencial realizar uma análise financeira detalhada para assegurar que a localização escolhida seja não apenas técnica e ambientalmente viável, mas também economicamente sustentável.

3.1.1.6 Principais Diferenças entre GBT e RTT

Após a análise dos cinco tópicos anteriormente abordados, constata-se que as principais diferenças entre a implementação de uma estação GBT e uma RTT residem nos processos necessários e nos custos envolvidos na construção. Relativamente aos procedimentos, para a viabilização de uma torre de telecomunicações são imprescindíveis o levantamento topográfico e o estudo geotécnico do terreno, ao contrário das estações RTT, onde estes levantamentos são dispensados. No que concerne aos custos, as torres de telecomunicações implicam despesas mais elevadas, não só pela maior quantidade de processos envolvidos, mas também pela possível necessidade de implementar um posto de transformação. Assim, é evidente que os custos associados à construção de uma torre de telecomunicações são superiores aos de uma estação instalada num edifício, tornando esta última opção economicamente mais acessível para o operador.

Resumidamente, o objetivo na implementação de uma estação de telecomunicações é posicioná-la no ponto nominal de maior necessidade de cobertura de rede, no terreno com a maior altitude possível, com acesso facilitado à infraestrutura da rede elétrica e com custos reduzidos. Ao considerar todos estes aspetos de forma integrada, os operadores de telecomunicações podem tomar decisões informadas e estratégicas sobre a localização das estações, garantindo que estas satisfaçam as necessidades dos utilizadores, cumpram os requisitos regulatórios e contribuam para o desenvolvimento sustentável e responsável das infraestruturas de comunicação.

3.1.2 Licenciamento da Estação de Telecomunicações

O licenciamento de uma estação de telecomunicações em Portugal é um processo regulado pela ANACOM, sendo imprescindível para assegurar que as infraestruturas de telecomunicações cumprem os requisitos técnicos, legais e as normas de segurança e saúde pública. Adicionalmente, as estações devem obedecer aos limites de exposição à radiação eletromagnética estipulados pela ANACOM, em conformidade com as diretrizes internacionais. Existem distintos requisitos de licenciamento para diferentes tipos de estações, tais como as estações GBT e RTT (*ANACOM - Legislação*, n.d.). Este processo é fundamental para garantir que as infraestruturas de telecomunicações operam de forma segura e eficiente, sem interferir com outros serviços.

3.1.2.1 Regulamentos Municipais e Planos Diretores Municipais

O licenciamento de estações de telecomunicações em Portugal também está sujeito a regulamentos municipais, que variam de município para município. Estes regulamentos abordam aspetos específicos do urbanismo e da ocupação do solo local, e são essenciais para garantir que a instalação de uma estação de telecomunicações esteja em conformidade com as normas e planos de desenvolvimento urbano da área. O Regulamento Municipal de Urbanização e Edificação (RMUE), define as normas para a urbanização e construção no município. Para a construção de torres ou outras estruturas de suporte, é necessário obter uma licença de construção de acordo com o RMUE. Relativamente aos planos diretores municipais (PDM), cada município tem um PDM que estabelece as regras para a utilização do solo e a ocupação do território (*PDM - Sistema de Gestão Territorial* -, n.d.). Na Figura 23 é apresentado um exemplo de um PDM, que neste caso representa o município do Porto.

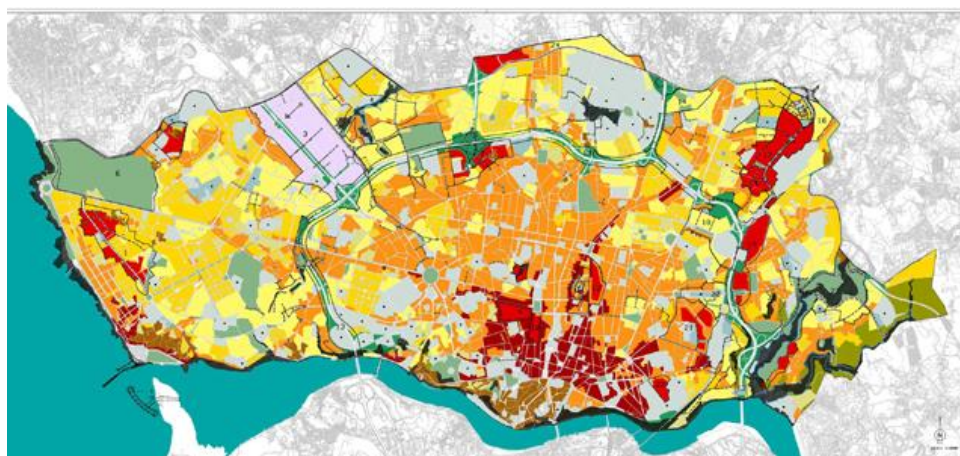


Figura 23 - Plano Diretor Municipal do Porto

Os regulamentos municipais são cruciais no processo de licenciamento de estações de telecomunicações, sendo crucial consultar as regulamentações para garantir que todas as exigências sejam cumpridas e que o processo de licenciamento seja concluído com sucesso.

3.1.2.2 Licenciamento Camarário

O processo camarário é essencial para garantir que a instalação de uma estação de telecomunicações esteja em conformidade com as leis de ordenamento do território e respeite o ambiente e a comunidade local. Este processo envolve várias etapas e a cooperação com a câmara municipal da área onde se pretende instalar a estação. A câmara municipal analisa o pedido para garantir que a instalação cumpre com as normas de urbanismo, ordenamento do território e, se aplicável, as normas ambientais. Se o pedido for aprovado, a câmara emite o alvará de licenciamento da obra ou instalação. Este alvará formaliza a autorização para a construção da estação de telecomunicações. A câmara verifica se a localização proposta é compatível com o PDM, que regula o uso do solo. Quando não é permitida a construção, geralmente significa que o terreno está sujeito a restrições de uso específicas definidas pelo PDM (*PDM - Sistema de Gestão Territorial* -, n.d.).

3.1.2.3 ICNF

O Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) é a entidade pública em Portugal responsável pela gestão, conservação, e valorização do património natural, incluindo as áreas protegidas, a biodiversidade, as florestas, e a caça. O ICNF é responsável pela administração e gestão das áreas protegidas em Portugal, como parques naturais, reservas naturais, paisagens protegidas e monumentos naturais. A sua intervenção visa garantir que o impacto ambiental dessas infraestruturas seja minimizado e que as leis de proteção da natureza sejam cumpridas (*ICNF - Instituto Da Conservação Da Natureza e Das Florestas*, n.d.). Na Figura 24 é apresentado o logotipo do ICNF.



Figura 24 - Logotipo do Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas

O Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) desempenha um papel significativo no processo de licenciamento de estações de telecomunicações, especialmente quando estas se localizam em áreas de elevada sensibilidade ambiental. Esta entidade tem como responsabilidade assegurar que as infraestruturas de telecomunicações sejam compatíveis com os objetivos de conservação da natureza, podendo impor condições específicas ou, em alguns casos, impedir a instalação de estações em zonas onde os riscos ambientais sejam considerados elevados. Assim, a colaboração com o ICNF torna-se fundamental para o sucesso do processo de licenciamento, sobretudo em contextos ambientais delicados, garantindo a proteção dos ecossistemas e a sustentabilidade das operações de telecomunicações em áreas protegidas.

3.1.2.4 Licença de Construção

A licença de construção é um documento essencial para a legalização de obras e estruturas em Portugal, incluindo a instalação de estações de telecomunicações. Este processo é regulado por normas e procedimentos estabelecidos pelas autoridades municipais e visa garantir que as construções estejam em conformidade com o plano urbanístico e as normas técnicas e de segurança. Esta licença assegura que a construção esteja de acordo com o PDM e o RMUE. A construção deve ser realizada de acordo com as condições estabelecidas na licença de construção e com o projeto aprovado. Para construções em prédios coletivos, como as estações RTTs, é necessário obter autorização do condomínio ou dos proprietários. A licença de construção é um passo crucial no processo de instalação de estações de telecomunicações e requer a submissão de documentação detalhada e o cumprimento de regulamentações urbanísticas e ambientais. A obtenção dessa licença garante que o projeto está em conformidade com as normas locais e técnicas, e que a construção pode ser realizada de forma segura e legal.

3.1.2.5 Principais Diferenças entre o licenciamento de uma estação GBT e RTT

O licenciamento de uma torre de telecomunicações e o licenciamento de uma estação de telecomunicações instalada num edifício apresentam diferenças substanciais, devido às diversas considerações técnicas, ambientais e urbanísticas envolvidas em cada tipo de instalação. Essas distinções influenciam diretamente o processo de licenciamento, os requisitos legais, as análises necessárias e as entidades intervenientes.

As torres de telecomunicações são frequentemente localizadas em áreas isoladas, tais como regiões rurais, terrenos elevados ou zonas de menor densidade populacional. Devido à sua

altura e estrutura, essas torres têm um impacto visual significativo, o que pode suscitar objeções por parte da comunidade local. Tal impacto exige uma análise detalhada dos efeitos paisagísticos e estéticos, frequentemente resultando em um escrutínio rigoroso por parte das autoridades competentes.

Por outro lado, as estações de telecomunicações instaladas em edifícios são mais comuns em áreas urbanas, onde podem aproveitar as infraestruturas pré-existentes. A instalação em edifícios tende a ser menos intrusiva do ponto de vista visual, especialmente quando as antenas ou outros equipamentos são disfarçados ou integrados na arquitetura do edifício. Este tipo de instalação, por se situar geralmente em contextos urbanos já densamente edificados, tem menor probabilidade de gerar controvérsia quanto ao seu impacto paisagístico.

No que concerne às implicações ambientais, a instalação de torres em áreas rurais ou naturais pode exigir consultas adicionais e o cumprimento de requisitos específicos de proteção ambiental, especialmente se a localização for em zonas protegidas ou sensíveis. Em contraste, a instalação de equipamentos de telecomunicações em edifícios raramente requer uma Avaliação de Impacto Ambiental, a menos que o edifício se situe em área de sensibilidade ambiental. Neste contexto, o regulamento municipal e a legislação de urbanismo assumem maior relevância, embora o impacto ambiental seja geralmente menor.

Em suma, as diferenças no licenciamento de torres e estações de telecomunicações em edifícios refletem as distintas considerações urbanísticas, ambientais e técnicas que cada instalação implica, exigindo abordagens diferenciadas por parte das entidades responsáveis e dos intervenientes no processo.

3.2 Projeto das Instalações Elétricas de uma Estação de Telecomunicações

Num contexto global cada vez mais dependente da comunicação instantânea, as estações de telecomunicações assumem um papel crucial na transmissão de dados, voz e outros serviços essenciais. Contudo, para que estas infraestruturas possam cumprir o seu papel de forma eficaz, é imprescindível garantir uma alimentação elétrica constante e fiável. Um projeto de instalações elétricas bem planeado não só assegura a disponibilização de energia suficiente para o funcionamento de todos os equipamentos da estação, como também integra soluções de redundância e mecanismos de recuperação em situações de falha. Desta forma, mesmo em cenários de emergência ou em caso de interrupções no fornecimento de energia, a operação da estação não sofre interrupções significativas (Mamede, 2013). Perante isto, torna-se evidente que o projeto das instalações elétricas de uma estação de telecomunicações é determinante para assegurar o seu funcionamento contínuo e a sua ligação eficiente à rede pública.

3.2.1 Levantamento das Condições Existentes

O levantamento das condições existentes é um passo essencial para a elaboração eficaz de qualquer projeto elétrico, especialmente no contexto de uma estação de telecomunicações. Este processo envolve a análise detalhada das características físicas, ambientais e infraestruturais do local onde o projeto será implementado. Um levantamento detalhado permite identificar as necessidades específicas do local, como a disponibilidade de espaço, as condições de acesso e as limitações físicas que possam influenciar o sistema elétrico. Essa análise inicial assegura que o projeto seja ajustado às condições reais. Também é fundamental avaliar as infraestruturas elétricas já existentes para determinar como os novos equipamentos e sistemas serão integrados.

3.2.1.1 GBT

A implementação de uma torre de telecomunicações é um processo complexo que depende de vários fatores críticos, os quais devem ser cuidadosamente analisados para garantir o sucesso do projeto. O primeiro passo que se tem em conta é o local de implementação. A escolha do local para a instalação da torre é um dos fatores mais importantes. Esta decisão deve considerar aspetos como a acessibilidade, a visibilidade e a necessidade de cobertura de sinal na área. Um local bem escolhido maximiza a eficácia da torre em termos de alcance e qualidade do sinal.

Sendo assim, como já apresentado anteriormente, a definição da localização começa na análise do ponto nominal definido pelos operadores, terminando com a definição da localização. Nesse momento é feito o primeiro levantamento das condições existentes onde analisa-se os possíveis acessos à estação e também o terreno onde a mesma será construída. Através da Figura 25 é apresentado o local de implementação desejado para a construção da estação de telecomunicações GBT. Este é ponto onde os sujeitos se encontram na fotografia, podendo então permitir a análise do que se encontra ao redor do local definido.



Figura 25 - Local de implementação da estação de telecomunicações GBT

Na Figura 26 é apresentado o acesso a melhorar, de modo a possibilitar a deslocação da maquinaria necessária para a construção da estação de telecomunicações, facilitando então o acesso à mesma.

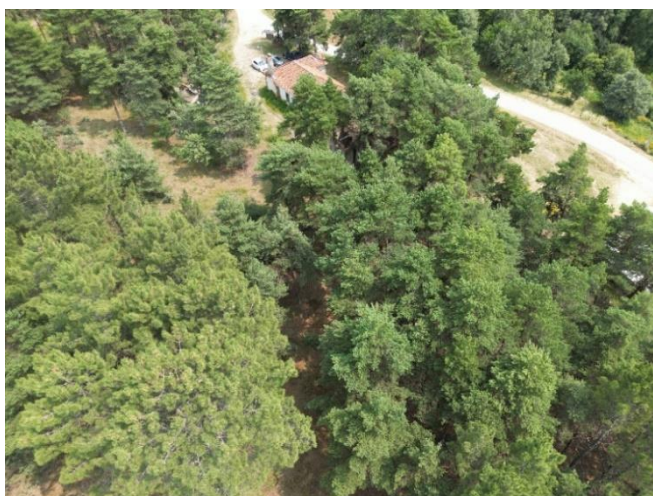


Figura 26 - Acesso à estação de telecomunicações GBT

Na Figura 27 é analisado o terreno onde a torre será instalada, sendo este um passo essencial para assegurar a viabilidade do projeto. É necessário posteriormente verificar a estabilidade do solo e a topografia, através de um estudo geotécnico. Terrenos com solos instáveis, ou com declives acentuados, podem requerer obras de engenharia adicionais, aumentando os custos e os prazos do projeto.



Figura 27 - Análise do terreno de implementação da estação de telecomunicações GBT

De seguida, depois de definido o acesso a realizar até à estação, é analisado onde será possível construir o ponto de entrega da estação GBT. O ponto de entrega é o Ponto (da rede), onde se faz a entrega de energia elétrica à instalação. Este ponto é constituído por uma portinhola e uma caixa de contador. A portinhola tem como função estabelecer a ligação da instalação à rede pública e garantir a proteção do respetivo ramal contra sobretensões, enquanto a caixa de contador será o local onde o contador de energia do operador será implementado. Este ponto tem de estar no limite da propriedade, pois é necessário ter acesso ao mesmo a partir da via pública (*Manual de Ligações à Rede | E-REDES, n.d.*). Na Figura 28 são apresentados os limites entre a rede pública e a instalação.

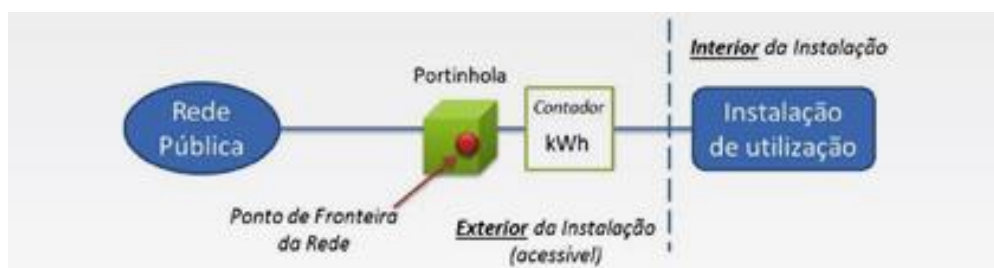


Figura 28 - Representação típica dos limites entre rede pública e instalação (*Manual de Ligações à Rede | E-REDES, n.d.*).

Dessa forma, torna-se evidente a importância de realizar uma análise cuidadosa dos limites da propriedade para definir com precisão o local ideal para a implementação do ponto de entrega de energia. Após essa análise, o objetivo principal é garantir que o ponto de entrega seja instalado o mais próximo possível da estação. Este passo é fundamental para a eficiência da distribuição de energia à torre, visto que, quanto menor for a distância entre o ponto de entrega e a estação, menores serão as perdas de energia e os custos associados à instalação. Um ponto de entrega situado a uma distância considerável pode exigir a instalação de cablagens mais longas, o que não só aumenta o risco de falhas como também a necessidade de utilizar cabos de maior seção, encarecendo o projeto. Na Figura 29, é possível observar o poste de baixa tensão mais próximo da estação GBT, demonstrando a importância de o ponto de entrega ser construído perto deste local.



Figura 29 - Poste de Baixa tensão

A partir deste local e como apresentado na Figura 30, é possível compreender que a distância entre o ponto de entrega e a estação de telecomunicações é de 110 metros, analisando também o traçado que o ramal de energia irá efetuar. Esta situação deveu-se ao pedido por parte do proprietário de colocar a estação num local mais afastado ao limite de propriedade onde é possível realizar a ligação à rede, provocando então a necessidade de realizar um ramal mais extenso.



Figura 30 - Distância entre a baixa tensão e a estação de telecomunicações GBT

A localização do posto de transformação mais próximo é igualmente importante, pois este é o ponto onde a energia é convertida para a tensão adequada antes de ser distribuída para a torre. A proximidade ao posto de transformação minimiza a necessidade de infraestruturas adicionais e reduz as perdas de energia, contribuindo para uma operação mais eficiente e económica da torre. Através da Figura 31, é compreensível o ponto do posto de transformação existente, em relação à localização da estação de telecomunicações.



Figura 31 - Posto de Transformação em relação à estação de telecomunicações GBT

3.2.1.2 RTT

A implementação de uma estação de telecomunicações num edifício exige uma preparação meticulosa, sendo o levantamento das condições existentes um componente crítico desse processo. Realizar um levantamento das condições existentes é essencial para garantir que a estação de telecomunicações será integrada de forma consonante e eficaz na infraestrutura do edifício. Este processo permite compreender o ambiente físico, as características estruturais, e as condições elétricas do edifício, o que é crucial para evitar interferências com outras funções do edifício e para assegurar que a estação opere de forma fiável. Sem um levantamento adequado, há um risco elevado de enfrentar problemas técnicos durante e após a instalação, o que pode levar a custos adicionais e até mesmo falhas no funcionamento da estação. Depois de definida a localização da estação de telecomunicações, é apresentado ao condomínio, a apresentação do impacto dos trabalhos no local, de modo que seja perceptível para os mesmos o produto final. Na Figura 32 é demonstrado um exemplo de um alçado representativo dos trabalhos a realizar na cobertura do edifício, sendo assim compreensível o resultado.

