



BUILDING SOLUTIONS: ESTUDO LUMINOTÉCNICO E PROJETO FOTOVOLTAICO

BERNARDO MIGUEL NEVES DA SILVA FONSECA
outubro de 2024



Building Solutions

Estudo Luminotécnico e Projeto Fotovoltaico

Bernardo Miguel Neves da Silva Fonseca

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

Orientador: Sérgio Filipe Carvalho Ramos

Co-orientador: Tiago André Soares

Júri:

Presidente:

Fernando Maurício Teixeira De Sousa Dias

Vogais:

Rui Paulo Ramos de Castro

Sérgio Filipe Carvalho Ramos

Resumo

A sustentabilidade e a eficiência energética são dois parâmetros que assumem um papel importante na atualidade devido à situação ambiental que se vive e ao consumo excessivo e desnecessário de energia que os países, instituições e entidades apresentam. Isto originou a um aumento progressivo do preço da energia que as empresas a nível nacional como mundial estão a constatar. O motivo da realização deste trabalho foi abordar e aprofundar as áreas da energia que contribuem não só para a minimização do seu gasto desmedido mas também para combater o desdobramento do custo energético.

Neste trabalho, propusemo-nos a estudar as várias soluções possíveis a adotar num edifício, no contexto do projeto de iluminação e do projeto fotovoltaico, na sede do Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência (INESC TEC). Pretendemos realizar um estudo de iluminação seguido de um projeto de instalação de energia renovável na instalação, de forma a determinar as medidas necessárias para satisfazer as necessidades energéticas do utilizador através da sua produção e autoconsumo. Além disso, verificámos se estes projetos de instalação de painéis solares fotovoltaicos apresentavam valores que os tornassem viáveis e favoráveis à sua implementação.

Com base nos resultados do trabalho, podemos concluir que as três vertentes abordadas forneceram indicadores positivos, tanto na distribuição da energia elétrica pela instalação, como no estudo luminotécnico e no projeto de instalação solar fotovoltaica. Por fim, face aos resultados anotados, conclui-se que existe uma forte possibilidade de dar seguimento aos temas debatidos de forma a reforçar o perfil do edifício do INESC TEC como uma instalação sustentável e adaptada às necessidades atuais relativamente ao sistema de distribuição e produção energética juntamente com o sistema de iluminação.

Palavras-Chave

Sustentabilidade, eficiência energética, estudo luminotécnico, ações de modernização, INESC TEC, estudo luminotécnico, projeto de instalação solar fotovoltaica, sistema de distribuição.

Abstract

Sustainability and energy efficiency are two parameters that assume an important role nowadays due to the current environmental situation and the excessive and unnecessary consumption of energy by countries, institutions, and entities. This has led to a progressive increase in the price of energy that companies both nationally and globally are noticing. The reason for doing this work was to address and deepen the areas of energy that contribute not only to the minimization of its excessive spending, but also to combat the unfolding of the cost of energy.

In this work, we set out to study the various possible solutions to be adopted in a building, in the context of the lighting project and the photovoltaic project, at the headquarters of the Institute of Systems and Computer Engineering, Technology and Science (INESC TEC). To better understand the building in question, we intended to carry out a lighting study followed by a renewable energy installation project in the facility to determine the measures necessary to meet the user's energy demands through their production and self-consumption, which allows for considerable energy savings and avoids energy waste in the facility. In addition, we verified whether these photovoltaic solar installation projects presented values that made them viable and favourable for their implementation.

Based on the results of the work, we can conclude that the three aspects addressed provided positive indicators, both in the distribution of electrical energy throughout the facility, as well as in the lighting study and the photovoltaic solar installation project.

Finally, considering the recorded results, it is concluded that there is a strong possibility of continuing with the discussed topics to strengthen the profile of the INESC TEC building as a sustainable facility, adapted to current needs regarding the energy distribution and production system, along with the lighting system.

Keywords

Sustainability, energy efficiency, lighting study, modernization actions, INESC TEC, lighting study, photovoltaic solar installation project, distribution system.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que sempre me apoiaram durante todo o meu percurso académico. Só assim foi possível não só realizar este trabalho, mas também concluir este meu percurso desafiante e motivador para o futuro que me avizinha.

Para além disso, uma palavra de apressa a todos os docentes do Instituto Superior de Engenharia do Porto do Politécnico do Porto que contribuíram significativamente para a minha formação e que sempre estiveram disponíveis para qualquer situação.

À minha família, que sempre me deu suporte para continuar todos os dias a trabalhar neste projeto, que foram o meu pilar para quando as coisas não corriam bem sobretudo naqueles dias em que a minha motivação não estava elevada face aos problemas do quotidiano, aos meus amigos por estarem sempre presentes para mim naquilo que precisava, sempre me apoiaram e deram o seu contributo à sua maneira. São estas pessoas que me fazem querer ser melhor não só a nível pessoal como profissional e este trabalho é o exemplo disso mesmo.

Por fim, queria agradecer ao Sr. ° Eng.° Sérgio Filipe Carvalho Ramos, meu orientador de estágio, e ao meu coorientador Sr. ° Eng.° Tiago André Soares, por toda a disponibilidade e ajuda ao longo do trabalho realizado, que se revelou ser importante para os resultados obtidos.

Índice

ÍNDICE	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS	XV
1. INTRODUÇÃO.....	19
1.1.CONTEXTUALIZAÇÃO.....	19
1.2.OBJETIVOS	21
1.3.ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO	22
1.4.INSTITUTO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTADORES, TECNOLOGIA E CIÊNCIA	23
2. ESTADO DE ARTE	25
2.1.ATUALIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS.....	25
2.2.RETROFIT.....	25
2.3.PROCEDIMENTOS TÉCNICOS (RETROFIT)	27
2.4.DIRETIVA (UE) 2024/1275	28
2.5.LUMINOTECNIA.....	34
2.5.1. <i>Tipos De Iluminação</i>	35
2.5.2. <i>Projeto Luminotécnico</i>	37
2.6.ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	43
2.6.1. <i>Energia Solar Como Energia Renovável</i>	47
2.6.2. <i>Projeto Fotovoltaico</i>	51
2.6.3. <i>Tecnologia De Equipamentos Fotovoltaicos (Células, Painéis, Inversores, Cablagem, etc.)</i> 53	
3. TRABALHO DE DESENVOLVIMENTO	63
3.1.CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO	63
3.1.1. <i>Caracterização da envolvente</i>	64
3.1.2. <i>Caracterização da iluminação</i>	65
3.1.3. <i>Caracterização energética</i>	67
3.2.ESQUEMAS UNIFILARES.....	68
3.2.1. <i>Esquemas elétricos edifício A</i>	69
3.2.2. <i>Esquemas elétricos Edifício B</i>	70
3.3.PROJETO LUMINOTÉCNICO.....	72
3.3.1. <i>EN-12464-1:2021</i>	73
3.3.2. <i>Gabinete B2.9</i>	74

3.4.PROJETO FOTOVOLTAICO	81
3.4.1. <i>Projeto CarPark</i>	83
3.4.2. <i>Projeto Fachada (Overview)</i>	95
3.4.3. <i>Projeto Cobertura (Overview)</i>	103
3.4.4. <i>Análise Económica Dos Projetos</i>	109
4. CONCLUSÕES	117
4.1.CONCLUSÕES FINAIS.....	117
4.2.CONTRIBUTOS	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122
ANEXOS	126

Índice de Figuras

Figura 2.1: Processo de retrofit nas edificações [10], [11].	27
Figura 2.2: Formulação do sistema REPowerEU [28].	44
Figura 2.3: Capacidade elétrica das energias renováveis [30].	45
Figura 2.4: Porções representativas da produção elétrica por regiões [30].	46
Figura 2.5: Fornecimento total de energia primária por grupo energético, 2020-2050 no Cenário 1,5°C [31].	47
Figura 2.6: Eletricidade gerada através da energia solar em todo o mundo [30].	48
Figura 2.8: Cenários dos mercados de energia solar fotovoltaica [32].	50
Figura 2.9: Aplicação do sistema solar fotovoltaico no mercado energético europeu [32].	51
Figura 2.10: Constituição de uma célula fotovoltaica [37].	54
Figura 2.11: Estrutura principal de um painel fotovoltaico [38].	56
Figura 2.12: Diagrama do sistema fotovoltaico[39].	57
Figura 2.13: Inversores solares num parque fotovoltaico[40].	58
Figura 2.14: Representação da ligação dos cabos fotovoltaicos nos módulos [41].	59
Figura 2.15: Morfologia dos cabos solares fotovoltaicos [41].	62
Figura 3.1: Localização geográfica do edifício sede do INESC TEC [44].	64
Figura 3.2: Percentagem de ocupação do INESC TEC [45].	66
Figura 3.3: Medidor de parâmetros elétricos.	67
Figura 3.4: Luxímetro Digital Lux Tester, modelo Koban KL1065.	75
Figura 3.5: Luminárias atuais no Gabinete 2.9.	76
Figura 3.6: Disposição do gabinete B2.9 e pontos de recolha de medidas de iluminação.	76
Figura 3.7: Caracterização do espaço do gabinete B2.9.	77

Figura 3.8: Tipologia da luminária usada nas simulações para o gabinete B2.9.	78
Figura 3.9: Contextualização geográfica da instalação do CarPark no INESC TEC.	84
Figura 3.10: Localização esquemática da instalação CarPark.	85
Figura 3.11: Módulo fotovoltaico CarPark.	87
Figura 3.12: Inversor SUN2000-100KTL-M1 da Huawei.	87
Figura 3.13: Diagrama de eficiência do inversor.	88
Figura 3.14: Contextualização da localização do projeto da fachada.	96
Figura 3.15: Disposições possíveis do sistema fotovoltaico da fachada	97
Figura 3.16: a) Painel SMF310-5X12DW e b) diagrama da relação da tensão e da corrente do painel.	98
Figura 3.17: a) Inversor SUN2000-12KTL-M5-400V da Huawei do sistema da fachada e respetiva b) curva de eficiência.	99
Figura 3.18: Contextualização geográfica da instalação da cobertura.	104
Figura 3.19: Desenho técnico do projeto fotovoltaico para a cobertura.	105
Figura 3.20: Painel fotovoltaico RSM108-10-440-465NDG.	106
Figura 3.21: Perfil de consumo do INESC TEC e produção energética dos sistemas.	114
Figura 3.22: Payback do investimento total dos sistemas fotovoltaicos.	114

Índice de Tabelas

Tabela 2.1: Modelo no anexo V da diretiva (UE) 2024/1275 [3].	32
Tabela 2.2: Conceitos gerais de luminotecnia.	34
Tabela 2.3: Tipos de iluminação.	36
Tabela 2.4: Produção energética no mundo em 2022, 2021 e 2020, [31].	46
Tabela 2.5: Produção elétrica por energia solar [30].	48
Tabela 2.6: Aspectos técnicos a considerar num sistema fotovoltaico [37].	52
Tabela 3.1: Tipologia de luminárias existentes no edifício.	65
Tabela 3.2: Organização estrutural dos quadros elétricos no edifício A.	69
Tabela 3.3: Organização estrutural dos quadros elétricos no Edifício B.	71
Tabela 3.4: Requisitos mínimos de iluminação interior em escritórios.	73
Tabela 3.5: Requisitos mínimos de iluminação em Openspaces e gabinetes.	73
Tabela 3.6: Medidas de iluminação dos pontos de medição no gabinete B2.9.	77
Tabela 3.7: Descrição pormenorizada da luminária usada nas simulações para o gabinete B2.9.	78
Tabela 3.8: Iluminância nominal dos diferentes pontos de interesse no gabinete B2.9.	79
Tabela 3.9: Valores de encandeamento em diferentes pontos no gabinete B2.9.	80
Tabela 3.10: Resumo da simulação de iluminação do gabinete B2.9.	80
Tabela 3.11: Datasheet dos painéis fotovoltaicos do sistema CarPark.	86
Tabela 3.12: Datasheet do inversor SUN2000-100KTL-M.	88
Tabela 3.13: Temperaturas ambiente e irradiância solar no contexto geográfico inserido.	90
Tabela 3.14: Parâmetros dos módulos fotovoltaicos do CarPark.	91
Tabela 3.15: Resultados das tensões máximas admissíveis do sistema CArPark.	92

Tabela 3.16: Resultados das tensões mínimas admissíveis do sistema CarPark.	94
Tabela 3.17: Resultados dos módulos em série do sistema CarPark.	94
Tabela 3.18: Datasheet dos painéis fotovoltaicos do sistema fachada.	98
Tabela 3.19: Datasheet do inversor SUN2000-12/15/17/20/25KTL-M5.	99
Tabela 3.20: Temperaturas ambiente e irradiância solar no contexto geográfico inserido.	100
Tabela 3.21: Parâmetros dos módulos fotovoltaicos da fachada.	101
Tabela 3.22: Resultados das tensões máximas admissíveis do sistema da fachada.	101
Tabela 3.23: Resultados das tensões mínimas admissíveis do sistema fachada.	102
Tabela 3.24: Resultados dos módulos em série do sistema fachada.	103
Tabela 3.25: Datasheet dos painéis fotovoltaicos do sistema cobertura.	106
Tabela 3.26: Parâmetros dos módulos fotovoltaicos da cobertura.	107
Tabela 3.27: Resultados das tensões máximas admissíveis do sistema da cobertura.	108
Tabela 3.28: Resultados das tensões mínimas admissíveis do sistema cobertura.	108
Tabela 3.29: Resultados dos módulos em série do sistema cobertura.	109
Tabela 3.30: Consumo anual do INESC TEC em kWh.	111
Tabela 3.31: Produção mensal em kWh do sistema CarPark.	111
Tabela 3.32: Produção mensal em kWh do sistema cobertura.	111
Tabela 3.33: Produção mensal em kWh do sistema fachada.	112
Tabela 3.34: Produção total mensal dos sistemas fotovoltaicos na instalação em kWh.	112
Tabela 3.35: Poupança e produção energética dos sistemas fotovoltaicos.	113
Tabela 3.36: Viabilidade de execução dos projetos fotovoltaicos.	113

Lista de Siglas e Acrónimos

AC	–	Corrente Alternada
APL	–	Aplication Layer
BA	–	Building Automation
CC	–	Corrente Continua
C&I	–	Comercial e industrial
CIS	–	Cooper indium selenide cell
CIGS	–	Copper indium gallium selenide cell
CPS	–	Concentring Solar Power
EBCI	–	Electroindustry Business Conditions Index
EHSA	–	Environmental Health and Safety Assistant
EIB	–	European Installation Bus
EIBA	–	European International Business Academy
ER	–	Energias Renováveis
ETS	–	Engineering Tool Software
GNL	–	Gás natural liquefeito
HJT	–	Heterojunction solar cell
IBM	–	International Business Machines
INEGI	–	Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

INESC TEC	–	Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência
IRC	–	Índice de Reprodução de Cor
IRENA	–	International Renewable Energy Agency
KgCO ₂ eq/(m ²)	–	Quilograma de dióxido de Carbono equivalente por metro quadrado
kWh	–	Quilowatt-hora
kWh/(m ² . ano)	–	Quilowatt-hora por ano por metro quadrado
LCOE	–	Levelized cost of electricity
MWh	–	Megawatt-hora
PAG	–	Potência de Aquecimento Global
PT	–	Posto de Transformação
PTEDE	–	Preparação para Dissertação/Estágio
QGBT	–	Quadro Geral de Baixa Tensão
TEDSEE	–	Preparação para Dissertação/Estágio
TIR	–	Taxa Interna de Retorno
UE	–	União Europeia
VAL	–	Valor Atual Líquido

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório representa a minha dissertação de mestrado na área da Engenharia Eletrotécnica, Sistemas Elétricos de Energia, em que é abordado o tema proposto juntamente com cumprimentos dos objetivos previamente definidos.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

sustentabilidade energética é um termo que descreve os vários processos de combate a uma das maiores preocupações que o planeta enfrenta que são as alterações climáticas. Trata-se de um sistema com indicadores insustentáveis e encontra-se numa trajetória para permanecer assim [1]. Em resposta a isso, a sustentabilidade energética é uma metodologia que visa o equilíbrio do consumo dos recursos energéticos, ou seja, na supressão das necessidades atuais na ausência de impactos ambientais negativos.