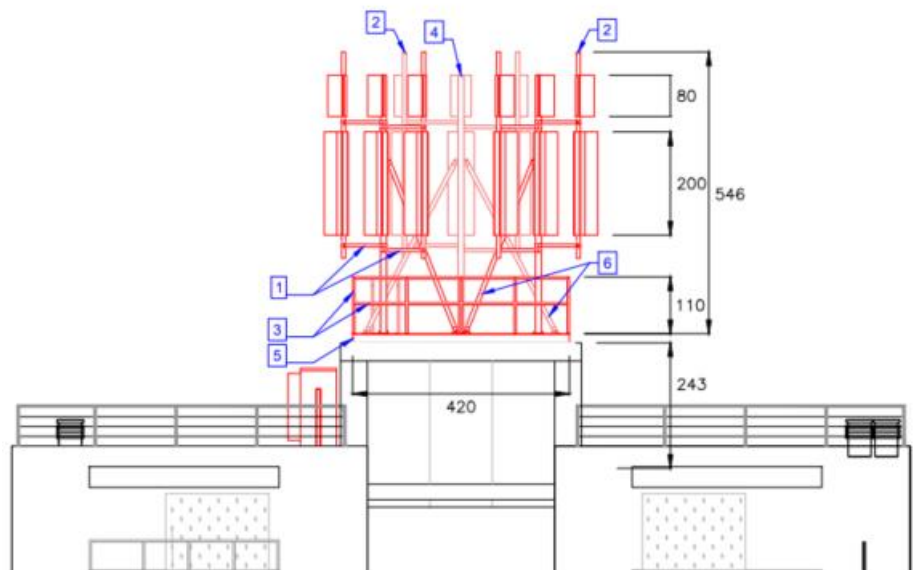


Figura 32 - Alçado frontal de uma estação de telecomunicações RTT

Em termos de trabalhos civil, é necessário verificar as condições estruturais do edifício. Assim sendo, é necessário a realização de um estudo de estabilidade para avaliar a capacidade estrutural do edifício em suportar o peso e as vibrações da estação de telecomunicações.

No que respeita à análise das condições elétricas, é essencial verificar o sistema elétrico existente no edifício para determinar se este possui capacidade para suportar as exigências energéticas da nova estação de telecomunicações. Esta verificação inclui a avaliação da capacidade das ligações elétricas, da qualidade da rede de distribuição, bem como da existência de sistemas de proteção adequados contra sobretensões e falhas de energia. A análise é realizada em conjunto com o condomínio, de modo a facilitar a identificação dos equipamentos elétricos existentes e a esclarecer os trabalhos necessários para a ligação da estação à rede elétrica. A análise inicia-se com a verificação da ligação à rede elétrica do edifício. Neste ponto, é fundamental identificar a localização do armário de distribuição (AD) de baixa tensão mais próximo e verificar se este é responsável pela alimentação elétrica do edifício. O armário de distribuição é um equipamento crucial que recebe energia de uma fonte principal, como um posto de transformação, e a distribui por vários circuitos, incluindo edifícios. O AD contém dispositivos de proteção, como fusíveis, que previnem danos aos equipamentos conectados, assegurando a segurança e fiabilidade da distribuição de energia. Assim, é evidente o papel central que o armário de distribuição desempenha na segurança do fornecimento de energia, garantindo uma distribuição eficiente e segura. Na Figura 33, é possível observar o armário de distribuição existente e o edifício onde será implementada a estação de telecomunicações, proporcionando uma visão clara de como a alimentação elétrica do edifício está organizada e suportada.



Figura 33 - Armário de distribuição e a sua alimentação

De seguida é analisada as condições existentes dentro do edifício. O primeiro passo é compreender o quadro de colunas (QC) do edifício. O QC é um quadro de distribuição secundário que é utilizado para distribuir a energia elétrica pelos diferentes pisos do edifício. Este é o responsável por receber a energia a partir da rede elétrica. A ligação à rede é feita desde o armário de distribuição, até ao interruptor de corte geral do quadro de colunas. Tal como outros quadros de distribuição, este encontra-se equipado com dispositivos de proteção, sendo neste caso fusíveis, protegendo os circuitos. Neste edifício, foi possível compreender que o QC se encontrava logo na entrada do edifício. Na análise do mesmo, compreendeu-se que tinha um interruptor de corte geral de 250A, uma coluna trifásica equipada com fusíveis de 80A e uma saída que alimenta os serviços comuns do edifício, equipada trifasicamente com fusíveis de 63A. Na Figura 34 entende-se o quadro de colunas e a sua posição no edifício.



Figura 34 - Posição do Quadro de Colunas no edifício

Na Figura 35 é apresentado o quadro de Colunas aberto, percebendo a existência do interruptor de corte geral, a saída que alimenta os serviços comuns e também a que alimenta a coluna montado do edifício, ou seja, de onde sai a alimentação para os as habitações e de futuro, para a estação de telecomunicações.



Figura 35 - Quadro de Colunas do edifício

A coluna está estabelecida nas zonas comuns do edifício para utilização coletiva, em locais de fácil acesso, sob o ponto de vista de exploração e conservação, de acordo com o disposto na secção 803.4.1 das Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT). Os troços da coluna os condutores não estão cortados ao longo do seu percurso, de acordo com o estipulado na secção 803.4.9.1 das RTIEBT. Depois de finalizada a análise feita no rés do chão, procede-se com a análise dos restantes pisos. Por piso, é necessário compreender como as alimentações são realizadas. No primeiro piso, é perceptível a existência de duas alimentações e uma caixa de colunas dentro de um armário, sendo a partir da mesma que é realizada a alimentação para as habitações. Esta situação é verificada na Figura 36.



Figura 36 - Alimentações do primeiro piso

Em seguida, procede-se à análise do piso mais relevante, pois é a partir dele que será realizada a alimentação da estação. No último piso, constatou-se a existência de uma fonte de alimentação, ao contrário do previamente analisado. Dado que as condições são equivalentes às do piso anterior, verifica-se que as infraestruturas existentes podem suportar uma alimentação adicional. Esta é a situação ideal, visto que não será necessário alterar as condições atuais para viabilizar a alimentação da estação. A partir da Figura 37, observa-se a presença de um único contador, ou seja, uma única fonte de alimentação neste piso, o que permite a instalação do contador da estação ao lado do já existente. Além disso, constata-se que a caixa de colunas possui espaço suficiente para acomodar mais um dispositivo de proteção, assegurando assim a proteção da nova instalação.



Figura 37 - Alimentações do último piso

Seguidamente, é analisada a melhor forma de realizar a alimentação da estação. O proprietário solicitou a instalação do quadro elétrico da estação RTT na cobertura do edifício. Esta exigência implica a necessidade de conduzir a alimentação desde o local previamente identificado até à cobertura. Deste modo, foi necessário encontrar a solução mais adequada para o condomínio, minimizando ao máximo o impacto visual. Através das figuras seguintes, é ilustrada a execução da alimentação da estação. A partir do contador, que será instalado pelo fornecedor de energia,

a alimentação será conduzida pelo teto falso existente, reduzindo assim o impacto visual. Na Figura 38, visualiza-se a disposição das condições existentes e o piso de acesso à cobertura.



Figura 38 - Piso de acesso à cobertura

Na Figura 39 é apresentada uma fotomontagem da furação a realizar para permitir a passagem da alimentação para a cobertura. Esta furação e passagem do cabo é obstruída através da implementação de uma calha.

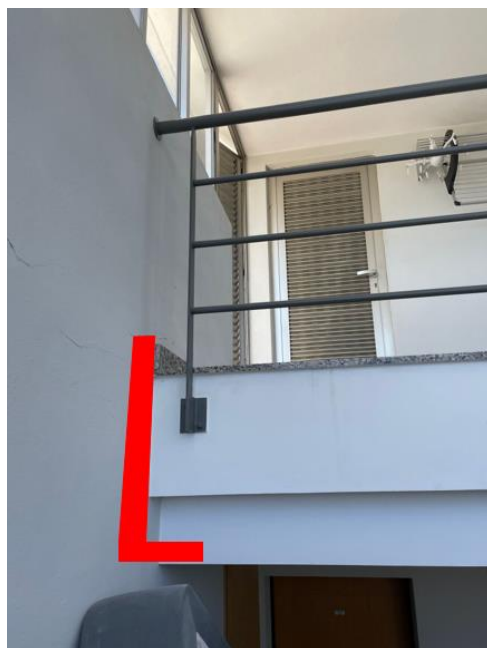


Figura 39 - Fotomontagem da realização da alimentação da estação de telecomunicações RTT

Após a análise dos trabalhos a serem executados no interior e exterior do edifício, é fundamental determinar o local adequado para a implementação do Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT). Através da Figura 40, identifica-se o local proposto para a instalação do QGBT. Considerando que o quadro elétrico deve ser fixado sobre uma superfície rígida, de forma a garantir uma afiação adequada, foi definida a seguinte posição para a sua implementação.

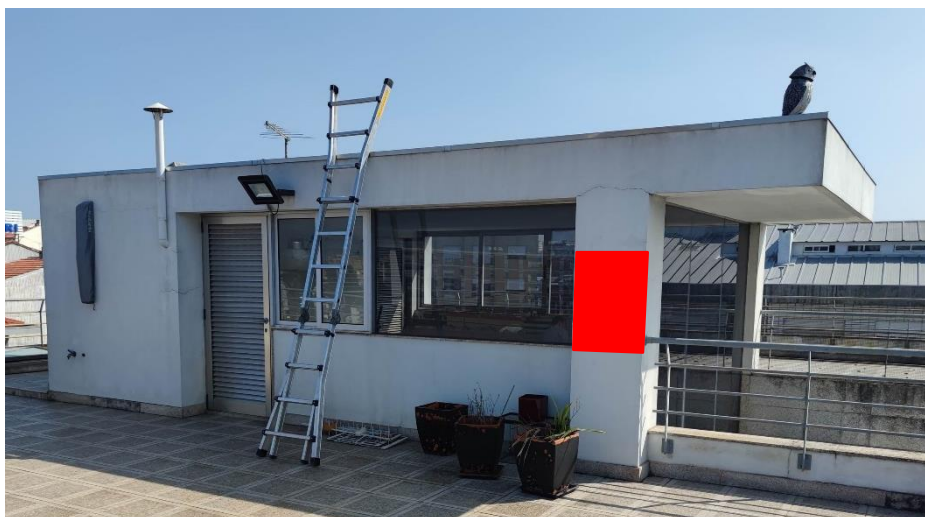


Figure 40 - Fotomontagem do local da implementação do QGBT da estação de telecomunicações RTT

O último passo no levantamento das condições existentes consiste em garantir que o edifício possui um sistema de aterramento eficaz. Este aspeto é crucial para a segurança dos equipamentos de telecomunicações, bem como para a proteção contra descargas elétricas e interferências eletromagnéticas. Caso essa condição não seja satisfatória, será necessário implementar uma nova rede de terras, com o objetivo de melhorar os valores de resistência de terra existentes no edifício.

3.2.1.3 Comparações entre GBT e RTT

A implementação de uma estação de telecomunicações num edifício e a construção de uma torre de telecomunicações requerem levantamentos técnicos distintos, dada a diversidade das suas exigências estruturais, elétricas e ambientais. No caso de uma estação situada num edifício, o levantamento técnico concentra-se na avaliação da capacidade estrutural da edificação e na integração com a infraestrutura elétrica existente, garantindo que a instalação não compromete a segurança nem a funcionalidade do imóvel. Este tipo de análise inclui, por exemplo, a verificação de sobrecargas na estrutura e a compatibilidade com os sistemas elétricos e de ventilação.

Em contraste, o levantamento para a construção de uma torre de telecomunicações envolve uma análise mais detalhada do terreno, incluindo estudos geotécnicos para assegurar a estabilidade da torre. Também se analisa a proximidade de fontes de energia e a viabilidade de fornecer eletricidade de forma eficiente e segura. Estes fatores são essenciais para garantir que a torre seja construída de forma estável e em conformidade com as normas técnicas e regulamentares aplicáveis.

Embora ambos os processos compartilhem o objetivo de assegurar uma instalação eficiente e segura, as particularidades técnicas variam significativamente. Um levantamento adequado das condições existentes é essencial para identificar desafios potenciais de forma antecipada e planejar soluções preventivas. Este processo resulta num planeamento mais preciso, tanto em termos de custos como de prazos, minimizando riscos durante a execução do projeto.

Em síntese, o levantamento das condições existentes é uma etapa fundamental na preparação do projeto elétrico de uma estação de telecomunicações, permitindo que todas as variáveis relevantes sejam consideradas. Assim, o projeto final é tecnicamente sólido, seguro e ajustado às especificidades do local de instalação.

3.2.2 Projeto das Instalações Elétricas de uma Estação de Telecomunicações

O projeto das instalações elétricas de uma estação de telecomunicações é um processo técnico que requer uma abordagem minuciosa para garantir a segurança, eficiência e continuidade operacional da estação. Este projeto deve atender a uma série de normas e regulamentos técnicos, bem como considerar as necessidades específicas dos equipamentos de telecomunicações que serão alimentados. Este processo exige uma abordagem multidisciplinar e detalhada, com o objetivo de garantir a segurança e eficiência das operações. A correta aplicação de normas técnicas e a análise detalhada das necessidades energéticas são essenciais para o sucesso do projeto e para a operação contínua da estação, sendo necessário obedecer às RTIEBT e Especificações do Operador da Rede de Distribuição (ORD).

3.2.2.1 GBT

Depois de realizado o correto levantamento das condições existentes para a implementação da estação de telecomunicações GBT, é possível iniciar o projeto elétrico. Para tal, é necessário inicialmente definir o local do ponto de entrega e da estação em concreto. Tendo em conta a estação já referenciada anteriormente, é notório onde é o último local em baixa tensão, sendo este coerente com os limites da propriedade. Assim sendo, o ponto de entrega ficará junto ao poste da baixa tensão, permitindo no futuro a ligação à rede através de uma baixada no poste existente. Como já estão definidos o ponto de entrega e a localização da estação, é possível avançar com o respetivo projeto elétrico.

No início de um projeto elétrico é necessário preencher um documento, sendo este a Identificação do Projeto de Instalações Elétricas de Serviço Particular. Esta documentação vem em seguimento ao artigo 20.º do Decreto-Lei n.º 96/2017, de 10 de agosto, alterado pela Declaração de Retificação n.º 33/2017 - Diário da República n.º 194/2017, Série I de 2017-10-09 e Declaração de Retificação n.º 29/2017 - Diário da República n.º 191/2017, Série I de 2017-10-03, com a alteração promovida pela a Lei n.º 61/2018, de 21 de agosto, que procede à primeira alteração, por apreciação parlamentar (*Instalações Elétricas de Serviço Particular: Tipo A, B e C, n.d.*). Este necessita do preenchimento de quatro pontos:

- Promotor / Entidade Exploradora;
- Técnico responsável pelo projeto;
- Identificação do imóvel;
- Identificação da instalação elétrica.

A Entidade Exploradora é a empresa que pretende construir a estação de telecomunicações, ou seja, é uma operadora. Relativamente ao técnico responsável pelo projeto, este é quem realiza o projeto. Para poder realizar um projeto elétrico, é necessário estar inscrito na Ordem dos Engenheiros (OE) e na Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG). No que diz respeito à identificação do imóvel, é necessário apresentar os dados da instalação a realizar. Na Tabela 4 é apresentado os dados em questão.

Tabela 4 – Dados de Identificação do Projeto

Identificação do local de implementação (Rua, freguesia, concelho, distrito e coordenadas)
Número de Identificação do Prédio (NIP)
Tipo de estabelecimento
Tensão da Rede Elétrica de Serviço Público (RESP)
Potência a alimentar pela RESP

O NIP (Número de Identificação da Instalação) é um identificador numérico sequencial atribuído a cada instalação para efeitos de tratamento e gestão de informação. Além da representação gráfica georreferenciada da instalação, este número está associado a outros dados e elementos que permitem uma caracterização mais detalhada da mesma (*Manual de Ligações à Rede | E-REDES*, n.d.). A RESP refere-se ao conjunto de infraestruturas destinadas ao transporte e à distribuição de eletricidade, integrando a rede de distribuição em baixa tensão. No Anexo A, segue a ficha de identificação do projeto, devidamente preenchida, mas sem a apresentação da entidade exploradora e do técnico responsável pelo projeto. O projeto refere-se à estação GBT localizada na freguesia de França, concelho e distrito de Bragança. A potência estabelecida para a estação é de 20,7 kVAs.

Consecutivamente, foram preenchidos os documentos técnicos necessários, como a Ficha Eletrotécnica e o Termo de Responsabilidade de Execução de Instalações Elétricas de Serviço Particular. Estes documentos são fundamentais para a realização de operações relacionadas à energia elétrica, especialmente em casos de novas ligações à rede. Todos os documentos estão aprovados pela DGEG (*Instalações Elétricas de Serviço Particular: Tipo A, B e C*, n.d.). Está presente no Anexo B, C e D a documentação necessária para a abertura do Pedido de Ligação à Rede (PLR). O PLR é o processo formal com o fornecedor de energia para garantir o fornecimento de eletricidade num ponto específico, neste caso, para a ligação da estação GBT à rede. Após o envio da documentação, é gerado um número de PLR, juntamente com uma

carta contendo os encargos iniciais a pagar. O fornecedor de energia apenas dará seguimento à análise da ligação à rede após o pagamento destes encargos. Na Figura 41, é apresentado um exemplo de uma carta de encargos iniciais para uma nova estação de telecomunicações GBT. A potência requisitada para esta estação é de 20,7 kVAs, e o número do PLR é 910000267607, assegurando a continuidade do processo de ligação à rede elétrica.



Figura 41 - Exemplo de carta dos encargos iniciais

Seguidamente, também é necessário o correto preenchimento do Termo de Responsabilidade do Projeto de Instalações Elétricas de Serviço Particular, apresentado no Anexo D. Este termo responsabiliza o projetista da realização do respetivo projeto elétrico. Tanto o Termo de Responsabilidade do Projeto, bem como o de execução, para o seu correto preenchimento, são necessários os dados já apresentados anteriormente na Ficha de Identificação. Nos termos, os dados da identificação da instalação elétrica variam ligeiramente. Neste caso é necessário apresentar o NIP e o código do Ponto de entrega (CPE). O CPE é o número que identifica a instalação elétrica. No que diz respeito à Ficha Eletrotécnica, é adicionado o campo da Caracterização do imóvel, em que este campo apresenta os dados presentes na Tabela 5.

Tabela 5 – Dados de Caracterização do imóvel

Descrição do Imóvel
Classificação das instalações
Instalação
Total Ramais

Visto esta ser uma nova instalação, a instalação é definida como nova e o número de ramais como zero. Caso fosse uma instalação existente, a caracterização da instalação teria de ser definida como tal. Relativamente à descrição do imóvel e à classificação das instalações, estas estão demonstradas na Tabela 6.

Tabela 6 – Dados da descrição do imóvel e classificação das instalações

Descrição do Imóvel	Classificação das instalações
Coletivo	Edifícios do tipo administrativo
Condomínio Fechado	Edifícios escolares
Eventual	Edifícios hospitalares
Iluminação Pública	Empreendimentos turísticos e similares
Obras	Estabelecimentos agrícolas ou pecuários
Outros	Estabelecimentos comerciais
Posto de Transformação de distribuição	Estabelecimentos de culto
Unifamiliar	Estabelecimentos Industriais
	Estabelecimentos recebendo público
	Locais afetos a serviços técnicos
	Locais de habitação
	Parques de Estacionamento Cobertos;
	Recintos de espetáculos e divertimento público fechados
	Recintos de espetáculos e divertimentos públicos ao ar livre

Relativamente aos seus dados, esta é considerada na descrição do imóvel como outros. Na classificação das instalações é assumida como um local afeto a serviços técnicos.

Seguidamente é realizada a memória descritiva, sendo esta dividida nos seguintes tópicos:

- Localização;
- Caracterização da Instalação;
- Alimentação;
- Características das Instalações Elétricas;
- Terra de Proteção;
- Classificação dos Locais e Índices de Proteção;
- Proteção contra Contactos Acidentais na Instalação de utilização;
- Proteção contra Contactos Diretos na Instalação de utilização;
- Proteção Contra Sobrecargas;
- Proteção Contra Curto-Circuitos;
- Dimensionamento da instalação.

A localização como já apresentado anteriormente é na Rua De Santo António S/N 5300-542 França. A zona de intervenção encontra-se destacada na Figura 42.



Figura 42 - Localização da Estação de Telecomunicações GBT

Na caracterização da instalação é necessário referir que o quadro elétrico da Estação GBT é alimentado a partir de um ramal independente. A alimentação tem origem na portinhola e contador, localizados no acesso à estação, no limite da propriedade e com acesso a partir da via pública. Esta situação é demonstrada em anexo. Como apresentado na Figura 43, a partir da DIT-C14-100, é possível compreender o que é necessário obedecer na construção do ponto de

entrega (*Ligações à Rede de Instalações de Utilização Tipo Mobiliário Urbano - Soluções Técnicas | E-REDES, n.d.*).

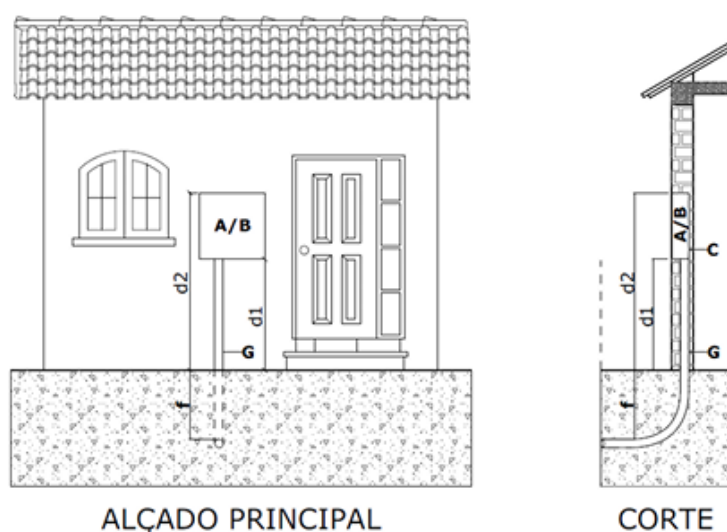


Figura 43 - Princípios gerais das ligações a partir da rede subterrânea (*Ligações à Rede de Instalações de Utilização Tipo Mobiliário Urbano - Soluções Técnicas | E-REDES, n.d.*)

Sendo que:

- A/B – Espaço para Portinhola e Caixa de Contagem (acessível pela via pública/externor da habitação);
- C - Conduto de ligação entre a portinhola e a caixa de contagem;
- G – Tubo PEAD 63mm e IK 08 (em alternativa ao PEAD, dentro do muro poderá ser utilizado o tubo PVC com PN 6);
- d1 - Entre 0,25 m e 0,80 m – no caso da portinhola;
- d1 - 0,70 m – no caso da caixa de contagem (mínimo);
- d2 - 1,55 m – no caso da portinhola (máximo);
- d2 - 1,70 m – no caso da caixa de contagem;
- f – 0,70 m (mínimo).

A instalação é alimentada em Baixa Tensão, a partir da rede de distribuição pública através de um ramal de alimentação à Entrada Independente. As instalações são alimentadas por um ramal em Baixa Tensão independente à tensão de 230/400 [V] com Frequência de 50 [Hz], a partir da rede pública de distribuição local, pertencente à E-REDES - Distribuição de Eletricidade, S.A.

No que concerne às características das instalações elétricas, o nível de qualidade e as marcas dos materiais e equipamentos a serem instalados devem ser cuidadosamente verificados, cumprindo com o estipulado na secção 511 das RTIEBT. Todos os materiais utilizados na execução da instalação devem estar em conformidade com a Diretiva de BT e as normas do Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica (CENELEC), devendo ser acompanhados dos respetivos certificados de conformidade. O índice de proteção (IP) mínimo dos equipamentos instalados, de acordo com a classificação do local, é de IP55, enquanto o índice de proteção mecânica (IK) mínima é de IK07.

As secções dos cabos foram dimensionadas com base nas cargas previstas, em conformidade com os requisitos mínimos regulamentares, e tendo em consideração as condições de aquecimento, sobrecarga e queda de tensão (3% para iluminação e 5% para outras utilizações). Os condutores de proteção seguem as secções regulamentares e percorrem a mesma canalização que os condutores ativos. Dado que a instalação requer uma potência de 20,7 kVA trifásicos, o quadro elétrico a instalar deverá também ser trifásico, sendo constituído por módulos pré-fabricados com um índice de proteção não inferior a IP54 e IK09. O equipamento de corte e proteção que será instalado no quadro elétrico deverá ter um poder de corte mínimo de 6 kA. A fixação deste equipamento será feita numa estrutura perfilada, garantindo fácil acessibilidade a todos os aparelhos.

Os circuitos auxiliares de comando e sinalização devem ser instalados em calhas apropriadas, utilizando condutores com uma secção mínima de 1,5 mm². Os condutores isolados não podem ser instalados sobre arestas ou quinas vivas, nem em peças com potencial elétrico diferente. Além disso, todos os elementos ativos, condutores de interligação e bornes de ligação devem ser devidamente identificados, de forma a facilitar a manutenção e eventuais alterações futuras. Os painéis frontais dos módulos do quadro elétrico deverão ser identificados com etiquetas sobrepostas a cada equipamento de proteção, indicando claramente os circuitos a que se destinam.

A terra de proteção da instalação deverá ser única, e o eletrodo correspondente deverá ser projetado em conformidade com o ponto 542.2 das RTIEBT. A profundidade mínima do eletrodo em relação à superfície do solo será de 0,8 m, para prevenir o aparecimento de tensões de passo. Considerando que o eletrodo de terra deverá ser único, todas as estruturas metálicas, internas e externas, devem ser ligadas ao mesmo referencial de terra, garantindo uma

superfície equipotencial entre elas. Relativamente à classificação dos locais e aos índices de proteção, a instalação de uma antena é definida como um local destinado a serviços técnicos, de acordo com a secção 801.4 das RTIEBT. O equipamento instalado será apropriado para suportar as influências externas às quais poderá estar exposto, em conformidade com a secção 321 das RTIEBT. A Tabela 7 apresenta a classificação dos locais e os índices de proteção adequados a cada área da instalação.

Tabela 7 - Classificação quanto às influências externas

Influência Externa	Código
Temperatura Ambiente	AA7
Condições Climáticas	AB7
Altitude	AC1
Presença da Água	AD3
Presença de Corpos Sólidos Estranhos	AE4
Presença de Substâncias Corrosivas ou Poluentes	AF1
Ações Mecânicas - Impactos	AG1
Ações Mecânicas - Vibrações	AH1
Presença de Flora ou de Bolores	AK1
Presença de Fauna	AL1
Influências Eletromagnéticas, Eletrostáticas ou Ionizantes	AM1
Radiações Solares	AN3
Efeitos Sísmicos	AP1
Descargas Atmosféricas, Nível Ceráunio (N)	AQ1
Movimentos do Ar	AR1
Vento	AS2
Competência das Pessoas	BA5
Resistência Elétrica do Corpo Humano	BB1
Contactos das Pessoas com o Potencial da Terra	BC2
Evacuação das Pessoas em caso de Emergência	BD1
Natureza dos Produtos Tratados ou Armazenados	BE1
Materiais de Construção	CA1
Estrutura dos Edifícios	CB1

No que diz respeito à proteção contra contactos acidentais na instalação elétrica de utilização, a proteção contra contactos indiretos será assegurada mediante o uso de dispositivos sensíveis à corrente diferencial-residual e a ligação das massas à terra. Desta forma, garante-se que não haja tensão de contacto superior a 50 V em qualquer massa ou elemento condutor estranho à instalação, conforme as disposições da secção 131.2.2 e das secções 411 e 413 das RTIEBT. No âmbito da implementação do sistema TT, devem ser observadas as seguintes condições:

- Tensão de contacto não superior a 50 V;
- Corte automático de defeito para 300 mA. Caso o valor da resistência de terra medido na instalação seja superior a 166 ohms, o diferencial é alterado para 30mA;
- Todas as massas metálicas da instalação suscetíveis de ficarem sob tensão devem ser ligadas ao circuito de terra de proteção através de um condutor de proteção, que seguirá os condutores ativos, integrando o circuito.

Os condutores de proteção que não estejam integrados na canalização de alimentação devem ter uma secção mínima de 2,5 mm², se forem de cobre com proteção mecânica, ou 4 mm², se não tiverem proteção mecânica, conforme o ponto 543.1.3 das RTIEBT. Estes condutores devem ser identificados com a cor verde-amarela e seguir os requisitos normativos. O dispositivo de corte automático será sensível à corrente diferencial, com um relé diferencial de 300 mA e rearme automático, assegurando a proteção da instalação. A proteção contra contactos diretos é garantida pela adoção de medidas regulamentares, como isolamentos e o afastamento das partes ativas, segundo as secções 131.2.1, 411 e 412 das RTIEBT.

A proteção contra as sobrecargas deve ser coordenada com a proteção contra os curto-circuitos. Estes dispositivos, de acordo com a secção 432.1 das RTIEBT, poderão ser:

- Disjuntores (com disparadores de sobrecarga e de máximo de corrente);
- Disjuntores associados a fusíveis;
- Fusíveis do tipo gG.

As características tempo/corrente destes dispositivos devem obedecer às normas da secção 432.4 das RTIEBT. A corrente nominal (I_n) dos aparelhos de proteção indicados no esquema elétrico não pode exceder a corrente máxima admissível (I_z) nas canalizações, conforme as normas NP 918, NP 919 e NP 920. A secção nominal dos condutores deve respeitar a expressão:

$$I_B \leq I_n \leq I_z \quad (1)$$

Segundo a secção 433.2 das RTIEBT, as características dos dispositivos de proteção devem satisfazer as seguintes condições:

$$I_B \leq I_n \leq I_z; \quad (2)$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z \quad (3)$$

Onde:

- I_B - Corrente de serviço do circuito;
- I_2 - Corrente convencional de funcionamento.

Todas as correntes referenciadas anteriormente são expressas em Amperes.

Os dispositivos de proteção contra curto-circuitos devem garantir que o poder de corte é superior à corrente de curto-circuito presumida no ponto de instalação, e o tempo de corte não pode ultrapassar o necessário para elevar a temperatura dos condutores ao limite admissível, conforme as secções 434.3.1 e 434.3.2 das RTIEBT. Para curtos-circuitos inferiores a 5 segundos, o tempo necessário para elevar a temperatura máxima dos condutores pode ser calculado com:

$$\sqrt{t} = K \times (S / I_{cc}) \quad (4)$$

Onde:

- K - 115 (para condutores de cobre com isolamento em PVC);
- I_{cc} - Corrente de curto-circuito efetiva, isto é, a corrente que resulta de um curto-circuito franco verificado no ponto mais afastado do circuito considerado, expressa em amperes;
- S - Secção nominal da corrente nos condutores, expressa em milímetros quadrados;
- T - Tempo de corte da corrente nos condutores (máximo de 5 segundos).

O dimensionamento da alimentação para a estação de telecomunicações GBT, com uma potência de 20,7 kVAs trifásicos, resulta numa corrente de serviço de:

$$I_b = \frac{P_t}{\sqrt{3} \times U_c} = \frac{20,7}{\sqrt{3} \times 400} = 29,9 A \quad (5)$$

Em que:

- P_t – Potência a instalar;
- U_c - Tensão composta da rede (neste caso é alimentado por rede trifásica (400V)).

Para o cálculo da secção dos condutores de alimentação, consultaram-se os quadros 52H e 52-C30. Considerando que a canalização será enterrada e serão usados condutores de cobre com isolamento polietileno reticulado, ou seja, XLPE, a secção nominal necessária é de 25 mm². A corrente máxima admissível para estes condutores, a 25°C, de 144A.

O dispositivo de proteção escolhido é um fusível do tipo gG, que oferece proteção contra sobrecargas e curto-circuitos. A intensidade nominal do fusível será de 50 A, superior à corrente de serviço IB = 29,9A. A corrente de funcionamento será de 80 A, pois I2 = 1,6 x IN, garantindo o cumprimento das condições necessárias para proteção e como compreendido através da Tabela 8.

Tabela 8 - Cálculo do aparelho de proteção contra sobreintensidades

kVA	20,7	
IB	29,9	A
IN	50,0	Disjuntor/ Fusíveis
IZ	144,0	Tabelas Iz
I2	80,0	A
1,45xIZ	208,8	A

De seguida verificou-se a condição de queda de tensão, que de acordo com a secção 803.2.4.4.2 das RTIEBT, não deverá ser superior a 1,5 %, para o troço da instalação entre os ligadores da saída da portinhola e a origem da instalação elétrica, no caso das instalações individuais. A fórmula para o cálculo da queda de tensão é a seguinte:

$$u = b \times \left(\rho_1 \times \frac{L}{S} \times \cos \varphi + \lambda \times L \times \sin \varphi \right) \times IB \quad (6)$$

Em que:

- b – Coeficiente é assumido como 1, caso a instalação seja trifásica e como 2 para monofásica;
- ρ_1 - Resistividade elétrica dos condutores em serviço, que neste caso é de cobre (0,0225);
- L – Comprimento da alimentação em metros (110 metros);
- S - Secção dos condutores utilizados na instalação (25 mm²)

Caso de Estudo

- φ - ângulo de esfasamento entre a tensão simples respetiva e a corrente (para corrente contínua = 0);
- λ - reatância linear dos condutores (igual a 0 para circuitos de corrente contínua), em Ω/m ;
- IB – Corrente de Serviço, em Amperes (29,9 A).

Na Tabela 9 é verificado que a queda de tensão apresenta um valor de 1,29 %, respeitando então o limite estabelecido de 1,5 %.

Tabela 9 - Cálculo da Queda de Tensão

Queda de Tensão		
Secção	25	mm ²
Comprimento	110	m
IB	29,88	A
Queda Tensão	2,96	V
Queda Tensão	1,29	%

Assim sendo, verifica-se que a instalação terá fusíveis de 50A e que a alimentação deverá ser realizada com um cabo de cobre XLPE de secção de 25 mm², de modo a cumprir com a queda de tensão. Depois de concluída a memória descritiva, para finalizar o projeto elétrico, é necessário realizar as seguintes peças desenhadas:

- Planta de Localização da Estação de Telecomunicações;
- Alimentação da Estação de Telecomunicações;
- Esquema Unifilar do Quadro Elétrico instalado;
- Vista Frontal do Quadro Elétrico instalado.

As peças desenhadas encontram-se disponíveis nos Anexos E, F, G e H. Em suma, o projeto elétrico necessita dos seguintes documentos:

- Ficha de Identificação do Projeto;
- Ficha Eletrotécnica;
- Termo de Responsabilidade de Execução;
- Termo de Responsabilidade pelo Projeto;
- Memória Descritiva;
- Peças Desenhadas.

3.2.2.2 RTT

No que se refere ao projeto de uma torre de telecomunicações, a implementação de uma estação de telecomunicações em um edifício apresenta muitas semelhanças. Ambos os projetos requerem os mesmos documentos mencionados anteriormente. Contudo, a memória descritiva de um projeto para uma estação RTT deve incluir a análise de um conjunto mais amplo de parâmetros, dada a complexidade adicional envolvida nesse tipo de instalação.

No caso do projeto mencionado, referente à estação RTT na Rua da Arroteia, nº 13, Porto, após o levantamento das condições existentes no local, foi possível avançar com o projeto. O NIP do edifício é o 7693053, e a potência definida para a estação de telecomunicações é de 34,5 kVAs, enquanto a potência total do edifício será de 86,25 kVAs. Esta informação é fundamental para completar a Ficha Eletrotécnica, apresentada no Anexo I, permitindo a identificação dos CPEs existentes e a análise das necessidades energéticas. O acesso ao portal da DGEG possibilita a verificação dos dados relacionados ao NIP e aos CPEs, facilitando a visualização da infraestrutura elétrica existente e garantindo que o dimensionamento da instalação seja adequado. Na Figura 44, são apresentados os dados presentes na plataforma da DGEG, correspondente à instalação na Rua da Arroteia, nº.13, 4200-092 Porto. É possível comprovar que a estação RTT já se encontra presente no edifício.

Consulta NIP

Informação relativa ao NIP

Operador de Rede: * E-REDES - DISTRIBUIÇÃO DE ELETRI
 Ident. Prédio (NIP): * 07693053

CPE	Local utilização	Fração	PMA	Entrada
✓ PT0002000086272375ME	Habitação-Serviços Cor	COMUNS	20.70	T
✓ PT0002000086272386YX	Habitação	1-HA 1	10.35	M
ⓘ PT0002000086272409FX	Habitação	2-HA 3	10.35	M
✓ PT0002000086272422PT	Habitação	1-HA 2	10.35	M
✓ PT0002000203229042PX	Antenas	ANTENA	34.50	T

Localização

Morada: RUA DAARROTEIA, nº 13
 Código Postal: 4200 - 092 PORTO

Figura 44 - Dados da Instalação da Estação RTT

Nesta memória descritiva, são abordados os seguintes pontos, distintos da versão anteriormente apresentada:

- Constituição do Imóvel;
- Descrição da Situação Atual;
- Cálculo do Quadro dos Serviços Comuns (QSC);
- Cálculo da Coluna Montante (CM);
- Cálculo do Interruptor de Corte Geral do Quadro de Colunas do Edifício.