Cerca de 40% da energia final na Europa e cerca de 30% da energia final em Portugal provém do setor dos edifícios [2]. Contudo de toda esta energia utilizada, cerca de 50% da mesma, pode ser reduzida ou melhor aproveitada através de medidas e ações de eficiência energética que promovem a redução de CO₂ libertado e que contribui para um dos maiores senão o maior problema que a humanidade enfrenta, as alterações climáticas [2]. Dito isto, todos os edifícios quer sejam estes habitacionais, comerciais ou de escritórios, que se apresentam no processo de construção ou que foram construídos recentemente, possuem o dever de obedecer aos requisitos impostos na sociedade atual de modo a ocorrer uma melhor eficiência e sustentabilidade de um setor que tem um papel preponderante no mundo atual.

A diretiva (UE) 2024/1275 [3] de 24 de abril de 2024, é um documento legislativo reformulado pelo parlamento europeu e pelo conselho da União Europeia, através da diretiva 2010/31/EU, de 19 de maio de 2010, em que reforça a sinergia entre a Europa e os Estados-Membros no que diz respeito à importância do desempenho energético dos edifícios e o seu impacto para a descarbonização do parque imobiliário até 2050. Este documento visa a promoção da alta eficiência do sistema imobiliário e a redução das emissões de gases com efeito de estufa, abordando várias medidas, estabelecendo deadlines para os requisitos mínimos e regras mais apertadas para o desempenho energético dos edifícios.

Uma das medidas que beneficiam a causa mencionada passa por um estudo luminotécnico. Este estudo detalhado caracteriza-se por um leque de técnicas, num determinado espaço e ambiente, que visam calcular a quantidade de luz artificial que é precisa nesse mesmo local. Deste modo não só o cliente economiza como também elimina toda a energia elétrica desnecessária ou mal aproveitada, de modo a ir de encontro às suas conveniências.

Para além de economizar a energia a ser consumida também é possível melhorar o seu consumo. Atualmente não basta adotar processos que permitem ao utilizador reduzir ao máximo o desperdício energético, mas sim implementar medidas que contribuem para uma obtenção de energia mais eficiente e sustentável. O consumo de energia não tem de incidir unicamente na rede pública e por isso a instalação de infraestruturas vocacionadas para a produção e consumo de energia segundo uma fonte renovável, traz muitas vantagens não só do ponto de vista do utilizador, ao nível económico, mas também do ponto de vista global, ao nível ambiental. Deste modo, é importante estabelecer um conjunto de etapas e dar o devido seguimento desde o início do projeto até ao produto final, passando por um dimensionamento de equipamentos adequado face às necessidades energéticas do consumidor, até à sua previsão de investimento e viabilidade.

As Energias Renováveis (ER) são fontes de energia reconhecidas no mercado energético mundial e que possibilitam ao nosso planeta crescer de uma forma mais sustentável e saudável. A energia solar é uma dessas energias e trata-se de um processo de transformação energética através da radiação solar, usada para combater os efeitos do aquecimento global e reduzindo a dependência dos combustíveis fósseis ao aliviar o impacto económico da subida dos preços do petróleo. É uma energia que está cada vez mais a crescer no século atual e a tendência é que continue dessa forma, já que se trata de um recurso

inesgotável e o mais abundante em relação às outras energias limpas. Para um melhor aproveitamento deste recurso, é imprescindível ao consumidor respeitar uma série de mecanismos e de requisitos que possibilitam a geração de energia na instalação para o seu consumo, ou neste caso, autoconsumo visto que o utilizador consumirá a sua própria energia produzida [4]. Dito isto, a presente proposta de trabalho pretende explorar os conceitos mencionados e aplicados a um edifício existente, ou parte desse edifício (Edifício sede do INESC TEC) e potenciar a sua utilização e contribuir, deste modo, para a melhoria da sua eficiência energética.

1.2. OBJETIVOS

Os objetivos da realização deste trabalho passam por vários pontos. É um trabalho cujo tema aborda parâmetros com um impacto na sociedade elevado, como a produção e o consumo da energia elétrica, que tem sido uma temática ainda difícil de resolver face as necessidades presentes no dia a dia e ao seu custo atual no mercado que tem sido progressivo.

Para que o consumidor apresente um perfil ideal de consumo energético, ou seja, um perfil eficiente e sustentável em concordância com os seus gastos, é fundamental reconhecer comportamentos que contribuem para uma situação oposta à desejada. Um dos sistemas responsáveis pelo maior desaproveitamento da energia é o sistema de iluminação da instalação. O facto da iluminação de um espaço apresentar valores elevados de energia que em muitas situações se encontra mal dimensionada e projetada, contribuiu-o para uma melhor compreensão e estudo retratado no presente trabalho, servindo como um guia técnico capaz de solucionar a perda energética e otimizar a iluminação da instalação.

Aliado a um estudo aprofundando do sistema de iluminação, outro objetivo que se pretende alcançar é o reconhecimento da importância das energias renováveis e de como assumem um papel importante nos dias de hoje para o utilizador e para a comunidade. Neste caso, a forma como a produção de energia através da instalação de infraestruturas fotovoltaicas tem impacto no perfil de consumo energético do utilizador e qual a viabilidade económica de um projeto desta tipologia na dimensão.

Sem prejuízo da realização de outras atividades, as etapas principais do trabalho foram:

- Trabalho de levantamento e recolha de informação das instalações existentes e respetiva atualização do desenho técnico da instalação elétrica;

- Realização de um estudo luminotécnico das soluções existentes e um estudo de proposta de novas soluções luminotécnicas;
- Identificação e preparação da metodologia de estudo a aplicar;
- Realização de um projeto de produção energética fotovoltaica no edifício;
- Seleção de um local adequado para a implantação de estruturas e de painéis fotovoltaicos no edifício;
- Identificação dos equipamentos necessários para a execução da instalação e compreensão do seu sistema de funcionamento na obtenção de energia elétrica;

Execução da análise económica do projeto, ou seja, estudo da viabilidade económica, Taxa Interna de Retorno do investimento (TIR) e o Valor Atual Líquido (VAL) na instalação.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

Este trabalho está dividido por 4 capítulos. A Introdução, Estado de Arte, Trabalho de Desenvolvimento e por fim as Conclusões.

Na Introdução, Capítulo 1, faz-se referência à contextualização do tema de trabalho e onde se dá a abordagem inicial do conteúdo abordado, bem como os objetivos que se esperam alcançar com este trabalho.

No Estado de Arte, Capítulo 2, é o capítulo em que se insere a pesquisa científica do tema de trabalho, servindo de base para o trabalho realizado na parte prática.

Relativamente ao Trabalho de Desenvolvimento, Capítulo 3, este é o capítulo onde está descrito o trabalho prático realizado que foi proposto inicialmente com o intuito de alcançar os objetivos mencionados.

Por fim, o Capítulo 4 retrata as principais conclusões do trabalho, o estado final do trabalho e o ponto final da situação, incluindo discriminação detalhada de trabalho futuro a realizar com o intuito de dotar o edifício com as melhores práticas de gestão de energia.