Relativamente à constituição do imóvel, esta foi analisada durante o levantamento das condições existentes. Verificou-se que o edifício é composto por um quadro de serviços comuns (QSC) e dois pisos. No primeiro piso, encontram-se duas habitações, enquanto no segundo piso existe uma única habitação. A descrição da situação atual revela que o edifício é servido por um ramal de alimentação à entrada coletiva. No entanto, é necessário proceder à substituição deste ramal, de forma a suportar a potência necessária, em virtude da presença de uma estação RTT no edifício. No que concerne à análise do QSC, após consulta e interpretação dos dados disponíveis na plataforma da DGEG, apurou-se que a potência é de 20,7 kVA. O cálculo da corrente correspondente é dado pela seguinte expressão:

$$I_b = \frac{Pt}{\sqrt{3} \times U_c} = \frac{20,7}{\sqrt{3} \times 230} = 29,9 \text{ A} \quad (7)$$

Com base neste cálculo, será implementado um conjunto de fusíveis de 40A, juntamente com um cabo de cobre XLPE de 10 mm². Este fusível apresenta uma corrente nominal de 64A, visto que I₂ = 1,6 x I_N. Conforme o Quadro 52-C3 das Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT), verifica-se, através da Tabela 10, que todas as condições de dimensionamento são cumpridas.

Tabela 10 - Cálculo do dimensionamento do Quadro de Serviços Comuns

kVA	20,7	
I _B	29,9	A
I _N	40	Disjuntor/ Fusíveis
I _Z	50	Tabelas I _Z
I ₂	64	A
1,45xI _Z	72,5	A

No que diz respeito à queda de tensão no QSC, considerando que a distância do percurso do cabo é de aproximadamente 10 metros, verifica-se igualmente, através da Tabela 11, que o valor da queda de tensão está dentro dos limites regulamentares exigidos.

Tabela 11 - Queda de Tensão do QSC

Queda de Tensão		
Secção	10	mm ²
Comprimento	10	m
IB	29,88	A
Queda Tensão	0,67	V
Queda Tensão	0,29	%

Para o cálculo da coluna montante, é necessário proceder à análise dos dados disponibilizados na plataforma da DGEG. Considerando que o edifício é constituído por três habitações, o coeficiente de simultaneidade é igual a 1. Sabendo que cada uma das habitações possui uma Potência Máxima Admissível (PMA) de 10,35 kVA e que a estação RTT do edifício tem uma PMA de 34,5 kVA, a potência total é dada pela seguinte expressão:

$$Pt = (3 \times 10,35) + 34,5 = 65,55 \text{ kVA} \quad (8)$$

$$Ib = \frac{Pt}{\sqrt{3} \times Uc} = \frac{65,55}{\sqrt{3} \times 400} = 94,61 \text{ A} \quad (9)$$

Assim sendo, os fusíveis de proteção a instalar serão de 100 A, do tipo gG. Estes fusíveis possuem uma corrente nominal de funcionamento de 160 A, sendo que $I_2 = 1,6 \times I_N$. Para assegurar o cumprimento das normas relativas a sobrecarga e curto-circuito, a canalização existente será substituída por condutores de cobre XLPE do tipo H07XV-R, com secção de $3 \times 35 + 2 \times 25 \text{ mm}^2$. A análise das condições especificadas na Tabela 12 confirma a conformidade com os requisitos normativos.

Tabela 12 - Cálculo do dimensionamento da Coluna Montante

kVA	65,55	
IB	94,61	A
IN	100	Disjuntor/ Fusíveis
IZ	144	Tabelas Iz
I2	160	A
1,45xIZ	208,8	A

No que diz respeito à queda de tensão na CM, sabendo que a distância é aproximadamente 25 metros, verifica-se na tabela 13 que o valor da queda de tensão está dentro dos limites definidos.

Tabela 13 - Queda de Tensão da Coluna Montante

Queda de Tensão		
Secção	35	mm ²
Comprimento	25	m
IB	94,61	A
Queda Tensão	1,52	V
Queda Tensão	0,66	%

O interruptor de corte geral deve ter uma capacidade superior à corrente de serviço calculada previamente. Com base nas potências das três habitações, do QSC e da estação RTT, a potência total do sistema é calculada da seguinte forma:

$$Pt = (3 \times 10,35) + 20,7 + 34,5 = 86,25 \text{ kVA} \quad (10)$$

$$Ib = \frac{Pt}{\sqrt{3} \times Uc} = \frac{86,25}{\sqrt{3} \times 400} = 124,49 \text{ A} \quad (11)$$

Dado que o interruptor de corte geral atualmente instalado no edifício tem uma capacidade nominal de 250 A, conclui-se que este valor é adequado e não será necessária à sua substituição.

Adicionalmente, foi efetuado o cálculo da alimentação da estação RTT. Considerando que a PMA é de 34,5 kVAs, o fusível a implementar terá um In de 63A. Este fusível apresentará uma corrente de funcionamento de 101 A, sendo que $I_2 = 1,6 \times I_N$. O cabo selecionado para esta alimentação será de cobre XLPE com uma secção de 16 mm². Com base no método de referência B2 e consultando o Quadro 52-C13 das RTIEBT, verifica-se, através da Tabela 14, que todas as condições de dimensionamento são cumpridas.

Tabela 14 - Cálculo do dimensionamento da instalação da estação RTT

kVA	34,5	
IB	49,8	A
IN	63	Disjuntor/ Fusíveis
IZ	80	Tabelas Iz
I2	101	A
1,45xIZ	116	A

Considerando que a distância da alimentação é de 20 metros, foi realizada a verificação da queda de tensão. Conforme a Tabela 15, o valor da queda de tensão encontra-se dentro dos limites estabelecidos pelas normas regulamentares.

Tabela 15 - Cálculo da queda de tensão da instalação da estação RTT

Queda de Tensão		
Secção	16	mm ²
Comprimento	20	m
IB	49,8	A
Queda Tensão	1,40	V
Queda Tensão	0,61	%

As peças desenhadas do projeto RTT encontram-se disponíveis nos Anexos J, K, L e M.

3.2.2.3 Comparações entre GBT e RTT

A comparação entre um projeto elétrico para uma torre de telecomunicações e um projeto para uma estação de telecomunicações instalada num edifício envolve a análise das diferenças fundamentais em termos de requisitos, desafios e soluções que cada um destes contextos apresenta. Embora ambos os tipos de projetos partilhem o objetivo comum de assegurar a operação contínua e eficiente dos sistemas de telecomunicações, existem diferenças significativas no que respeita à infraestrutura, ambiente operacional e exigências técnicas.

As torres de telecomunicações são tipicamente estruturas isoladas, frequentemente localizadas em áreas remotas ou de difícil acesso. O principal desafio reside em garantir que o local disponha de uma rede de baixa tensão adequada, de modo a alimentar a estação GBT. Neste contexto, o projeto elétrico precisa de ser cuidadosamente planeado para atender às especificidades do terreno e das distâncias envolvidas. Por outro lado, uma estação instalada num edifício beneficia de uma infraestrutura preexistente, como a rede elétrica urbana, sistemas de climatização e proteção contra incêndios. O projeto elétrico neste contexto foca-se na integração com estas infraestruturas, assegurando que a nova instalação não interfira nem sobrecarregue os sistemas existentes. Assim, a alimentação elétrica pode ser facilmente derivada da rede de baixa tensão já instalada no edifício, simplificando o processo de alimentação da estação RTT.

Em termos de distribuição de energia, as torres de telecomunicações exigem um projeto que minimize a queda de tensão ao longo de grandes distâncias. No caso do projeto GBT analisado,

a alimentação da estação deve ser efetuada ao longo de 110 metros, o que requer atenção especial devido à extensão do ramal. Em contraste, num edifício, a distribuição de energia pode aproveitar a infraestrutura existente, embora seja necessário garantir que esta suporte as cargas adicionais sem comprometer a estabilidade e a continuidade da alimentação. É também essencial realizar uma análise rigorosa das condições elétricas preexistentes no edifício para verificar se estas são adequadas à potência requerida pela estação RTT. Este processo envolve a avaliação de conformidade com as normas de segurança e construção aplicáveis ao edifício, assegurando que as alterações na instalação elétrica não comprometem a integridade estrutural ou a segurança do edifício.

Adicionalmente, a instalação de torres de telecomunicações está sujeita a regulamentações específicas, que podem variar conforme a localização. Estas regulamentações incluem normas de construção, requisitos ambientais e diretrizes para mitigar impactos visuais e radioelétricos. O projeto elétrico para uma torre deve, portanto, estar em conformidade com estas normas, o que pode implicar exigências adicionais de certificação e inspeção.

Em contrapartida, instalação de uma estação numa estrutura preexistente, como um edifício, exige uma avaliação detalhada da conformidade com as normas de construção e segurança aplicáveis. Esta avaliação deve garantir que os sistemas elétricos preexistentes são compatíveis com os novos requisitos de carga e que a integração é feita de forma segura e eficiente.

Em conclusão, embora ambos os projetos visem garantir a instalação de sistemas de telecomunicações fiáveis e eficientes, as diferenças no ambiente físico, na infraestrutura disponível e nas exigências regulamentares tornam o processo de design e implementação distinto em cada caso. Uma torre de telecomunicações requer um enfoque robusto na autonomia energética, proteção contra os elementos naturais e manutenção remota, enquanto uma estação instalada num edifício envolve a integração cuidadosa com sistemas preexistentes e conformidade rigorosa com normas de segurança e compatibilidade.

3.2.3 Ligação à rede

A ligação de uma estação de telecomunicações à rede elétrica é um aspeto crucial para garantir a operação contínua e estável dos equipamentos. Este processo deve ser cuidadosamente projetado para atender às necessidades de carga da estação, assegurar a proteção contra falhas de energia e mitigar possíveis interferências elétricas. A seguir, serão abordados os procedimentos para a ligação à rede, tanto para uma torre de telecomunicações como para uma estação RTT instalada num edifício, destacando as diferenças em termos de complexidade e exigências.

3.2.3.1 GBT

A ligação à rede de uma estação GBT é geralmente um processo simples e direto. O primeiro passo envolve o preenchimento correto da Ficha Eletrotécnica e do Termo de Responsabilidade de Execução de Instalações Elétricas de Serviço Particular. Estes documentos são então submetidos ao fornecedor de energia, a fim de iniciar o processo de abertura de um PLR, conforme exemplificado no caso do PLR 910000267607 apresentado anteriormente. Na Figura 45 é apresentado o PLR em questão

Pedido: 910000267607
 Número de Cliente: 1105187225
 NIP: 12304020
 CPE: PT0002000203408119CD
 Morada de Fornecimento:
 RUA DE SANTO ANTONIO S/N MONTEZINHO
 FRANÇA

O orçamento para o pedido de ligação à rede está concluído

Caro(a) Cliente,

O orçamento para o pedido de ligação à rede está concluído
 Apresentamos o orçamento e enviamos em anexo as condições gerais de ligação à rede.

Identificação do pedido

Requisitante:
 Local da instalação: RUA DE SANTO ANTONIO S/N MONTEZINHO 5300-542 FRANÇA
 Freguesia: FRANÇA
 Concelho: BRAGANCA

Condições técnicas da ligação

Potência Requisitada: 20,70 kVA Tensão de fornecimento: 230/400 V

* Características da ligação a construir nos termos do Regulamento de Relações Comerciais (RRC):

Elementos de Ligação		Aéreo	Subterrâneo	Total
	Comprimento [m]	0	13	13
Uso Exclusivo	Tipo	-----	LSVAV	
	Secção [mm ²]	0	16	

Figura 45 - Pedido de Ligação à rede de uma estação GBT

Caso de Estudo

Após o pagamento dos encargos iniciais, o fornecedor de energia tem até quinze dias úteis para analisar como a estação será alimentada a partir da rede existente. Com base nesta análise, é emitido um orçamento de execução e um croqui detalhando o ramal de ligação necessário. Neste caso específico, para fornecer 20,7 kVA a partir da rede existente, o ramal a executar será de baixa tensão, com uma secção de 16 mm² e uma extensão de 13 metros, como apresentado anteriormente. O cabo a instalar será um LSVAV 4x16 mm² e a sua ligação será efetuada a partir de um apoio de baixa tensão já existente no local. Na Figura 46 é apresentado o croqui do ramal a executar, tendo em conta o PLR 910000267607.

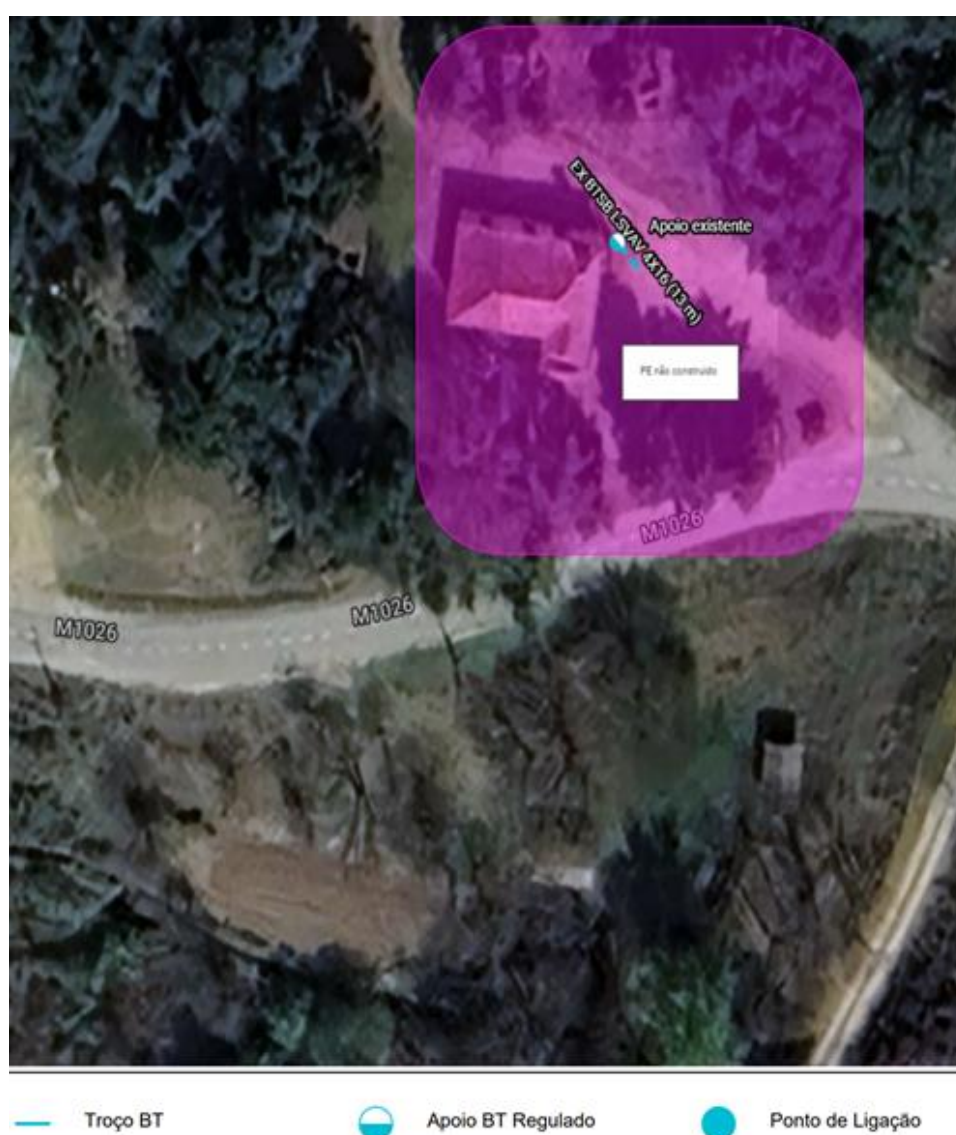



Figura 46 - Croqui do Pedido de Ligação à rede de uma estação GBT

Após a execução do ramal e a conclusão da construção da estação GBT, é necessário certificar a instalação elétrica antes de proceder à ligação à rede. Para tal, deve ser solicitada uma

inspeção a uma entidade credenciada para realizar verificações em unidades de produção ligadas à baixa tensão. A lista de entidades habilitadas pode ser obtida no site da DGEG. A emissão do certificado de inspeção depende de a instalação elétrica estar conforme o projeto aprovado e cumprir todas as normas aplicáveis. Após obter o Relatório de Inspeção de Instalações Elétricas de Serviço Particular, pode ser solicitado ao fornecedor de energia a ligação à rede, apresentando o relatório e o contrato que comprova a autorização do proprietário do terreno para a construção da estação GBT.

3.2.3.2 RTT

No caso das estações RTT, o processo de ligação à rede é mais moroso e complexo. O primeiro passo envolve a elaboração de um projeto elétrico detalhado, que deverá ser submetido ao fornecedor de energia para análise. Esta análise visa determinar a viabilidade do aumento da potência fornecida ao edifício onde a estação de telecomunicações será instalada. Se o fornecimento de energia adicional for viável, o fornecedor emitirá uma carta de viabilidade, que formaliza o aumento de potência solicitado. A Ficha Eletrotécnica será então visada pelo operador com as especificações da nova instalação, inserindo-se essa informação no NIP do edifício. Na Figura 47 é apresentada a carta de viabilidade emitida para o projeto elétrico previamente elaborado.


1/2

Pedido: 89000135014
 Número de Cliente: 1102588516
 Morada de Fornecimento: RUA DA ARROTEIA 13
 PORTO PORTO



Concluimos a análise das condições de ligação da instalação à rede elétrica.

Exmo(a). Senhor(a),

A análise das condições de ligação à rede elétrica da instalação elétrica está concluída.

Condições de ligação à rede.
 Devem ser respeitadas:

- A ligação à rede elétrica de serviço público será efetuada através do ramal a executar.
- Para a potência pretendida, o ramal de alimentação deverá terminar diretamente numa portinhola do tipo P400, no exterior.
- No caso de existir uma ou mais linhas de Média e/ou Alta Tensão nas imediações do local da construção do imóvel, deverão contactar-nos antes do início dos trabalhos dessa construção, não podendo ser imputados a esta empresa quaisquer responsabilidades, civil ou criminal, por eventuais acidentes que possam ocorrer pela aproximação excessiva às referidas linhas.
- O pedido de ligação à rede (orçamento de ramal), deverá ser solicitado num dos nossos canais de atendimento, acompanhado da Ficha Eletrotécnica visada que junto se envia.
- Prazo da viabilidade 2 anos.

Número do prédio: 07693053
 Potência requisitada: 96,25 kVA
 Morada: RUA DA ARROTEIA 13, PORTO, 4200-092 PORTO

CPE	POTÊNCIA REQUISITADA	ANDAR/FRAÇÃO
PT0002000086272422PT	10,35 kVA	1-HA 2
PT0002000086272375ME	20,70 kVA	COMUNS
PT0002000086272386YX	10,35 kVA	1-HA 1
PT0002000086272409FX	10,35 kVA	2-HA 3
PT0002000203229042PX	34,50 kVA	ANTENA

Figura 47 - Carta de Viabilidade do Projeto da estação RTT

Caso de Estudo

Na carta de viabilidade emitida, é mencionado que, para possibilitar a ligação à rede, será necessário executar um ramal, ou seja, proceder à alteração da alimentação elétrica existente no edifício. Além disso, será necessário implementar uma portinhola P400 no exterior do edifício. Esta exigência surge em resposta ao pedido do fornecedor de energia, que requer um ponto de corte externo para o edifício, permitindo o corte da energia sem a necessidade de aceder ao interior do mesmo. Assim, a portinhola deverá ser instalada num local acessível e seguro, conforme as normas aplicáveis. Para dar continuidade a este processo e possibilitar a abertura de um PLR, é também necessário preencher corretamente a Ficha Eletrotécnica e o Termo de Responsabilidade de Execução de Instalações Elétricas de Serviço Particular. A partir deste ponto, o processo segue de forma semelhante ao de uma estação GBT. Após a criação do PLR, será emitido um orçamento de execução e o respetivo croqui do ramal a executar. Na Figura 48 é apresentado o orçamento de execução referente ao PLR 910000262761.