1.4. INSTITUTO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTADORES, TECNOLOGIA E CIÊNCIA

Os trabalhos propostos foram incididos no âmbito da dissertação de mestrado com o Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência (INESCTEC) como caso de estudo [4]. Trata-se de uma instituição pública, sem fins lucrativos, destinada ao desenvolvimento tecnológico e científico, abraçando novos métodos e práticas para o progresso da ciência e do desenvolvimento humano.

É uma instituição presente em Portugal, com sede no Porto, mas com a existência de centros de desenvolvimento em Vila Real e Braga. Ao todos contabilizam-se 13 centros de investigação e desenvolvimento, vocacionados para diversas temáticas, destacando-se a informática, engenharia industrial e de sistemas, redes de sistemas inteligentes e energia.

Com uma sociedade de cerca de 700 colaboradores, a empresa agrega investigadores de várias tipologias, quer sejam investigadores contratados, de instituições de ensino superior afiliados ou até mesmo bolsiros. A principal visão que a empresa pretende passar é a importância do conhecimento e como a sua posse permite influenciar a vida de todos nós.

Em associação com várias entidades de ensino superior nacional tais como, a Universidade do Porto, o Instituto Politécnico do Porto, a Universidade de Trás-os-Montes e a Universidade do Minho, o INESCCTEC apresenta-se na frente de inúmeros campos de avanço tecnológico, descrevendo um domínio essencialmente na inteligência artificial, bioengenharia, comunicações, ciência e engenharia dos computadores, fotónica, sistemas de energia, robótica e em engenharia e gestão de sistemas [5].

Com um objetivo já delineado o INESCCTEC pretende seguir com uma visão de avanço e inovação tecnológica em diversas áreas e, com uma missão de reconhecimento a nível nacional e internacional, contando com apoios de instituições de ensino superior internacionais, como a Carnegie Mellon Portugal, MIT Portugal e UT Austin Portugal [6].

O presente documento aborda a apresentação de trabalhos nesta casa que englobam mais que um tema na área dos sistemas de energia, com o essencial foco nas instalações e no perfil de consumidor energético que representa a instituição.

2. ESTADO DE ARTE

2.1. ATUALIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS

O impacto que os edifícios existentes e que se encontram em fase de construção assumem no ambiente está cada vez mais a aumentar. Por isso, é cada vez mais necessário dominar conhecimentos que permitem reduzir a sua influência no meio ambiente, como o desenvolvimento de estratégias de eficiência energética e ações de modernização. Estas consistem em medidas adotadas com o intuito de aumentar a poupança energética nos edifícios e reduzir a quantidade de emissões de gases poluentes para a atmosfera.

2.2. RETROFIT

A porção de edifícios existentes é muito superior à de edifícios por construir logo existe necessidade de um aprofundamento dos conhecimentos que combatem com os defeitos que estas infraestruturas contêm e que contribuem para o uso excessivo e desnecessário de energia. Aliado à escassez de espaço nos grandes centros urbanos e à procura pela atualização dos edifícios existentes, iniciou-se o uso do termo retrofit.[7]

Esta designação é bastante comum na construção civil e é aplicado no processo de reestruturação dos edifícios. É um processo que engloba ações de modernização e readequação de instalações que apresentam anomalias ou deformações acumuladas ao longo

do tempo. Aproveitando o avanço dos tempos e das tecnologias, o retrofit utiliza novos aparelhos e métodos com vista a preservar o que há de bom na estrutura do edifício e a restabelecer o que foi perdido durante a vida útil da edificação. Estes procedimentos têm sempre como prioridade principal as necessidades quer dos moradores, caso o edifício em questão seja uma moradia, quer dos funcionários ou trabalhadores, caso o edifício seja uma unidade industrial ou hospitalar.

Para além da satisfação das exigências a atender, o retrofit consegue proporcionar uma melhoria em vários parâmetros tais como a eficiência energética, conforto térmico, redução nos custos operacionais, redução nos gastos relativos às despesas de manutenção e valorização da própria edificação.

No contexto global atual, em que cada vez mais surgem problemas ambientais onde há escassez de recursos naturais e crises energéticas, o retrofit surge como uma solução para exemplos de más condições de utilização, edifícios abandonados ou degradados. Isto através de processos sustentáveis com uma redução de quantidade de geração de resíduos nas infraestruturas, uma utilização de métodos e materiais sustentáveis para a resposta aos entraves ocorridos e uma realização de estudos de grande viabilidade económica quando comparadas aos altos custos de manutenções das edificações.

Dito isto, “o termo retrofit (“retro”, do latim, significa movimentar-se para trás e fit, do inglês, adaptação, ajuste) surgiu ao final da década de 90 nos Estados Unidos e na Europa. A princípio, o termo foi enviado utilizado na indústria aeronáutica e referia-se à atualização de aeronaves, aos novos e modernos equipamentos disponíveis no mercado e, com o passar do tempo, começou a ser empregado, também, na construção civil. A ideia em foco diz respeito ao processo de modernização e atualização de edificações, visando torná-las contemporâneas, valorizando os edifícios antigos, prolongando sua vida útil, seu conforto e funcionalidade através da incorporação de avanços tecnológicos e da utilização de materiais de última geração” [8].

Dentro dos vários fatores que contribuem para o uso do processo salientam-se, segundo Croitor [9], os seguintes:

- Aproveitamento da infraestrutura existente no entorno e da sua localização;
- Impacto na paisagem urbana;
- Preservação do património e cultural;

- Déficit habitacional e a sustentabilidade ambiental.

A Figura 2.1 mostra o antes e o depois de dois exemplos de retrofit em edifícios de serviços, em que se vê a atualização e a reestruturação da edificação [10], [11].



Figura 2.1: Processo de retrofit nas edificações [10], [11].

De salientar ainda que o retrofit não se adequa apenas às edificações com necessidades, mas também a centros urbanos ou grandes áreas urbanas que precisam de uma revitalização e atualização de construções.

2.3. PROCEDIMENTOS TÉCNICOS (RETROFIT)

É necessário ter em consideração o conhecimento do estado de degradação de uma fração habitacional, comercial ou industrial juntamente com a sua capacidade de suportar acréscimos de diferentes tipos como a mudança de layout, a incorporação de automatismos ou a correção do desgaste derivado do uso e do tempo [12]. Só com o aglomerado da informação retirada, é possível elaborar propostas de atualização que se repartem por dois parâmetros, o pré-diagnóstico e o diagnóstico.

O pré-diagnóstico é a primeira etapa do processo de retrofit em que é apresentada uma ideia inicial que vá de encontro com aquilo que os proprietários pretendem. Aqui é identificado o estado de qualidade e de conservação da edificação através de inspeções visuais e de alguns levantamentos dimensionais superficiais para que se comece a elaborar o anteprojeto. É nesta etapa que é realizada uma investigação de documentos e plantas que existem e uma avaliação do estado das obras e estruturas que foram contabilizadas[12].

Após o pré-diagnóstico do edifício em estudo, a etapa que se segue caracteriza-se por um aprofundamento das investigações já realizadas com o intuito de realizar um parecer coerente com a realidade. Baseia-se num programa de diagnóstico moldado pelas necessidades das análises efetuadas anteriormente. Uma metodologia que apresente os principais recursos de investigação disponíveis para avaliação contribui muito na solução do problema. No entanto, o diagnóstico revela ser um critério pouco eficiente dada a dificuldade de avaliar o estado de degradação da edificação, pois métodos incorretos e imprecisos originam erros na avaliação e na elaboração dos projetos de atualização.

Estas pesquisas englobam procedimentos ou técnicas cujo grau de complexidade depende de alguns fatores como o tempo e sobretudo o custo. São os avaliadores que escolhem quais os procedimentos mais adequados para as deficiências observadas, e, dividem-se pelos seguintes métodos: vistoria, pesquisa documental, questionário, entrevistas, medições físicas e investigações complementares.

2.4. DIRETIVA (UE) 2024/1275

No âmbito legislativo o Parlamento Europeu e a Conselho da União Europeia (UE) procederam à conceção de regulamentos diretivos referentes ao desempenho energético dos edifícios que se apresentam como elementos com um fator de contribuição bastante elevado em vários objetivos ambientais delineados num futuro próximo.

Inicialmente na Europa, a diretiva 2002/91/CE[13] do Parlamento Europeu e do Conselho, era identificada como o primeiro documento legislativo ordinário em que era debatido o impacto que os desempenhos energéticos dos edifícios causavam no mundo e como a sua falta de gestão levaria à criação de problemas que não poderiam ser ignorados.

Os edifícios contribuem para a emissão de gases de efeito estufa e por consequente, para o aquecimento global que é responsável pela destruição de habitats naturais, alterações climáticas, fenómenos naturais entre outros problemas ambientais, isto tudo durante e após a sua vida útil. Estão na origem de cerca de metade das emissões primárias de partículas finas (PM_{2,5}) na União Europeia, que originam na deteção de doenças prematuras e mortes.

Após ter sido considerado os objetivos a atingir pela legislação identificada, que se compreendem pela melhoria da visão energética condicionada pelas alterações climáticas, que se têm vindo a sentir em todos os Estados-Membros, pelas condições locais e pela

relação entre o custo das ideologias a implementar comparativamente com a eficácia que fornecem.

Esta diretiva, foi criada no dia 16 de dezembro de 2002 em Bruxelas, pelas duas instituições europeias que decidiram reformular o tema a debater enquanto se verificou um progresso constante embora gradual do impacto que as energias renováveis incutiram na sociedade. Com a realidade do uso contínuo dos combustíveis fósseis ainda presente, que contribuem para o contínuo aquecimento global do planeta, o avanço da tecnologia vocacionado para as necessidades energéticas da população mundial necessita de ser impulsionado, logo, criou-se a diretiva 2010/31/UE [14], a 19 de maio de 2010 em Estrasburgo, com a criação de novos requisitos mínimos de desempenho energético e novas medidas a adotar.

No dia 24 de abril de 2024, novamente em Estrasburgo, voltou-se a reformular a diretiva, estando atualmente em vigor a Diretiva (UE) 2024/1275 [3], que representa uma posição forte e assumida da União Europeia no contexto do clima e energia com um leque de normas e requisitos mais rígidos e exigentes, salientado sempre a comunhão que é fundamental existir entre os Estados-Membros e a União Europeia. Esta simbiose, juntamente com os novos objetivos e requisitos de performance energética, são a nova imagem da Europa ao nível do retrofit. A descarbonização do setor imobiliário é agora um objetivo definido até 2050, em que a construção dos novos edifícios ou as grandes renovações dos edifícios existentes visam a emissão nula de carbono. Segundo a diretiva e as normas de construção nela incorporadas, cerca de 75% do parque imobiliário mostra-se ineficiente apesar de 85% a 95% dos edifícios estarem previstos a permanecerem em pé em 2050 [3]. Com uma taxa ponderada anual de renovação energética a rondar o 1%, é preciso estimular e incentivar a renovação dos edifícios, e a presente diretiva tem como um dos maiores objetivos apoiar essa causa.

Segundo o artigo 1º., o objetivo da renovação e certificação energética de edifícios novos e/ou existentes encontra-se sujeita a certos parâmetros, citados pelo próprio regulamento, tais como:

1. “À avaliação de aptidão para tecnologias inteligentes”[3];

2. “À execução de atos de inspeção regular dos sistemas de aquecimento, de ventilação e de ar condicionado, mencionando a periodicidade de cada inspeção para cada sistema incorporado na instalação bem como a qualificação do perito que a executa”[3];
3. “À promoção da implantação de instalações de tecnologias solares, do ponto de vista técnico, económico e funcional, em edifícios residenciais e não residenciais, de modo a otimizar o potencial de produção de energia solar com base na radiância solar do local e gerar benefícios para o clima e para a vertente económica da sociedade” [3].;
4. “Ao cálculo de Potencial de Aquecimento Global (PAG) do ciclo de vida dos edifícios, que se traduz num indicador numérico para cada fase do ciclo de vida da edificação, em kg CO₂ eq/(m²) de área útil, determinado para um período de estudo de referência de 50 anos” [3].

Os requisitos contemplados na diretiva representam requisitos mínimos a alcançar para a uma melhor eficiência energética no domínio imobiliário. Com uma atualização ou revisão de periodicidade de 5 em 5 anos pelos Estados-Membros.

Para além dos requisitos mínimos, a diretiva aborda, no artigo 7º., o conceito de edifícios novos, com emissões nulas. Tendo em conta certas citações do regulamento, conclui-se que:

- “A partir de 1 de janeiro de 2028, os edifícios novos detidos por organismos públicos sejam edifícios com emissões nulas” [3];
- “A partir de 1 de janeiro de 2030, todos os edifícios novos sejam edifícios com emissões nulas” [3].

Para as infraestruturas existentes, segundo o artigo 8º., que estão ou estarão sujeitas a grandes renovações, a diretiva apoia a introdução de soluções alternativas, sempre em conformidade com os requisitos mínimos de desempenho energético [3].

Ao nível da normalização mínima face ao desempenho energético é descrito no artigo 9º., que os Estados-Membros limitam valor máximo de 16% e 26% de desempenho energético de modo que o seu parque imobiliário seja superior, em 2030 e em 2033, respetivamente [3].

A utilização média de energia primária em kWh/ (m². ano) de todo o setor imobiliário residencial terá de diminuir pelos menos entre os 16% até 2023 e pelo menos até 20% a 22% até 2035, sendo estes valores em comparação com o ano de 2020.

Segundo a diretiva, “estima-se que 55% da diminuição da utilização média de energia primária seja alcançada pela renovação de 43% dos edifícios residenciais com pior desempenho”. Devido a isso, é importante o incentivo dos Estados-Membros através metodologias de carácter mínimo para a atuação energética consoante a assistência técnica e o apoio financeiro [3].

Pelo artigo 10^o., todos os edifícios novos serão concebidos de forma a promover a produção de energia elétrica segundo a energia solar, permitindo a subsequente instalação e fornecendo a concessão de licenças para a instalação de equipamentos de energia solar, aos consumidores. Os Estados-Membros deverão assegurar a implantação de infraestruturas que permitem a obtenção de energia deste modo, através da seguinte maneira:

- No ano de 2026, em todos os edifícios novos que são públicos e não residenciais, contemplem uma área útil superior a 250 m²;
- No ano 2027, em edifícios públicos existentes possuem uma área útil superior a 2000 m²;
- No ano 2028, em edifícios públicos existentes possuem uma área útil superior a 750 m²;
- No ano 2030, em edifícios de carácter público e que sejam existentes contenham uma área útil superior a 250 m²;
- Até o ano 2027, em edifícios não residenciais existentes com uma área útil superior a 500 m²;
- Até o ano 2029, em edifícios residenciais novos e em todos os parques de estacionamento cobertos.

De salientar que os Estados-Membros apresentam políticas e medidas relativas à implementação das infraestruturas de energia solar que têm de ser respeitadas e adequadas para qualquer edificação seja ela de que tipologia for [3].

Para a progressão da descarbonização deste setor, o setor financeiro apresenta alguns entraves e obstáculos. Para isso, a diretiva evidencia no artigo 17º., a iniciativa dos Estados-Membros em incentivar financeiramente e de forma adequada os utilizadores, possibilitando aos mesmos realizarem os investimentos necessários que contribuem para o plano nacional de renovação dos edifícios até 2050. São processos acessíveis para qualquer consumidor e, estando sujeitos a uma avaliação exigente, extingue-se os entraves relacionados com os custos dos investimentos iniciais [3].