Pedido: 910000262761
Número de Cliente: 1105187225
Morada de Fornecimento:
RUA DA ARROTEIA 13 PORTO PORTO

 O orçamento para o pedido de ligação à rede está concluído

Caro(a) Cliente,

O orçamento para o pedido de ligação à rede está concluído
Apresentamos o orçamento e enviamos em anexo as condições gerais de ligação à rede.

Identificação do pedido
Requisitante:
Local da Instalação: RUA DA ARROTEIA 13 PORTO 4200-092 PORTO
Freguesia: PARANHOS
Concelho: PORTO

Condições técnicas da ligação
Potência Requisitada: 86,25 kVA Potência requisitada atual: 51,75 kVA Tensão de fornecimento: 230/400 V

• Características da ligação a construir nos termos do Regulamento de Relações Comerciais (RRC):

Elementos de Ligação		Aéreo	Subterrâneo	Total
Comprimento [m]		0	30	30
Uso Exclusivo	Tipo	-----	LSVAV	
Secção [mm ²]		0	95	

Figura 48 - Pedido de Ligação à rede de uma estação RTT

O ramal a executar, ou seja, a infraestrutura elétrica a alterar no edifício que irá albergar a estação de telecomunicações, terá um comprimento de 30 metros e uma secção de cabo de 95 mm². O croqui, ilustrado na Figura 49, detalha o traçado do ramal a instalar, sendo o cabo especificado do tipo LSVAV, de acordo com as normas e exigências técnicas vigentes.

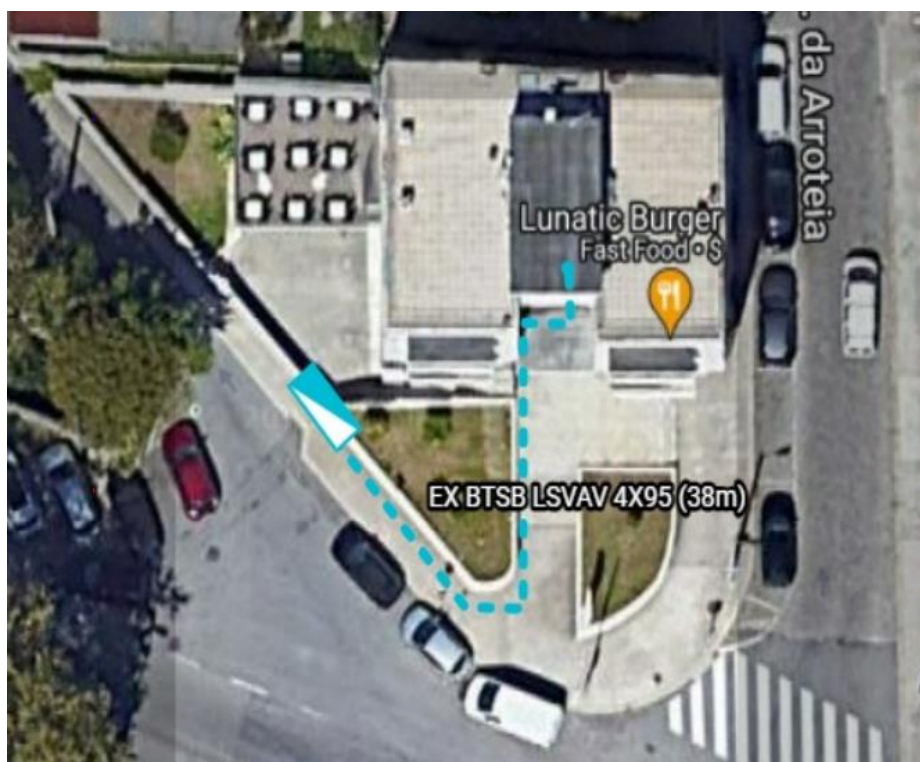


Figura 49 - Croqui do Pedido de Ligação à rede de uma estação RTT

Após a conclusão do ramal, para possibilitar o fornecimento de energia à estação RTT, a mesma deverá ser submetida a um processo de inspeção. Este procedimento é semelhante ao descrito anteriormente. Uma vez obtido o relatório, este deve ser entregue juntamente com o contrato de arrendamento do edifício para solicitar formalmente a ligação à rede.

3.2.3.3 Comparações entre GBT e RTT

A execução dos dois projetos apresentados anteriormente, bem como a consequente solicitação de ligação à rede para ambas as estações de telecomunicações, permitem extrair conclusões importantes acerca das principais diferenças entre os dois processos. É evidente que a ligação à rede de uma estação GBT se processa de forma mais célere e intuitiva. Neste caso, o processo inicia-se imediatamente após o envio da Ficha Eletrotécnica e do Termo de Responsabilidade de Execução. Em contrapartida, no caso de uma estação RTT, é primeiro necessário desenvolver o projeto elétrico e submetê-lo ao fornecedor de energia para aprovação. Este facto torna o processo de ligação à rede de uma estação RTT mais demorado e complexo, dado que está dependente da análise e aprovação do fornecedor de energia, sem um prazo específico para a sua conclusão.

Além disso, as intervenções necessárias para fornecer energia a uma estação GBT são, em geral, menos complicadas do que as exigidas por uma estação RTT. No caso das RTT, é comum que a alteração das condições de fornecimento já existentes e as eventuais interferências com condôminos apresentem obstáculos adicionais à realização dos trabalhos.

Em suma, ambos os processos de ligação à rede exigem uma atenção metódica no tratamento dos dados e a elaboração de um projeto elétrico com rigor técnico, assegurando a certificação da instalação. Este processo é imprescindível para garantir a ligação à rede e, conseqüentemente, a operacionalização das estações de telecomunicações, sublinhando a importância do projeto elétrico na viabilização deste tipo de infraestrutura.

4 Conclusões

A presente dissertação teve como principal objetivo a análise do processo necessário para permitir e avaliar a viabilidade da ligação à rede elétrica de estações de telecomunicações, ou seja, uma estação GBT e uma RTT. Através de um caso de estudo comparativo, procurou-se identificar as diferenças e semelhanças nos procedimentos exigidos para a ligação à rede e na elaboração dos respetivos projetos de instalações elétricas. Esta análise permitiu evidenciar os principais desafios e soluções associados a cada uma destas infraestruturas, abordando de forma detalhada os requisitos técnicos, normativos e operacionais de ambos os casos.

As principais descobertas desta dissertação foram a complexidade do processo de ligação à rede, requisitos de infraestrutura e alterações necessárias, impacto nos prazos e custos, normas técnicas e regulamentares e os desafios de implementação em edifícios habitacionais. Relativamente ao primeiro ponto abordado, verificou-se que o processo de ligação à rede elétrica é significativamente mais célere e simples no caso das estações GBT em comparação com as RTT. No caso das GBT, o processo inicia-se de imediato com o envio da Ficha Eletrotécnica e do Termo de Responsabilidade ao fornecedor de energia, o que permite uma rápida análise e execução do ramal de ligação. Já no caso das RTT, o processo é mais moroso, pois exige uma fase prévia de aprovação do projeto elétrico pelo fornecedor de energia, resultando num aumento dos prazos para a sua execução. Esta diferença resulta, em grande parte, da necessidade de adaptação das condições de fornecimento já existentes no edifício onde a RTT será instalada. A dissertação demonstrou que as intervenções necessárias para a instalação de uma estação RTT são, geralmente, mais complexas do que para uma estação GBT. No caso das RTT, são frequentemente necessárias modificações substanciais na infraestrutura elétrica do edifício, como o aumento da potência contratada, a alteração do ramal de

Conclusões

alimentação e, por vezes, a implementação de novos sistemas de proteção e controlo, como a instalação de uma portinhola P400 no exterior do edifício para possibilitar o corte de energia. Em contrapartida, as estações GBT, sendo construídas em terrenos isolados e com menos restrições, requerem intervenções de menor complexidade, como a execução de um ramal direto a partir da rede de baixa tensão. A análise comparativa revelou que os prazos e os custos associados à ligação à rede de uma estação RTT tendem a ser superiores aos de uma estação GBT. A necessidade de adaptações na infraestrutura existente, bem como a obrigatoriedade de obter aprovações prévias, resulta num processo mais demorado e dispendioso para as RTT. Por outro lado, o facto de as estações GBT estarem frequentemente localizadas em áreas onde é possível estabelecer uma ligação direta à rede elétrica simplifica o processo e reduz os custos globais de execução. Ambos os tipos de estações estão sujeitos a um rigoroso cumprimento de normas técnicas e regulamentares, nomeadamente as prescritas pelo RTIEBT e pelas diretivas da DGEG. No entanto, constatou-se que as RTT requerem uma atenção especial no que diz respeito à compatibilidade com a infraestrutura elétrica do edifício, sendo necessário garantir que a nova instalação não compromete a segurança e o funcionamento dos sistemas elétricos já existentes. No caso das RTT instaladas em edifícios habitacionais, verificou-se que a execução dos trabalhos pode enfrentar obstáculos adicionais, nomeadamente a resistência por parte dos condóminos e a necessidade de cumprir com regulamentos específicos para edifícios multiuso. Este fator pode gerar atrasos na execução e aumentar a complexidade do processo, especialmente quando é necessário realizar intervenções que afetem as áreas comuns do edifício, como a colocação de cablagem ou a instalação de dispositivos de corte de energia no exterior.

Esta dissertação oferece uma contribuição relevante para o campo das telecomunicações e da engenharia eletrotécnica, ao apresentar uma análise detalhada e comparativa dos processos de ligação à rede elétrica de estações de telecomunicações GBT e RTT. A compreensão das particularidades de cada caso fornece um suporte para a elaboração de projetos elétricos mais eficientes e adequados à realidade de cada tipo de infraestrutura. Além disso, os resultados obtidos permitem aos operadores de telecomunicações e aos profissionais envolvidos no planeamento e execução destas instalações adotar estratégias mais eficazes para a implementação de sistemas de telecomunicações, reduzindo custos, prazos e riscos associados.

Em conclusão, a dissertação realça a importância de uma abordagem criteriosa e técnica na realização de projetos elétricos para estações de telecomunicações, demonstrando que as especificidades de uma estação GBT e RTT, devem ser cuidadosamente consideradas para garantir a viabilidade e segurança da ligação à rede elétrica, contribuindo assim para o sucesso operacional das infraestruturas de telecomunicações.

4.1 Contributos

Ao longo desta dissertação, foram desenvolvidas diversas atividades que contribuíram para a análise aprofundada e fundamentada do processo de ligação à rede elétrica de estações de telecomunicações GBT e RTT. Em primeiro lugar, realizou-se um extenso trabalho de pesquisa bibliográfica sobre o tema, incluindo uma análise detalhada das tecnologias de telecomunicações existentes (1G, GSM, 3G, 4G, LTE, 5G), bem como dos equipamentos associados a estas infraestruturas. Esta pesquisa permitiu estabelecer uma base sólida de conhecimento sobre as principais características técnicas e funcionais das diferentes gerações de comunicações sem fio, com ênfase na evolução tecnológica e nas exigências de infraestrutura elétrica para suportar essas tecnologias.

Além da pesquisa sobre as tecnologias, foi feita uma análise cuidadosa da legislação aplicável ao setor, incluindo o estudo das normas técnicas e regulamentares relevantes, como o RTIEBT e as diretivas da DGEG. Esta revisão normativa foi essencial para garantir o enquadramento legal do estudo, assegurando que as soluções propostas respeitavam os requisitos regulamentares.

O trabalho prático incluiu a implementação de uma metodologia de cálculo e dimensionamento das infraestruturas elétricas necessárias para a ligação de estações GBT e RTT. Esta metodologia está presente nas tabelas refletidas no caso de estudo, permitindo assim automatizar o processo de cálculo das diversas variáveis envolvidas no projeto elétrico, facilitando a execução dos trabalhos e aumentando a precisão dos resultados.

Foi também realizada uma série de visitas a locais de instalação, com o objetivo de obter uma compreensão mais detalhada das condições reais das infraestruturas existentes, tanto em terrenos isolados (GBT) quanto em edifícios habitacionais (RTT). Essas visitas forneceram dados práticos que informaram o desenvolvimento do estudo de caso, permitindo identificar os

Conclusões

principais desafios no terreno e ajustar as soluções propostas às necessidades específicas de cada contexto.

Finalmente, toda a pesquisa e trabalho prático culminaram na redação da dissertação, onde foram sintetizados os resultados obtidos e as conclusões alcançadas. A escrita da dissertação envolveu a estruturação clara dos objetivos, metodologias, resultados e conclusões, de modo a garantir a coerência e clareza da apresentação dos contributos desta investigação para a área das telecomunicações e engenharia eletrotécnica.

Este conjunto de atividades e contributos reflete a abrangência e profundidade do trabalho realizado, consolidando os resultados apresentados e oferecendo soluções práticas e teóricas para a ligação de estações de telecomunicações à rede elétrica.

4.2 Trabalhos Futuros

Este estudo abordou de forma detalhada os processos de ligação à rede elétrica de estações de telecomunicações GBT e RTT, oferecendo uma base sólida para a compreensão dos desafios e soluções associados a estas infraestruturas. No entanto, existem várias áreas que podem ser aprofundadas em trabalhos futuros, permitindo um desenvolvimento contínuo do conhecimento nesta área.

Uma possibilidade de investigação futura consiste na análise das infraestruturas necessárias para a implementação de redes de telecomunicações de próxima geração, como o 6G, que trará exigências ainda mais elevadas em termos de capacidade, eficiência energética e latência. Estudar o impacto dessas novas tecnologias nos requisitos elétricos e normativos seria um passo importante para antecipar as mudanças no setor e propor soluções inovadoras.

Outro ponto a explorar seria a otimização de processos e metodologias de ligação à rede elétrica, com foco na redução de custos e prazos de implementação, especialmente no caso de estações RTT, onde a complexidade das adaptações necessárias ainda representa um desafio significativo. O desenvolvimento de novas ferramentas de software mais avançadas e integradas que automatizem os processos de dimensionamento e simulação das instalações elétricas pode contribuir para maior eficiência na elaboração dos projetos.

Adicionalmente, seria relevante expandir o estudo para incluir uma análise comparativa entre as infraestruturas de telecomunicações em diferentes contextos geográficos e legislativos, tanto em Portugal como em outros países. Isso permitiria identificar boas práticas e soluções inovadoras que possam ser aplicadas ao contexto nacional, além de fomentar uma troca de conhecimentos mais ampla entre diferentes regiões e setores.

Por fim, os trabalhos futuros poderiam focar-se também em questões relacionadas com a sustentabilidade e a eficiência energética das infraestruturas de telecomunicações, explorando a integração de fontes de energia renovável nos projetos elétricos de estações GBT e RTT, bem como a implementação de sistemas inteligentes de gestão de energia. Esta abordagem estaria alinhada com as atuais preocupações ambientais e com a necessidade de desenvolver infraestruturas mais sustentáveis e resilientes.

Essas direções de investigação, além de expandirem o conhecimento técnico, podem gerar soluções práticas para desafios emergentes, contribuindo para a evolução contínua das telecomunicações e da engenharia eletrotécnica.

Conclusões

Referências

- About ITU*. (n.d.). Retrieved January 21, 2024, from <https://www.itu.int/en/about/Pages/default.aspx>
- Al-Falahy, N., & Alani, O. Y. (2017). Technologies for 5G Networks: Challenges and Opportunities. *IT Professional*, 19(1), 12–20. <https://doi.org/10.1109/MITP.2017.9>
- ANACOM. (2023a). *ANACOM - Número de estações de base 5G instaladas em Portugal aumentou 12% no 2.º trimestre de 2023*. <https://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=1748732>
- ANACOM. (2023b). *ANACOM - Serviço de distribuição de sinais de televisão por subscrição*. <https://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=1769421>
- ANACOM - Cobertura de redes de alta velocidade fixas*. (n.d.). Retrieved January 21, 2024, from <https://www.anacom.pt/render.jsp?categoryId=385677>
- ANACOM - Legislação*. (n.d.). Retrieved August 25, 2024, from <https://anacom.pt/render.jsp?categoryId=1644>
- Baeta, J., & Mendes, N. (2011). Portugal brings fibre to the home. *Engineering and Technology*, 6(3), 80–83. <https://doi.org/10.1049/ET.2011.0316>
- Black, S. K. (2001). *Telecommunications Law in the Internet Age*. 537.
- Brown, J., & Khan, J. Y. (2012). Performance comparison of LTE FDD and TDD based Smart Grid communications networks for uplink biased traffic. *2012 IEEE 3rd International Conference on Smart Grid Communications, SmartGridComm 2012*, 276–281. <https://doi.org/10.1109/SMARTGRIDCOMM.2012.6485996>
- Chen, S., Hu, J., Shi, Y., Peng, Y., Fang, J., Zhao, R., & Zhao, L. (2017). Vehicle-to-Everything (v2x) Services Supported by LTE-Based Systems and 5G. *IEEE*

Referências

- Communications Standards Magazine*, 1(2), 70–76.
<https://doi.org/10.1109/MCOMSTD.2017.1700015>
- Ciochina, C., & Sari, H. (2010). A review of OFDMA and single-carrier FDMA. *2010 European Wireless Conference, EW 2010*, 706–710.
<https://doi.org/10.1109/EW.2010.5483464>
- Cox, C. (2014). Performance of LTE and LTE-Advanced. *An Introduction to LTE*, 413–428.
<https://doi.org/10.1002/9781118818046.CH23>
- Curwen, P., & Whalley, J. (2015). The licensing of mobile operators in European markets and the consequences of new entry for competition. *Info*, 17(3), 16–37.
<https://doi.org/10.1108/INFO-01-2015-0014/FULL/XML>
- Dahlman, E., Parkvall, S., & Sköld, J. (n.d.-a). *5G NR : the next generation wireless access technology*. 583.
- Dahlman, Erik., Parkvall, S., & Sköld, Johan. (n.d.-b). *4G : LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband*. 535.
- David, K., & Berndt, H. (2018). 6G Vision and requirements: Is there any need for beyond 5g? *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 13(3), 72–80.
<https://doi.org/10.1109/MVT.2018.2848498>
- EDP. (n.d.). *O que é um contador inteligente e como funciona?* Retrieved January 21, 2024, from <https://www.edp.pt/negocios/apoio-cliente/perguntas-frequentes/leituras/o-que-sao-contadores-inteligentes/o-que-e-um-contador-inteligente-e-como-funciona/faq-11235/>
- El-Sayed, M., & Jaffe, J. (2002). A view of telecommunications network evolution. *IEEE Communications Magazine*, 40(12), 74–81.
<https://doi.org/10.1109/MCOM.2002.1106163>
- Faruque, S. (2018). *Radio frequency cell site engineering made easy*.
- Ghonge, M., Mangrulkar, R. S., Jawandhiya, P. M., & Goje, N. (n.d.). *Future Trends in 5G and 6G : Challenges, Architecture, and Applications*. 312.
- Goleniewski, L., & Jarrett, K. W. (2006). Traditional Transmission Media for Networking and Telecommunications. *Telecommunications Essentials, Second Edition: The Complete Global Source*, 928.
<https://www.informit.com/articles/article.aspx?p=683070>
- Gupta, A., & Jha, R. K. (2015). A Survey of 5G Network: Architecture and Emerging Technologies. *IEEE Access*, 3, 1206–1232.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2015.2461602>

- Haykin. (2006). *COMMUNICATION SYSTEMS, 4TH ED.* 816.
<https://books.google.pt/books?id=p1Ty2RJ1Z8UC>
- Helena, & Costa Silva, E. (2003). *Os caminhos incertos da convergência: o caso da Portugal Telecom.* <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/1025>
- Henos, S. (2023). *A Importância das Redes 5G na IoT e na Computação em Nuvem.*
<https://www.dio.me/articles/a-importancia-das-redes-5g-na-iot-e-na-computacao-em-nuvem>
- Home - SIRESP. (n.d.). Retrieved January 26, 2024, from <https://www.siresp.pt/>
- Huurdeman, A. A. (2003). *The worldwide history of telecommunications.* 638.
- ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (n.d.). Retrieved August 25, 2024, from <https://www.icnf.pt/>
- IMT towards 2030 and beyond. (n.d.). Retrieved January 21, 2024, from <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2030/Pages/default.aspx>
- Instalações Elétricas de Serviço Particular: Tipo A, B e C. (n.d.). Retrieved August 25, 2024, from <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energia-eletrica/instalacoes-de-utilizacao-de-energia-eletrica/instalacoes-eletricas-de-servico-particular-tipo-a-b-e-c/>
- Jagoda, Arnaud., & Villepin, M. de. (n.d.). *Mobile communications.*
- Keiser, G. (2006). *FTTX Concepts and Applications.*
<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=F9QVc-YfZk8C&oi=fnd&pg=PR7&dq=fttx&ots=ZyNuSzuQ9q&sig=e0iZlaxJXT9zHnhQFctYcxPv8jo#v=onepage&q=fttx&f=false>
- Khorov, E., Kiryanov, A., Lyakhov, A., & Bianchi, G. (2019). A tutorial on IEEE 802.11ax high efficiency WLANs. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 21(1), 197–216.
<https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2871099>
- Korzeniewska, E., & Krawczyk, A. (2019). 5G Technology as the Successive Stage in the History of Wireless Telecommunication. *Proceedings of the International Conference on Modern Electrical and Energy Systems, MEES 2019*, 470–473.
<https://doi.org/10.1109/MEES.2019.8896516>
- Kumar, S., & Deen, M. J. (n.d.). *Fiber Optic Communications Fundamentals and Applications.*
- Lee, W. C. Y. (2006). *Wireless and cellular telecommunications.* 821.

Referências

- Lei n.º 91/97 | DR. (n.d.). Retrieved January 21, 2024, from <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/lei/91-141831>
- Ligações à rede de instalações de utilização Tipo mobiliário urbano - Soluções técnicas | E-REDES. (n.d.). Retrieved September 1, 2024, from <https://www.e-redes.pt/pt-pt/ligacoes-rede-de-instalacoes-de-utilizacao-tipo-mobiliario-urbano-solucoes-tecnicas>
- Lu, L., Li, G. Y., Swindlehurst, A. L., Ashikhmin, A., & Zhang, R. (2014). An overview of massive MIMO: Benefits and challenges. *IEEE Journal on Selected Topics in Signal Processing*, 8(5), 742–758. <https://doi.org/10.1109/JSTSP.2014.2317671>
- Mamede, J. (2013). *Instalações Elétricas*. https://books.google.pt/books/about/Instala%C3%A7%C3%B5es_El%C3%A9tricas_Industriais.html?id=70cBOAEACAAJ&redir_esc=y
- Manual de ligações à rede | E-REDES. (n.d.). Retrieved August 25, 2024, from <https://www.e-redes.pt/pt-pt/manual-de-ligacoes-rede>
- Moysen, J., & Giupponi, L. (2018). From 4G to 5G: Self-organized network management meets machine learning. *Computer Communications*, 129, 248–268. <https://doi.org/10.1016/J.COMCOM.2018.07.015>
- Oxlade, C. (n.d.). *The history of telecommunications*. 32. Retrieved January 14, 2024, from https://books.google.com/books/about/The_History_of_Telecommunications.html?hl=pt-BR&id=HZvaDgAAQBAJ
- Patrick Marsch, Omer Bulakci, Olav Queseth, & Mauro Boldi. (2018). 5G System Design: Architectural and Functional Considerations and Long Term. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 1–551. <https://books.google.com.co/books?id=QFXTDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=books+about+5g+communications+systems&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwj0uLX44ufsAhWixVkkKHVTGBc0Q6AEwCHoECAEQAg#v=onepage&q&f=false>
- (PDF) José Vitorino Damásio e a Telegrafia Eléctrica em Portugal. (n.d.). Retrieved January 21, 2024, from https://www.researchgate.net/publication/260019560_Jose_Vitorino_Damasio_e_a_Telegrafia_Electrica_em_Portugal
- PDM - Sistema de gestão territorial -. (n.d.). Retrieved August 25, 2024, from <https://reot.dgterritorio.gov.pt/sistema-de-gestao-territorial/pdm>
- Perahia, E., & Stacey, R. (2013). *Next generation wireless LANs : 802.11n, 802.11ac, and Wi-Fi direct*.

- Pirinen, P. (2014). A brief overview of 5G research activities. *Proceedings of the 2014 1st International Conference on 5G for Ubiquitous Connectivity, 5GU 2014*, 17–22. <https://doi.org/10.4108/ICST.5GU.2014.258061>
- Porto Business School. (2019, July 22). *Grupo PROEF | Porto Business School*. <https://www.pbs.up.pt/pt/artigos-e-eventos/artigos/grupo-proef-e-o-mais-recente-associado-da-porto-business-school/>
- Primeiro telemóvel 3G de marca Vodafone*. (n.d.). Retrieved January 18, 2024, from <https://www.vodafone.pt/press-releases/2006/11/primeiro-telemovel-3g-de-marca-vodafone.html>
- Proakis, J. G., & Salehi, Masoud. (2002). *Communication systems engineering*. 801.
- Proakis, J. G., & Salehi, Masoud. (2005). *Fundamentals of communication systems*. 858.
- Proef. (n.d.). *Telecomunicações | Proef*. Retrieved January 14, 2024, from <https://proef.com/pt/setores/telecom/>
- Santos, R. (1998). *Biblioteca On-line de Ciências da Comunicação HISTÓRIA DAS TELECOMUNICAÇÕES EM PORTUGAL*. www.bocc.ubi.pt
- Shulman, S. (n.d.). *The telephone gambit : chasing Alexander Graham Bell's secret*. 256.
- Sklar, B. (2001). Digital Communications: Fundamentals and Applications. *Signals*, 1079. <https://books.google.ca/books?id=Bh4fAQAAIAAJ>
- The ITU-R Framework for IMT-2030 ITU-R Working Party 5D*. (n.d.).
- Varghese, B., Wang, N., Barbhuiya, S., Kilpatrick, P., & Nikolopoulos, D. S. (2016). Challenges and Opportunities in Edge Computing. *Proceedings - 2016 IEEE International Conference on Smart Cloud, SmartCloud 2016*, 20–26. <https://doi.org/10.1109/SMARTCLOUD.2016.18>
- Verma, P. K., Verma, R., Prakash, A., Agrawal, A., Naik, K., Tripathi, R., Alsabaan, M., Khalifa, T., Abdelkader, T., & Abogharaf, A. (2016). Machine-to-Machine (M2M) communications: A survey. *Journal of Network and Computer Applications*, 66, 83–105. <https://doi.org/10.1016/J.JNCA.2016.02.016>
- Wang, N., Xiao, Y., Tian, T., & Yang, J. (2023). The optimal 5G base station location of the wireless sensor network considering timely reliability. *Reliability Engineering & System Safety*, 236, 109310. <https://doi.org/10.1016/J.RESS.2023.109310>
- Xu, Q., Jiang, C., Han, Y., Wang, B., & Liu, K. J. R. (2018). Waveforming: An Overview With Beamforming. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 20(1), 132–149. <https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2750201>

Referências

- Yousaf, F. Z., Bredel, M., Schaller, S., & Schneider, F. (2017). NFV and SDN-Key technology enablers for 5G networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 35(11), 2468–2478. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2017.2760418>
- Zhang, S. (2019). An Overview of Network Slicing for 5G. *IEEE Wireless Communications*, 26(3), 111–117. <https://doi.org/10.1109/MWC.2019.1800234>

Anexo A. Ficha de Identificação do projeto da Estação GBT

IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE SERVIÇO PARTICULAR

(artigo 20.º do Decreto-Lei n.º 96/2017, de 10 de agosto)

1 Promotor / Entidade Exploradora

Nome:	Vantage Towers, S.A				
Telefone:	---	E-mail:	energia@vantagetowers.com	NIF:	516022490
Morada:	Edifício Arquiparque VII, Rua Dr. António Loureiro Borges, 7 – 3º 1495-131 Algés				
C. Postal:	1495-131 Algés				

2 Técnico responsável pelo projeto

Nome:	Tiago André Gandarinho Caçoilo				
N.º BI/CC:	12539468				
Telefone:	926344400	E-mail:	tiago.cacoilo@proefmmci.com	NIF:	209725540
N.º DGEG:	79313	N.º OE:	79964	N.º OET:	
Morada:	Rua 1º Sargento Vitorino Fernandes 102				
C. Postal:	4435-616 Baguim do Monte				

3 Identificação do imóvel

Lugar/Rua:	Rua De Santo António S/N 5300-542 França				
Freguesia:	França				
Concelho:	Bragança	Distrito:	Bragança		
Coordenadas GPS:	41.937547, -6.760378			NIP:	12304020
Tipo de estabelecimento:	Locais afetos a serviços técnicos (Instalação de Antena de Telecomunicações Vodafone)				
Tensão da RESP [kV]:	0,400 kV		Potência a alimentar pela RESP [kVA]:	20,7 kVA	

4 Identificação da instalação elétrica

Tipo de instalação	Instalação nova	Instalação existente	Observações
SE/PS/PTC			
Rede MT/AT			
Rede BT	X		Ligação à rede existente para uma Estação Técnica da Vodafone para 20,7VA
Instalação de utilização MT/AT			
Instalação de utilização BT			
Grupos geradores			

Declaro que a informação apresentada identifica a instalação elétrica.
28/07/2024

(Data e assinatura do técnico responsável pelo projeto)

Legenda:

SE: Subestações; PS: Postos de Seccionamento; PTC: Postos de Transformação de Consumo.
RESP: Rede Elétrica de Serviço Público; MT/AT: Média e Alta Tensão; BT: Baixa Tensão.

Anexo B. Ficha Eletrotécnica da Estação GBT

FICHA ELETROTÉCNICA DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE SERVIÇO PARTICULAR

(emitido nos termos do disposto no artigo 12.º do Decreto-Lei n.º 96/2017, de 10 de agosto)

1 - Requerente/Entidade Exploradora			
Nome:		NIF/NIPC:	
Telefone:		E-Mail:	
Morada:			
C. Postal:			

2 - Técnico Responsável			
Nome:		NIF:	
Telefone:		E-Mail:	N.º DGEG:

3 - Localização do imóvel					
Freguesia:	França	Concelho:	Bragança	Distrito:	Bragança
Entrada ⁽¹⁾ principal (Lugar/Rua):	E1	Rua De Santo António S/N 5300-542 França		Coordenadas GPS:	39.804722,-8.620278
Outra Entrada ⁽¹⁾ do Imóvel:				Coordenadas GPS:	

Inserir linha

4 - Caracterização do imóvel			
Descrição do Imóvel:	Outros	Instalação:	Nova
Classificação das instalações ⁽²⁾ :	Locais afetos a serviços técnicos	Total Ramais:	0

5 - Instalação Elétrica											
Tipo da Instalação ⁽³⁾	Entrada do Imóvel	Ramal N.º	NIP ⁽⁴⁾ (existente)	CPE ⁽⁵⁾ (existente)	Andar	Fração	Tipo utilização individual ⁽⁶⁾	Entrada	Total Instalado (kVA)	Fator de Simultaneidade	Potência a Alimentar (kVA)
C	E1	1	12239497	PT0002000202718854KP	RC	VDF	Antena de comunicações	Trif	20,70	1,00	20,70
											0,00
											0,00
											0,00
											0,00
											0,00

Inserir linha

Tipo de Instalação	Potência Total Instalada (kVA)
Tipo A: geradores de segurança e de socorro	0,00
Tipo B: instalações alimentadas em MT/AT/MAT	0,00
Tipo C: instalações alimentadas em BT	20,70

Declaro que a informação apresentada caracteriza a instalação elétrica.

2024/07/28

(Data e assinatura do técnico responsável)

FE_v.20190102

(1) Localização (Rua e numeração de porta ou Lugar) do(s) ponto(s) de entrega ao imóvel (ramais de alimentação).

Caso a instalação de utilização seja alimentada por um ramal próprio, deve mencionar a respetiva localização.

(2) Conforme Anexo I do Despacho n.º 1/2018 da DGEG.

(3) Conforme art.º 3.º do Decreto-Lei nº 96/2017. Para instalações do "Tipo A", de socorro ou segurança, indicar a "Entrada", "Ramal N.º", "NIP" e "CPE" da instalação de utilização a que está associado.

(4) NIP - Número de Identificação do Prédio. Caso ainda não esteja atribuído, colocar "-".

(5) CPE - Código do Ponto de Entrega (conforme art.º 229º do RRC). Caso ainda não esteja atribuído, colocar "-".

(6) Conforme Anexo II do Despacho n.º 1/2018 da DGEG.

Anexo C. Termo de Responsabilidade de Execução da Estação GBT

TERMO DE RESPONSABILIDADE PELA EXECUÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE SERVIÇO PARTICULAR

(artigo 7.º do Decreto-Lei n.º 96/2017, de 10 de agosto)

1 Promotor / Entidade Exploradora

Nome:			
Telefone:	E-mail:	NIF:	

2 Técnico responsável pela execução

Nome:			
N.º BI/CC:			
Telefone:	E-mail:	NIF:	
N.º DGEG:	N.º OE: --	N.º OET:	
Morada:			
C. Postal:			

3 Identificação do imóvel

Lugar/Rua:	Rua De Santo António S/N 5300-542 França		
Freguesia:	França		
Concelho:	Bragança	Distrito:	Bragança
Tipo de estabelecimento:	Local de Área Técnica (Antena de Telecomunicações Vodafone)		

4 Identificação da instalação elétrica

NIP:	12304020	Instalação com projeto	Instalação nova	X
CPE(s):	PT0002000203408119CD		Instalação existente	

Declaro que tomo a responsabilidade pela execução, a título individual, da instalação elétrica, de acordo com o respetivo projeto de execução, caso seja legalmente exigido, e com as disposições regulamentares de segurança aplicáveis.

Declaro também que foram efetuados os ensaios e verificações necessários para garantir a segurança e o correto funcionamento das instalações elétricas, tendo em vista a sua entrada em exploração.

28/07/2024

(Data e assinatura do técnico responsável pela execução)

Anexo D. Termo de Responsabilidade do Projeto da Estação GBT

TERMO DE RESPONSABILIDADE PELO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE SERVIÇO PARTICULAR

(artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 96/2017, de 10 de agosto)

1 Promotor / Entidade Exploradora

Nome:			
Telefone:	E-mail:	NIF:	

2 Técnico responsável pelo projeto

Nome:			
N.º BI/CC:			
Telefone:	E-mail:	NIF:	
N.º DGEG:	N.º OE:	N.º OET:	
Morada:			
C. Postal:			

3 Identificação do imóvel

Lugar/Rua:	Rua De Santo António S/N 5300-542 França		
Freguesia:	França		
Concelho:	Bragança	Distrito:	Bragança
Tipo de estabelecimento:	Locais afetos a serviços técnicos (Instalação de Antena de Telecomunicações Vodafone)		

4 Identificação da instalação elétrica

NIP:	12239497	Instalação nova	X
CPE(s):	PT0002000202718854KP	Instalação existente	

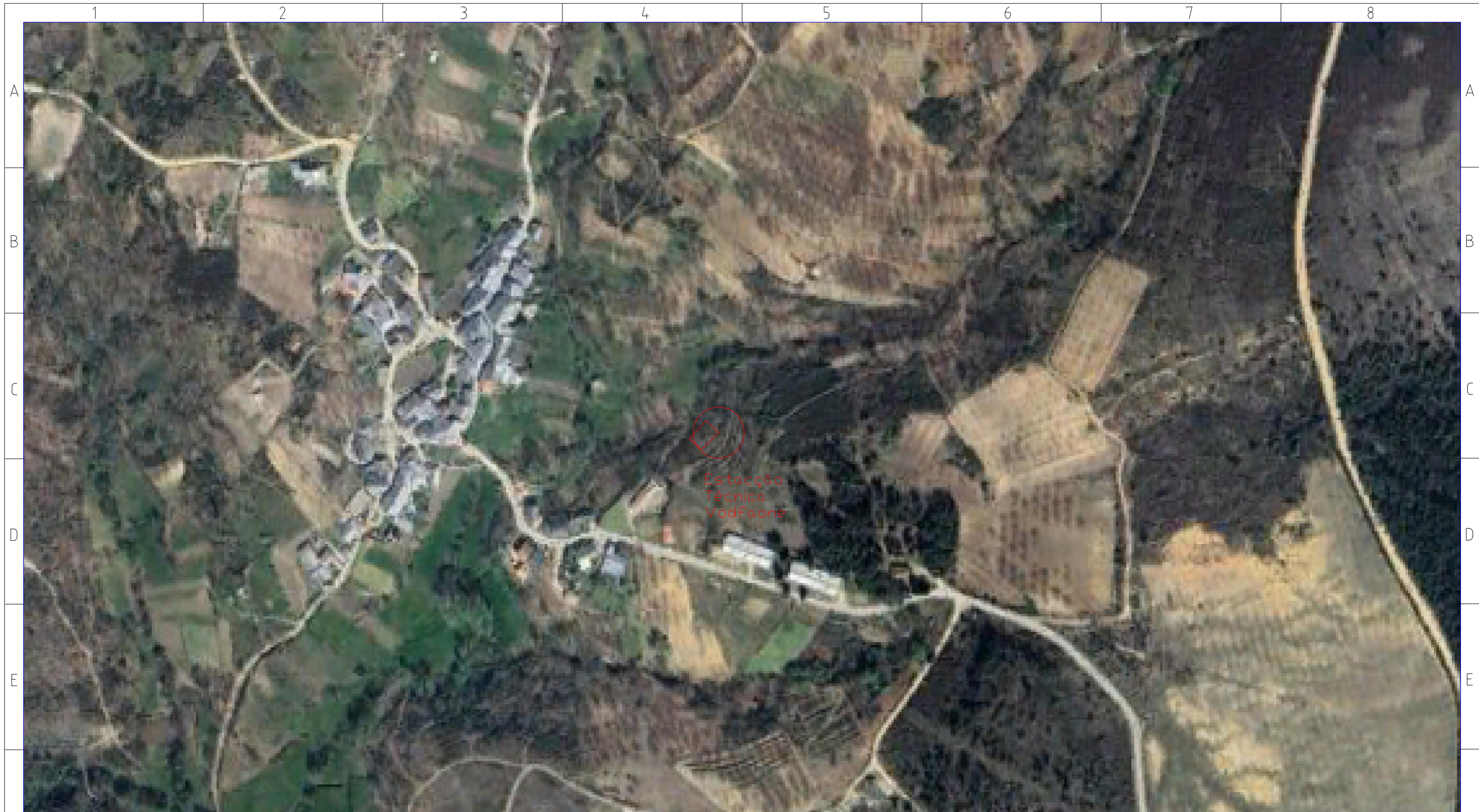
Declaro que se observam, no projeto de execução, as disposições regulamentares em vigor, bem como outra legislação aplicável.