Desta forma os Estados-membros responsabilizam-se por possuir um sistema de certificação energética em todos os dos edifícios. Trata-se de um documento é de carácter obrigatório que classifica o desempenho energético das instalações. O modo de classificação inspira-se num indicador numérico referente à utilização de energia primária em kWh/ (m². ano), consoante os valores de referência tais como, os requisitos mínimos de desempenho energético, as normas mínimas de desempenho energético, e os requisitos necessários para que tornem um edifício quase nulo ou completamente nulo de emissões.

Até 29 de maio de 2026, os certificados energéticos devem obedecer a um modelo explícito no anexo V da respetiva diretiva e que pode ser visualizado na Tabela 2.1 [3].

Tabela 2.1: Modelo no anexo V da diretiva (UE) 2024/1275 [3].

Informações (1ª Página)	Indicadores	Ligações
Emissões de gases com efeito estufa (kg CO ₂ / (m ² . ano))	Utilização de energia	Realização de uma avaliação de aptidão do edifício para tecnologias independentes
Classe de desempenho energético	Carga de ponta	Resultado da avaliação da aptidão para tecnologias independentes
Utilização anual de energia primária (kWh/ (m ² . ano))	Dimensão do gerador ou sistema	Indicação da existência de um caderno digital do edifício (Sim/Não)
Utilização anual de energia final (kWh/ (m ² . ano))	Classe de emissão de gases com efeito estufa	
Quota de energia utilizada (%)	Remoções de carbono	
	Passaportes de renovação do edifício	

Informações (Restantes Página)	Indicadores	Ligações
Consumo anual de energia primária e final (kWh ou MWh)	Coeficiente U médio dos elementos construtivos transparentes	
Produção de energia renovável (kWh ou MWh)	Tipologia dos elementos construtivos transparentes comuns	
Necessidades energéticas calculadas (kWh/(m ² . ano))	Resultados de análises do risco de sobreaquecimento	
Capacidade de reação do edifício a sinais externos (Sim/Não)	Existência de reguladores fixos (qualidade do ambiente interior)	
Capacidade de o sistema de distribuição de calor funcionar a níveis mínimos (Sim/Não)	Número e tipo de pontos de carregamento para veículos elétricos	
Informações de contacto do balcão único para fins de aconselhamento sobre renovação	Presença, tipo e dimensão de sistemas de armazenamento de energia	
	Vida útil remanescente prevista dos sistemas e aparelhos de aquecimento	
	Viabilidade de adaptar o sistema de aquecimento par funcionar com configurações de temperatura	
	Medição do consumo de energia	
	Verificação de ligação a uma rede de aquecimento e arrefecimento urbano	
	Fatores de energia primária locais e fatores de emissão de carbono	
	Emissões operacionais de partículas finas (MP _{2,5})	
	Coeficiente U médio dos elementos construtivos opacos	

Pelo Artigo 19.º, cada edifício é classificado segundo uma escala fechada compreendida entre as letras A e G, sendo a letra A correspondente a edifícios com emissões nulas e a letra G correspondente a edifícios com o pior desempenho energético possível. Estes certificados garantem para o cliente a qualidade, fiabilidade e acessibilidade necessária e regulamentada no que diz respeito à matéria e à performance energética face aos objetivos traçados pela diretiva. É descrito no mesmo documento, recomendações para potencializar as reduções de emissões libertadas e a otimização do consumo energético respondendo sempre às necessidades do consumidor. Estas recomendações estendem-se desde para as medidas aplicáveis para grandes intervenções de renovação até às medidas relativas a componentes individuais, renovações não tão acentuadas na instalação [3].

Todo o conteúdo abrangido pela diretiva, desde o artigo 1º., até ao artigo 38º., e segundo os anexos incorporados, permitem retratar a imagem e a posição da Europa relativamente aos temas ambientais, económicos e sociais, contribuindo com uma ajuda e orientação significativa para o alcance de um planeta cada vez mais sustentável e melhor.

2.5. LUMINOTECNIA

A luminotecnica consiste na análise detalhada das técnicas das fontes de iluminação artificial, através da energia elétrica. Sempre que se pretende estudar a iluminação de um determinado ambiente, é imperativo que se realize um estudo relativo aos mecanismos de luminosidade do local, atendendo aos parâmetros necessários para o correto funcionamento do espaço [15].

Na área da luminotecnica destacam-se alguns conceitos descritos na Tabela 2.2 e que contribuem para um melhor estudo da iluminação em qualquer espaço de utilização.

Tabela 2.2: Conceitos gerais de luminotecnica.

Conceito	Definição	Unidade
Fluxo Luminoso (Φ)	Potência da radiação total emitida por uma fonte luminosa em todas as direções do espaço percebida pelo olho	lúmen (lm)
Intensidade Luminosa (I)	Potência da radiação luminosa numa dada direção	candela (cd)

Iluminância (E)	Relação entre o fluxo luminoso incidente numa superfície e a área da superfície sobre a qual este incide	lux (lx)
Luminância (L)	Relação entre a intensidade luminosa sobre a área projetada da superfície incidente com o cosseno do ângulo incidente	cd/m ²
Temperatura de Cor	Aparência de luz emitida por uma determinada fonte luminosa	K
Eficiência Luminosa (K)	Relação entre o fluxo luminoso emitido por uma lâmpada e a potência elétrica da mesma	lm * W ⁻¹
Curva de Distribuição Luminosa (CDL)	Representação da Intensidade Luminosa em todos os ângulos em que esta é direcionada num plano	-
Índice de Reprodução de Cor (IRC)	Valor percentual médio relativo à sensação de reprodução de cor, baseado numa série de cores padrões	Adimensional

2.5.1. TIPOS DE ILUMINAÇÃO

No âmbito de iluminação interior as luminárias encontram-se distribuídas por cinco categorias consoante a percentagem relativa do fluxo luminoso emitido para baixo, ou seja, hemisfério inferior, ou para cima, hemisfério superior. As categorias retratam os vários tipos de iluminação como a iluminação direta, semi-directa, uniforme, semi-indirecta e indirecta.

Na Tabela 2.3, analisa-se a percentagem de fluxo luminoso tanto para o hemisfério inferior como para o hemisfério superior consoante os tipos de iluminação anteriormente descritos.

Tabela 2.3: Tipos de iluminação.

Tipo de Iluminação	Fluxo Luminoso para baixo (Hemisfério Inferior) (%)	Fluxo Luminoso para cima (Hemisfério superior) (%)
Indireta	0-10	90-100
Semi-Indireta	10-40	60-90
Uniforme	40-60	40-60
Semi-Direta	60-90	10-40
Direta	90-100	0-10

Com esta informação, é possível determinar o rendimento de uma luminária uma vez que este valor é representado pela soma entre o rendimento hemisférico inferior (η_i) e o rendimento hemisférico superior (η_s).

$$\eta = \eta_i + \eta_s \quad (1)$$

Sendo que:

$$\eta_i = \frac{\varphi_i}{\varphi_L} \quad (2)$$

E

$$\eta_s = \frac{\varphi_s}{\varphi_L} \quad (3)$$

Em que:

φ_i - Fluxo luminoso inferior em lúmen (lm)

φ_s – Fluxo luminoso superior em lúmen (lm)

φ_L – Fluxo luminoso total em lúmen (lm)

2.5.2. PROJETO LUMINOTÉCNICO

Estudar, avaliar e dimensionar a iluminação em cada ambiente é imprescindível para as necessidades e preferências do cliente de modo que a obra possua harmonia e funcionalidade dependendo das características do local em estudo. Devido a isso, é essencial estudar e estruturar um projeto luminotécnico para que sejam cumpridas condições favoráveis à utilização do local com melhor qualidade possível de iluminação sem a existência de desconforto quer pela iluminação excessiva quer pela escassez de iluminação. Basicamente, analisa-se a quantidade de luz necessária para um determinado ambiente através do cálculo do nível de iluminação para um conforto visual eficiente. Apenas profissionais especialistas em iluminação desenvolvem este tipo de estudo como é o caso dos lighting designers, que possuem conhecimento técnico. Normalmente os lighting designers são engenheiros eletrotécnicos ou civis, arquitetos ou designers de interiores que se especializam na área. É um trabalho difícil e custoso que é feito para valorizar os ambientes e desprender do aumento dos gastos energéticos promovendo a eficiência energética.