Declaro também que o projeto simplificado está em conformidade com o projeto de execução, no que respeita às disposições regulamentares de segurança aplicáveis para efeitos de vistoria/inspeção.

28/07/2024

(Data e assinatura do técnico responsável pelo projeto)

Anexo E. Planta de Localização da Estação GBT



Estação
Técnica
Vodafone

- | | |
|-----|-----|
| AA4 | AN1 |
| AB4 | AP1 |
| AC1 | AQ2 |
| AD3 | AR1 |
| AE3 | AS1 |
| AF1 | BA5 |
| AG2 | BB1 |
| AH1 | BC3 |
| AK1 | BD1 |
| AL1 | BE1 |
| AM1 | CA1 |
| | CB1 |

IP30
IK07

DESENH.: Diogo Matos
DATA : 28/07/2024
ESCALA : S/ Escala
TÉCNICO RESPONSÁVEL :

PEÇAS DESENHADAS
Planta de Localização

proef
www.proef.com
Rua do Poente, n.º 166 TEL: 252 400 610
APT. 282 4785-909 TROFA FAX: 252 400 616

CLASSIFICAÇÃO :
Telecomunicações

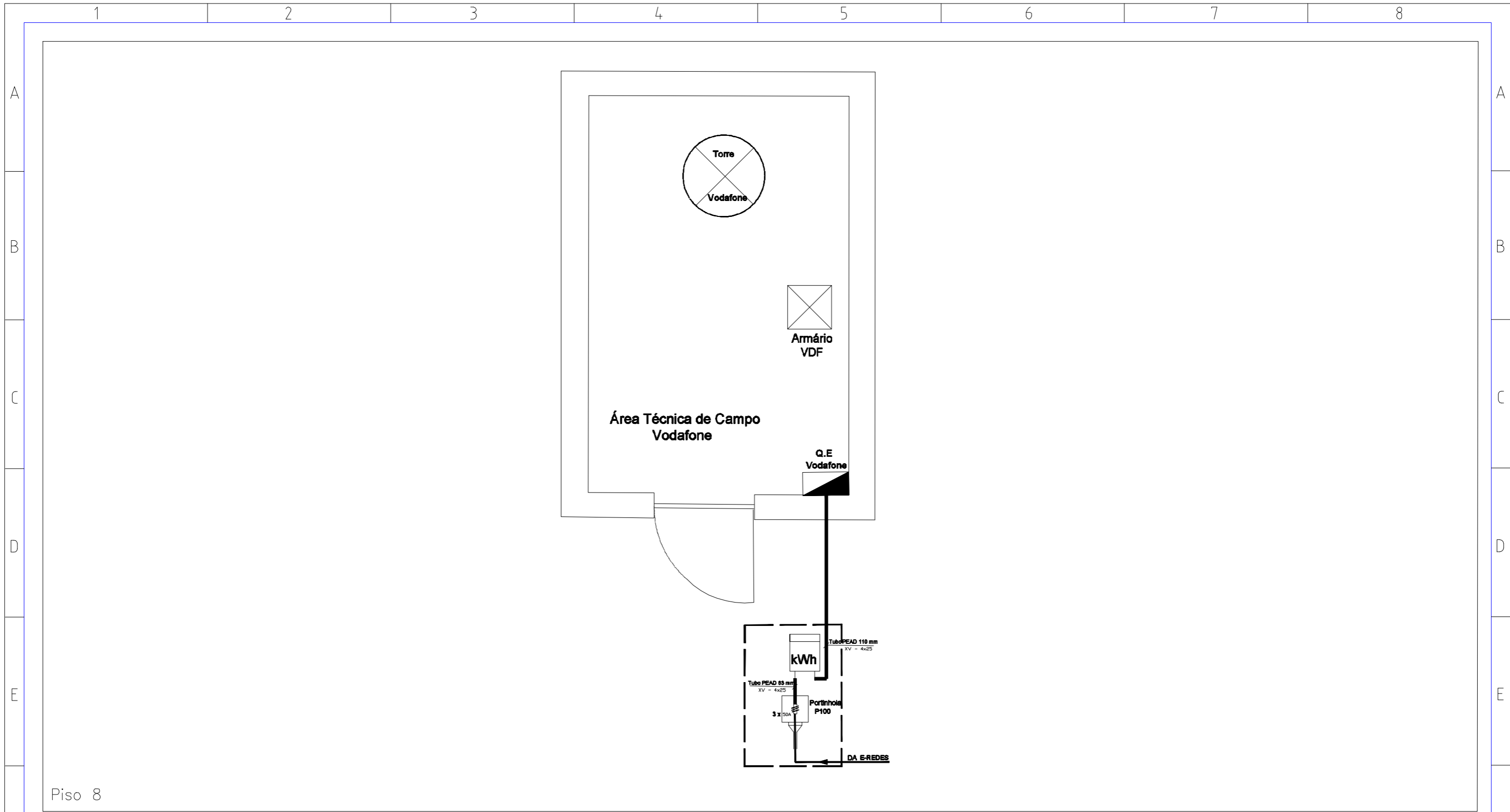
78036
ALDEIA MONTESINHO BRAGANÇA
Rua De Santo António S/N 5300-542 França

PROCESSO :
REVISÃO :
00

FOLHA N.º
01

CLIENTE :


Anexo F. Alimentação da Estação GBT



Piso 8

- | | |
|-----|-----|
| AA4 | AN1 |
| AB4 | AP1 |
| AC1 | AQ2 |
| AD3 | AR1 |
| AE3 | AS1 |
| AF1 | BA5 |
| AG2 | BB1 |
| AH1 | BC3 |
| AK1 | BD1 |
| AL1 | BE1 |
| AM1 | CA1 |
| | CB1 |

IP30
IK07

DESENH.: DIOGO MATOS	PEÇAS DESENHADAS Alimentação Q.E. Vodafone	 <small>www.proef.com</small> <small>Rua do Poente, n.º 166 TEL: 252 400 610</small> <small>APT. 282 4785-909 TROFA FAX: 252 400 616</small>	
DATA : 28/07/2024			
ESCALA : 1/50		TÉCNICO RESPONSÁVEL :	PROCESSO :
CLASSIFICAÇÃO : Telecomunicações	78036 ALDEIA MONTESINHO BRAGANCA Rua De Santo António S/N 5300-542 França.	REVISÃO : 00	02
CLIENTE :			

Anexo G. Vista Frontal do QGBT da Estação GBT

1 2 3 4

A

A

B

B

C

C

D

D

E

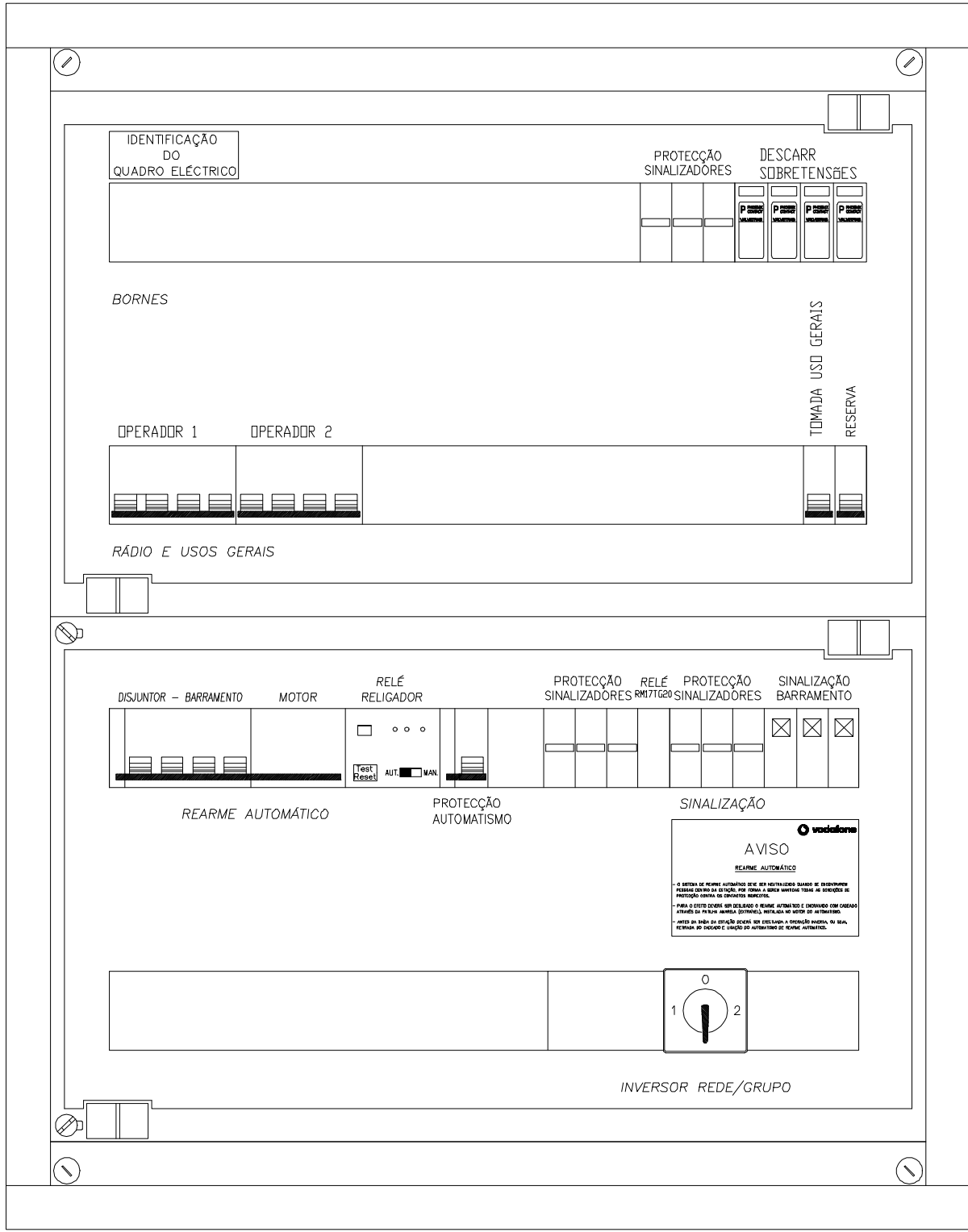
E

F

F

G

G



DESENH.:	Diogo Matos
DATA :	28/07/2024
ESCALA :	S/ Escala
TÉCNICO RESPONSÁVEL :	
CLASSIFICAÇÃO :	Telecomunicações
CLIENTE :	

PEÇAS DESENHADAS
 Vista Frontal-QE Vodafone
 78036
 ALDEIA MONTESINHO BRAGANÇA
 Rua De Santo António S/N 5300-542 França

proef

www.proef.com
 Rua do Poente , n.º 166 TEL: 252 400 610
 APT. 282 4785-909 TROFA FAX: 252 400 616

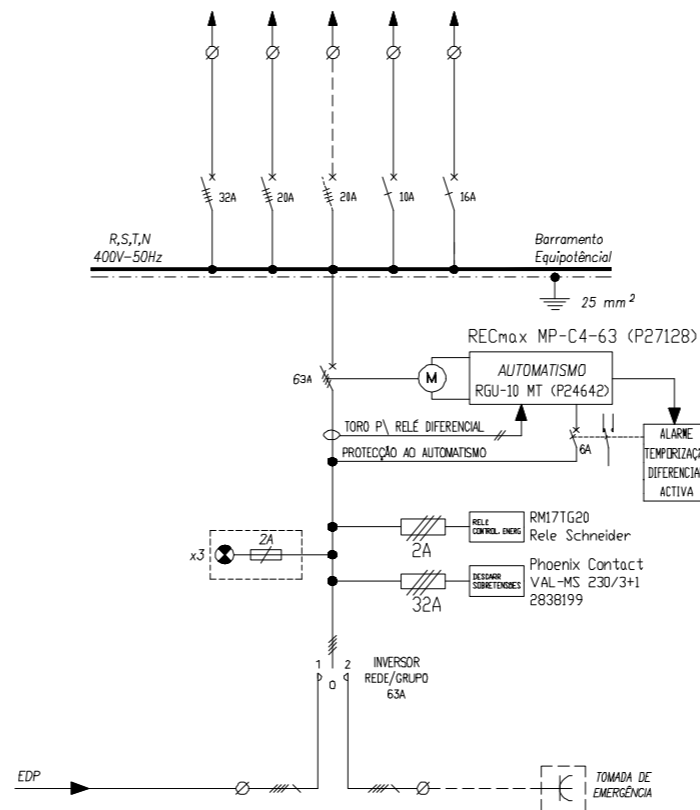
PROCESSO :	FOLHA N.º
REVISÃO :	05
00	

1 2 3 A4

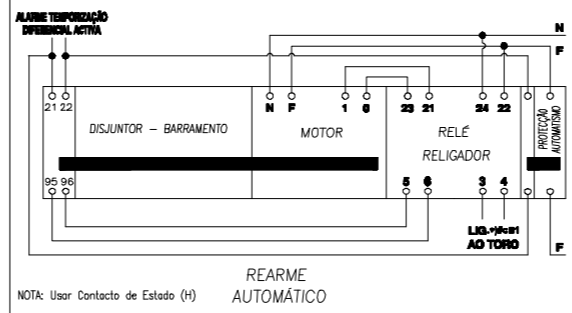
Anexo H. Esquema Unifilar do QGBT da Estação GBT

MODULO DE POTENCIA

OPERADOR 1	OPERADOR 2	RESERVA NÃO EQUIPADA	RESERVA EQUIPADA	TOMADA
32	20	20	10	16
H05VV-F 5G6	H05VV-F 5G6	H05VV-F 3G2,5	H05VV-F 3G2,5	
TUBAGEM PVC Ø 6,3 mm				
1	5	9	23	24



CIRCUITO DE COMANDO DO AUTOMATISMO



DESENH.: Diogo Matos
 DATA : 28/07/2024
 ESCALA : S/ Escala
 TÉCNICO RESPONSÁVEL :
 CLASSIFICAÇÃO :
 Telecomunicações
 CLIENTE :

PEÇAS DESENHADAS
 Q.E. Vodafone
 78036
 ALDEIA MONTESINHO BRAGANÇA
 FRIUMES S/N 3360-072
 Rua De Santo António S/N 5300-542 França

proef
 www.proef.com
 Rua do Poente , n.º 166 TEL: 252 400 610
 APT. 282 4785-909 TROFA FAX: 252 400 616
 PROCESSO :
 REVISÃO : 00
 FOLHA N.º 04

Anexo I. Ficha Eletrotécnica da Estação RTT

FICHA ELETROTÉCNICA DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE SERVIÇO PARTICULAR

(emitido nos termos do disposto no artigo 12.º do Decreto-Lei n.º 96/2017, de 10 de agosto)

1 - Requerente/Entidade Exploradora

Nome:		NIF/NIPC:	
Telefone:	E-Mail:		
Morada:			
C. Postal:			

2 - Técnico Responsável

Nome:		NIF:	
Telefone:	E-Mail:	N.º DGEG:	

3 - Localização do imóvel

Freguesia:	Paranhos	Concelho:	Porto	Distrito:	Porto
Entrada ⁽¹⁾ principal (Lugar/Rua):	E1	Rua da Arroiteia, nº.13, 4200-092 Porto	Coordenadas GPS:	41.18391,-8.59701	
Outra Entrada ⁽¹⁾ do Imóvel:			Coordenadas GPS:		
Outra Entrada ⁽¹⁾ do Imóvel:			Coordenadas GPS:		

Inserir linha

4 - Caracterização do imóvel

Descrição do Imóvel:	Outros	Instalação:	
Classificação das instalações ⁽²⁾ :	Locais afetos a serviços técnicos	Total Ramais:	0

5 - Instalação Elétrica

Tipo da Instalação ⁽³⁾	Entrada do Imóvel	Ramal N.º	NIP ⁽⁴⁾ (existente)	CPE ⁽⁵⁾ (existente)	Andar	Fração	Tipo utilização individual ⁽⁶⁾	Entrada	Total Instalado (kVA)	Fator de Simultaneidade	Potência a Alimentar (kVA)
C	E1	1	07693053		Cobert.	Antena	Antena de comunicações	Trif	34,50	1,00	34,50
C	E1	1	07693053	PT0002000086272409FX	2º.	Habit.	Habitação	Mono	10,35	1,00	10,35
C	E1	1	07693053	PT0002000086272422PT	1º.	Habit.	Habitação	Mono	10,35	1,00	10,35
C	E1	1	07693053	PT0002000086272386YX	1º.	Habit.	Habitação	Mono	10,35	1,00	10,35
C	E1	1	07693053	PT0002000086272375ME	R/CH	S.C	Serviços comuns	Trif	20,70	1,00	20,70

Inserir linha

Tipo de Instalação	Potência Total Instalada (kVA)
Tipo A: geradores de segurança e de socorro	0,00
Tipo B: instalações alimentadas em MT/AT/MAT	0,00
Tipo C: instalações alimentadas em BT	86,25

Declaro que a informação apresentada caracteriza a instalação elétrica.

2024/07/23

(Data e assinatura do técnico responsável)

FE_v.20190102

(1) Localização (Rua e numeração de porta ou Lugar) do(s) ponto(s) de entrega ao imóvel (ramais de alimentação).

Caso a instalação de utilização seja alimentada por um ramal próprio, deve mencionar a respetiva localização.

(2) Conforme Anexo I do Despacho n.º 1/2018 da DGEG.