Sobretudo em ambientes corporativos, como ambientes comerciais, industriais, hospitalares e públicos, são propostas soluções de iluminação que se adaptam às conformidades precisas e ao mesmo tempo considerando o uso racional de energia elétrica. Por exemplo, nos ambientes industriais, quando se trata de um espaço de elevadas dimensões e onde há várias tarefas de várias estações de trabalho ou de produção de um produto, tem de haver diferentes enquadramentos de iluminação consoante a os parâmetros precisos para um bom funcionamento da tarefa a desempenhar na devida estação ou departamento.

Relativamente a ambientes habitacionais e comerciais, existe o objetivo de conciliar a parte funcional com a parte estética do espaço uma vez que é muito frequentado pelas pessoas e a vertente decorativa assume um papel mais importante dos que nos casos anteriormente mencionados.

Como se trata de um trabalho de uma complexidade elevada é preciso compreender cada etapa do processo antes de começar com as implementações ou modificações propostas e para isso são analisados muitos dados para que seja possível encontrar a melhor solução possível economicamente e em termos ecológicos e de performance [16].

2.5.2.1. DISPOSIÇÃO E NECESSIDADE EM CADA AMBIENTE

Uma das primeiras etapas deste tipo de projeto passa por entender o ambiente que vai ser estudado e onde é que serão feitas as alterações consoante as características que possui como: *(i)* a quantidade de luz natural que o meio capta, *(ii)* a disposição e a quantidade de mobília no espaço, *(iii)* a dimensão do ambiente em causa, *(iv)* que tipo de materiais estão presentes nos objetos exibidos, *(v)* que tipo de edificações estão presentes e a sua composição, *(vi)* quais as atividades que serão executadas no local, *(vii)* o fator de depreciação do ambiente, *(viii)* a altura do local na edificação, entre outros.

Aliado a isso, antes de se realizar qualquer planeamento no local, é crucial conhecer as ideias do cliente para a obra e saber com clareza quais os motivos apresentados para a realização do projeto, que podem passar por uma certificação de sustentabilidade, adequação de luminosidade, maior bem-estar para os utilizadores, maior eficiência energética entre outros.

2.5.2.2. ILUMINAÇÃO DESEJÁVEL PARA CADA LOCAL

Após um conhecimento mais aprofundado do meio, segue-se uma etapa de identificação do tipo de iluminação pretendida junto da seleção de luminárias que melhores rendimentos fornecem. Cada ambiente possui requisitos de iluminação únicos que têm de ser conseguidos pelo estilo da iluminação e pelo tipo e também pela quantidade de luminárias.

Num projeto residencial, mais especificamente numa cozinha, este é caracterizado pelo elevado nível de iluminação visto que se trata de um espaço em que requer grande atenção das pessoas face às atividades que se praticam de modo a evitar acidentes. Para isso a iluminação direta apresenta ser a melhor forma de investir já que garante uma visualização mais precisa no local. Num ambiente como os banheiros, o tipo de iluminação já é diferente onde a iluminação precisa de ser clara e uniforme com o intuito de realçar as temperaturas das cores evitando a emissão de calor excessivo no local. Nas salas de estar, que de todos os espaços de uma habitação, é o mais frequentado, a iluminação difusa mostra ser a mais adequada já que a se utiliza maioritariamente luminárias de tonalidade amarela com tons mais quentes tornando o local mais acolhedor e confortável e convidativo. Nos quartos, que se apresentam como locais aconchegantes e de serenidade, a iluminação deverá ser uniforme

e indireta, onde podem ser aplicadas iluminações auxiliares face as atividades do cliente [16].

Por outro lado, num contexto profissional, como numa fábrica, escritório, hospital, espaços em que requerem uma maior capacidade de atenção por parte dos utilizadores, devem ser implementados mecanismos de iluminação eficientes e que não proporcionem sintomas de fadiga e cansaço. Vários estudos comprovam que um bom sistema de iluminação e uma correta disposição no local consoante as suas características, diminuem a ocorrência de erros no trabalho entre os 30% e os 60%, visto que permitem reduzir inúmeros sintomas como o cansaço visual, stress, dores de cabeça, náuseas, dores de pescoço entre outras [17]. Daí a necessidade de estudar especificamente cada local de trabalho, já que influencia a produtividade dos trabalhadores e contribuem para que haja excesso de acidentes e erros inesperados, juntamente com o aumento do rendimento de trabalho e a satisfação e motivação no local de trabalho.

2.5.2.3. AVALIAÇÃO ARQUITETÓNICA E SELEÇÃO DO TIPO DE LUMINÁRIAS ADEQUADAS

É de elevada importância avaliar e compreender as carências de cada local. Só com uma análise da arquitetura do edifício, moradia ou compartimento em questão é que se pode definir qual a área mais crítica do sistema, qual a área que é mais utilizada ou qual é a área que se encontra funcional durante um maior período. Através do acesso à planta, pode-se analisar os dados da instalação e a compatibilização do projeto, identificar as zonas mais críticas e estudar as melhores opções para cada caso para que possa obter o melhor retorno possível no caso de um novo projeto [18].

Aliado a isso, a escolha de luminárias tendo em conta o seu modelo e quantidade assume uma importância acrescida visto que a iluminância é estabelecida dependendo da atividade que é realizada no espaço considerado. Juntamente com a iluminância efetuada pelas luminárias, a potência elétrica que é absorvida é um parâmetro a ter em conta pois apresenta o seu consumo energético e este fator ao ser conhecido, ajuda a determinar a eficiência e otimizar o consumo energético o máximo possível. Outro parâmetro técnico numa luminária a ter em atenção é o seu Índice de Reprodução de Cor (IRC), que como já foi dito anteriormente neste documento, representa o valor que determinada luz permite visualizar cores de uma forma precisa. Por fim, as luminárias são caracterizadas por uma temperatura da cor, que atribui percepções visuais de quente, neutro e frio. Neste último fator,

para ambientes em que se predomina atividades que requerem atenção, luminárias de luz branca são as recomendadas enquanto para ambientes de relaxamento e descontração, as luminárias que produzem luz amarela são as mais adequadas.

2.5.2.4. DOMÓTICA

A domótica é um termo que teve origem na fusão da palavra “*Domus*”, que significa casa, com a palavra “Robótica”, que está relacionada com o ato de automatizar, ou seja, efetuar ações recorrendo a uma forma automática [19]. Através do avanço da tecnologia tem sido cada vez mais comum automatizar parâmetros que se enquadram no contexto habitacional, como a gestão energética, climática e comunicativa e ainda processos como o de iluminação, clima, tomadas e controlo de acesso [20].

Este conceito tornou-se relevante a partir do início do século XXI, em que a procura dos combustíveis fósseis superou a oferta, e pela poupança energética que a domótica apresenta já que a sua utilização se tornou mais comum e a sua implementação mais rentável nomeadamente nos edifícios atuais tanto construídos desde raiz como requalificados. Atualmente a domótica encontra-se numa fase de estagnação em que somente nos países desenvolvidos se observa um crescimento de mercado na ordem dos 10% ao ano [21].