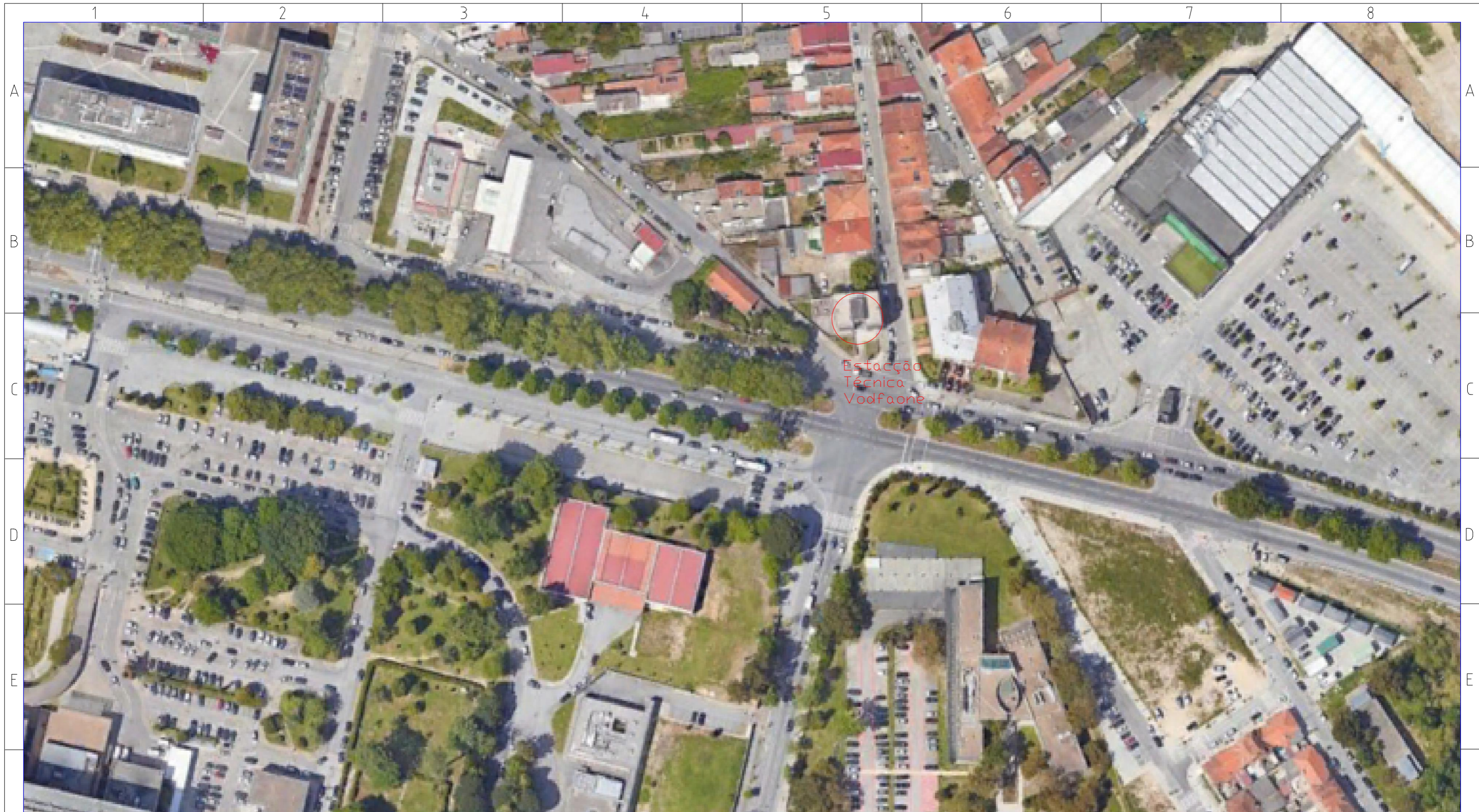
(3) Conforme art.º 3.º do Decreto-Lei nº 96/2017. Para instalações do "Tipo A", de socorro ou segurança, indicar a "Entrada", "Ramal N.º", "NIP" e "CPE" da instalação de utilização a que está associado.

(4) NIP - Número de Identificação do Prédio. Caso ainda não esteja atribuído, colocar "-".

(5) CPE - Código do Ponto de Entrega (conforme art.º 229º do RRC). Caso ainda não esteja atribuído, colocar "-".

(6) Conforme Anexo II do Despacho n.º 1/2018 da DGEG.

Anexo J. Planta de Localização da Estação RTT



DESENH.:	Diogo Matos
DATA :	23/07/2024
ESCALA :	S/ Escala
TÉCNICO RESPONSÁVEL :	
CLASSIFICAÇÃO :	Telecomunicações
CLIENTE :	

PEÇAS DESENHADAS
Planta de Localização
60653
HOSPITAL S. JOAO NORTE
Rua da Arroiteia, n.º13, 4200-092 Porto

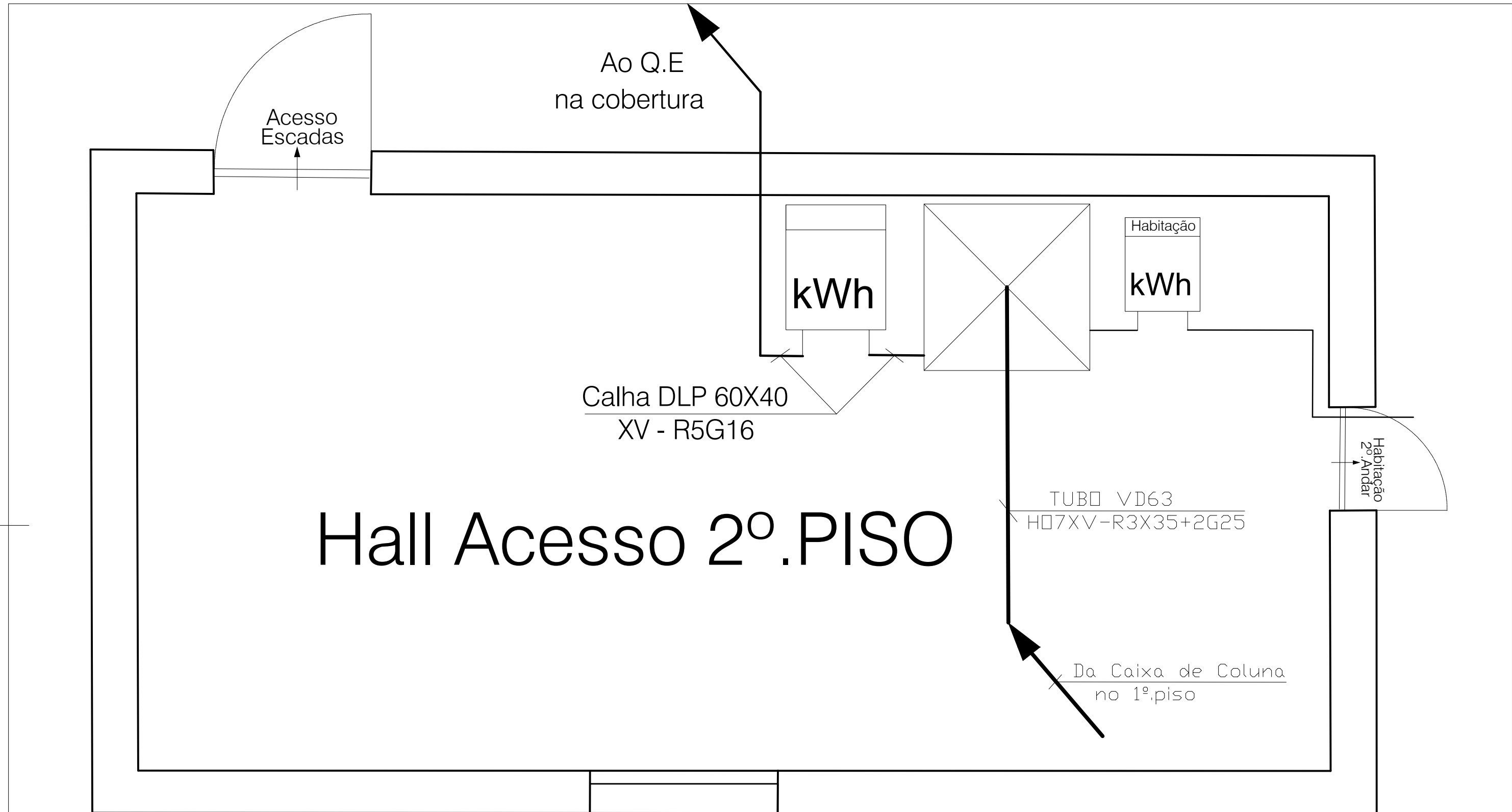
proef

www.proef.com
Rua do Poente, n.º 166 TEL: 252 400 610
APT. 282 4785-909 TROFA FAX: 252 400 616

PROCESSO :	FOLHA N.º
REVISÃO : 00	01

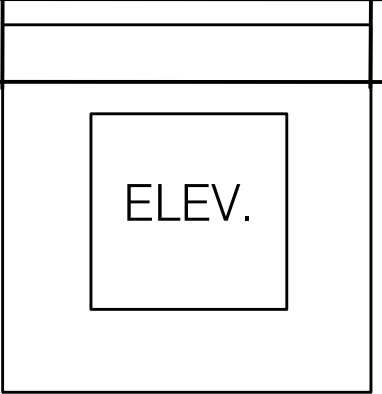
- | | |
|-----|-----|
| AA4 | AN1 |
| AB4 | AP1 |
| AC1 | AQ2 |
| AD3 | AR1 |
| AE3 | AS1 |
| AF1 | BA5 |
| AG2 | BB1 |
| AH1 | BC3 |
| AK1 | BD1 |
| AL1 | BE1 |
| AM1 | CA1 |
| | CB1 |
- IP30
IK07

Anexo K. Alimentação da Estação RTT



Hall Acesso 2º.PISO

- AA4
 - AB4
 - AC1
 - AD3
 - AE3
 - AF1
 - AG2
 - AH1
 - AK1
 - AL1
 - AM1
- IP65
IK07
- AN1
 - AP1
 - AQ2
 - AR1
 - AS1
 - BA5
 - BB1
 - BC3
 - BD1
 - BE1
 - CA1
 - CB1



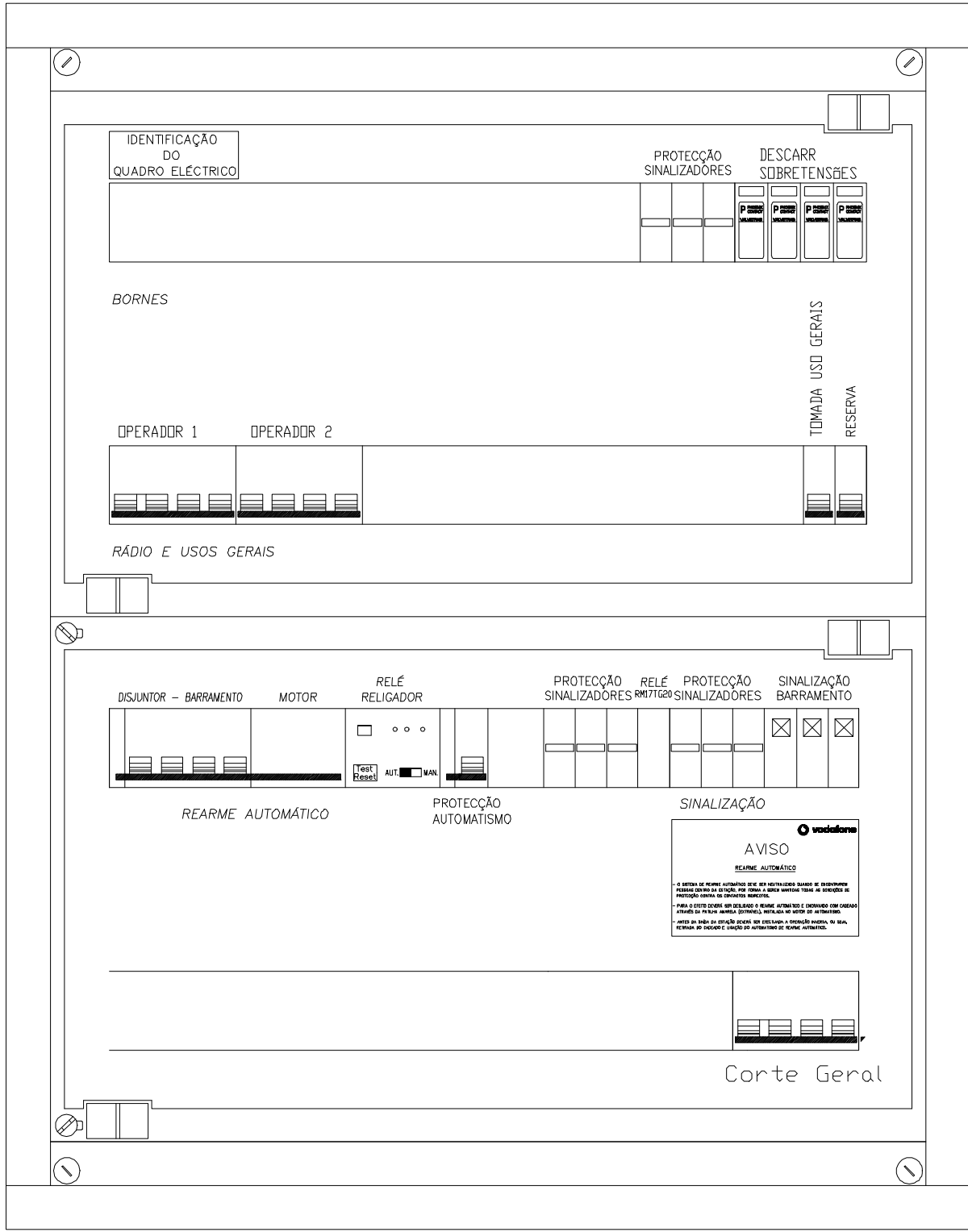
DESENH.:	Diogo Matos	ALIMENTAÇÃO CONTADOR	www.euricoferreira.pt e-mail: euricoferreira@euricoferreira.pt Rua do Poente, n.º 166 TEL: 252 400 610 APT. 282 4785-909 TROFA FAX: 252 400 616		
DATA :	23/07/2024				
ESCALA :					
TÉCNICO RESPONSÁVEL :		SITE 60653-H.S.JOÃO NORTE SUBST Rua da Arroteia, n.º.13, 4200-092 Porto	PROCESSO :	EF.146-2023	02
CLASSIFICAÇÃO :	Antena de Telecomunicações		REVISÃO :	00	
CLIENTE :					

Anexo L. Vista Frontal do QGBT da Estação RTT

1 2 3 4

A

A



B

B

C

C

D

D

E


E

F

F

DESENH.: Diogo Matos
 DATA : 23/07/2024
 ESCALA : S/ Escala
 TÉCNICO RESPONSÁVEL :

PEÇAS DESENHADAS
 Vista Frontal-QE Vodafone



www.proef.com
 Rua do Poente , n.º 166 TEL: 252 400 610
 APT. 282 4785-909 TROFA FAX: 252 400 616

CLASSIFICAÇÃO :
 Telecomunicações
 CLIENTE :

60653
 HOSPITAL S. JOÃO NORTE
 Rua da Arroiteia, n.º.13, 4200-092 Porto

PROCESSO :
 REVISÃO :
 00
 FOLHA N.º
 05

G

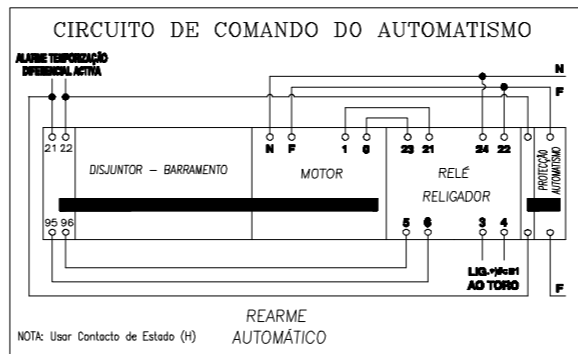
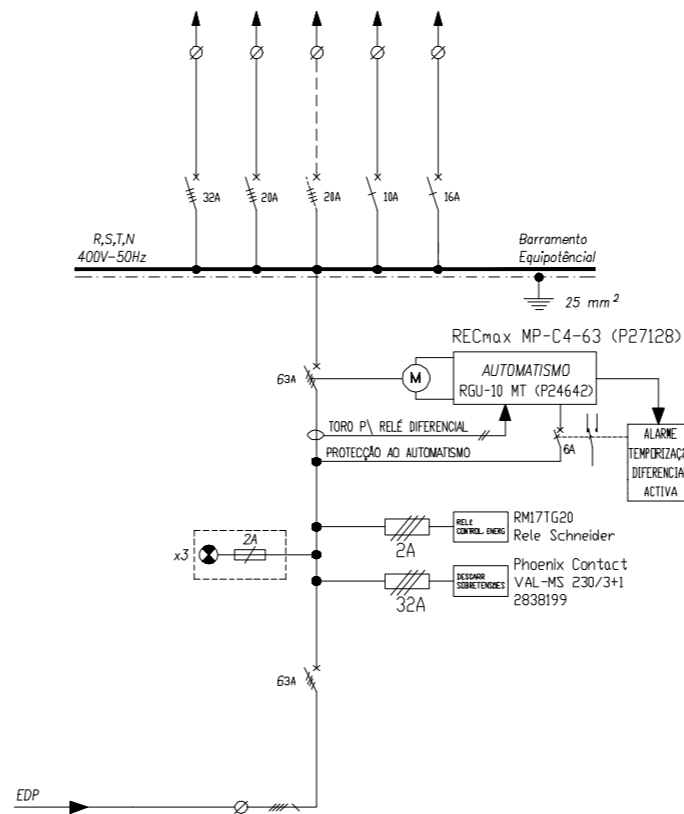
G

1 2 3 A4

Anexo M. Esquema Unifilar do QGBT da Estação RTT

MODULO DE POTENCIA


OPERADOR 1	OPERADOR 2	RESERVA NÃO EQUIPADA	RESERVA EQUIPADA	TOMADA
32	20	20	10	16
H05VV-F 5G6	H05VV-F 5G6	H05VV-F 3G2,5	H05VV-F 3G2,5	
TUBAGEM PVC Ø 6,3 mm				
1	5	9	23	24



NOTA: Usar Contacto de Estado (H)

DESENH.: Diogo Matos
 DATA : 23/07/2024
 ESCALA : S/ Escala
 TÉCNICO RESPONSÁVEL :
 CLASSIFICAÇÃO :
 Telecomunicações
 CLIENTE :

PEÇAS DESENHADAS
 Q.E. Vodafone
 60653
 HOSPITAL S. JOÃO NORTE
 Rua da Arroiteia, nº.13, 4200-092 Porto



www.proef.com
 Rua do Poente , n.º 166 TEL: 252 400 610
 APT. 282 4785-909 TROFA FAX: 252 400 616

PROCESSO :
 REVISÃO : 00

FOLHA N.º
 04

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter conduzido este trabalho académico com integridade. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à sua elaboração.

Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.

ISEP, Porto, 23 de setembro de 2024



Assinado por: Diogo Henrique
Gonçalves Matos
Identificação: BI15637723
Data: 2024-10-08 às 18:02:10