A inmótica é uma vertente da domótica centralizada na aplicação em edifícios de serviços, passando a designarem-se por “edifícios inteligentes”. Cerca de 80% do custo total de um edifício durante a sua vida média útil de 60 anos é proveniente dos custos de manutenção e operação e apenas 11% a 20% dos custos do edifício são utilizados para a sua construção e projeto. Através desta informação, conclui-se que é de extrema importância implementar um sistema que consegue gerir da melhor forma os objetivos que um edifício inteligente representa dos quais se destacam os arquitetónicos e funcionais, tecnológicos, ambientais, económico-financeiros e jurídico-legais [22]. Esta vertente da domótica possui um grau e uma escala de sofisticação bastante superior em relação à domótica residencial, em que é necessário automatizar andares e inúmeros pontos. Num edifício adaptado às necessidades atuais, a dificuldade da implementação do sistema é muito superior uma vez que se concilia vários fatores em diferentes ambientes de utilização dependendo da atividade que é frequentada. O grau de sofisticação numa habitação é simples e prático enquanto num edifício de serviços o grau de sofisticação já é elevado e requer procedimentos de técnicos vocacionados na gestão técnica do edifício [23].

A domótica permite, portanto, uma integração de sistemas numa habitação ou num edifício de serviços e proporciona ao cliente uma racionalização de energia significativa para além de abordar algumas funcionalidades tais como:

- Conforto;
- Segurança;
- Gestão de energia;
- Comunicação interior e exterior.

Entende-se por conforto como um bem-estar que pode ser proporcionado pelo uso de equipamentos. O controlo do aquecimento, representa um exemplo de conforto para o cliente, e é efetuado por sensores térmicos que regulam a temperatura de uma qualquer divisão através da comunicação à unidade central da temperatura registada. A iluminação também está englobada nesta funcionalidade pela possibilidade de modelização face à zona em que esta é aplicada como nos corredores, através de detetores de movimentos, nas cozinhas segundo programas de iluminação pré-estabelecidos, em que há necessidade de uma forte iluminação para evitar a ocorrência de acidentes, nas salas de estar que são dos compartimentos mais utilizados numa habitação, ou num escritório para um correto funcionamento por parte dos trabalhadores [23]. O conforto proporcionado pela domótica consiste na manipulação destes parâmetros referidos segundo um software disponibilizado em interfaces, consolas táteis, computadores fixos ou portáteis entre outros. Estes softwares de supervisão são programados para otimizar a utilização da domótica fornecendo um máximo proveito de todos os sistemas e uma maior economia do investimento feito.

A segurança é um requisito que é fundamental para a sociedade e a sua preocupação na obtenção tanto na vida pessoal como nos bens tem vindo a aumentar. Logicamente, a domótica adaptou-se às necessidades dos clientes e integrou-se a segurança nos vários sistemas autónomos que são implementados tanto a nível residencial como comercial. Dos vários pontos que a domótica se pode estender, alarmes, intrusão, fuga de gás, inundação e incêndio são os que mais se enquadram na temática da segurança que a domótica fornece. Juntamente a isso, o controlo de acessos, visualização e registo remoto de presença e funções SOS são também processos que englobam a segurança que a otimização da tecnologia permitiu evoluir. A iluminação também se encontra ligada à segurança na medida em que

aquando da ativação dos sensores de fogo, fumo ou água, existe a possibilidade de as luzes se ligarem automaticamente, permitindo aos utilizadores poderem observar os corredores de fuga ou identificarem as zonas críticas do local ou ainda a deteção de intrusão. A integração de sistemas de som e imagem e a programação de rega automática que atua segundo uma temporização, deteção e necessidade são aspetos de conforto de uma habitação [24].

Como atualmente o valor da energia tem vindo a disparar, é de conhecimento geral que são necessárias medidas para poupar o seu consumo. Apesar disso, poupar não implica gastar menos, mas sim racionalizar da melhor forma possível o seu consumo consoante as atividades que se realizam. A domótica consegue assumir o controlo da gestão de energia consumida através do controlo de iluminação, de aquecimento e por fim do controlo da ventilação. A conciliação da luz artificial com a natural nos espaços da instalação é feita pelo controlo da iluminação que permite uma melhor regulação da luz artificial e do seu consumo energético. Para isso, o espaço precisa de ser bem aproveitado, utilizando um bom controlo dos estores e uma melhor captação da luz natural independentemente da altura do dia. Associado a isso, o sistema domótico permite desativar a iluminação numa área específica quando esta se encontra desocupada durante um período significativo, permitindo assim poupar o consumo energético [23].

Por fim, um dos sistemas de domótica mais utilizados é o da comunicação. Este sistema contempla desde várias tipologias de comandos, como locais ou à distância, até a Internet, centrais telefónicas, radiofrequência e infravermelhos. Os comandos locais permitem ligar ou desligar aparelhos, enquanto os comandos à distância proporcionam mais comodidade uma vez que permitem um controlo à distância, como a TV e a iluminação. Já os controlos remotos permitem o controlo de sistemas à distância sem a presença física no local. A Internet permite a obtenção de informação à distância de um clique e pode ser instalada por *Local Area Network* (LAN) ou por redes sem fios. As centrais telefónicas possibilitam a comunicação em vários pontos. Os comandos infravermelhos têm vantagens com a ausência de cabos e transmissões sem ruído, mas exigem uma linha direta entre o emissor e o recetor o que condiciona a implementação na local [23].

Segundo um estudo realizado por David Fernandes [25] num inquérito constituído por 132 pessoas, constata-se que a população portuguesa se encontra pouco ciente do que é o conceito de domótica. A sua procura depende muito da faixa etária do proprietário. Para pessoas mais jovens, a abertura para novas tecnologias e novos conceitos é maior e devido

a isso, a maioria da procura que é observada no país é feita pela sociedade mais jovem. No entanto, o conhecimento da domótica está dividido em metade da população a maioria das pessoas diz que não possui sistemas autónomos em casa, já que grande parte não tem conhecimento do que é ou possui, mas desconhece a sua existência. A domótica passa por um conceito tecnológico que deriva da otimização da tecnologia e da sua adaptação às exigências e satisfações do Homem e esta vertente mostra a convivência que o ser humano possui com a automação e a evolução a que esta está sujeita.

2.6. ENERGIAS RENOVÁVEIS

Como já foi mencionado anteriormente, o aumento da produção de energia limpa, a redução de emissões de gases poluentes para a atmosfera e a extinção da dependência dos países na utilização de combustíveis fósseis, são alguns dos pilares importantes nas novas políticas da União Europeia e do mundo. Os governos estão a depositar uma enorme confiança nestas fontes de energia alternativas, recentemente através de diretivas de Energias Renováveis como a diretiva (UE) 2023/2413, de 18 de outubro de 2023, redigida pelo Parlamento Europeu e pelo Conselho da União Europeia juntamente com novas normas e políticas mais exigentes [26].

Como o setor energético é responsável por cerca de 75% das emissões poluentes, a importância deste investimento coletivo no aumento das participações das energias renováveis nos diferentes setores de economia é bastante elevada, com metas de redução de emissões de pelo menos 55% até 2030 e o alcance da neutralidade total até 2050 [27].

Pode-se constatar que os esforços para o alcance dos objetivos estipulados nos quadros da diretiva estão a ser reconhecidos, com pequenas vitórias que permitem um progresso constante e que nos tornam mais perto de 2050. As energias renováveis contabilizaram uma participação de aproximadamente 23% no consumo energético de 2022, e face aos resultados recolhidos, houve a possibilidade de reforçar o objetivo vinculativo de energias renováveis para a UE em 2030 para um mínimo de 42,5% em vez de 32% que era o estabelecido inicialmente [27].

Para além disso, em 2022 a UE através dos incentivos gerados em torno desta temática, criou um plano de execução que defendia o propósito das energias renováveis e as medidas que a Europa teria de tomar para se emancipar dos combustíveis fósseis provenientes da Rússia e acelerar a transição para fontes de energia limpa. Este plano,

incentivado pela Comissão Europeia, a 18 de outubro em Bruxelas, intitula-se por “REPowerEU” [28] e visa ultrapassar os obstáculos identificados segundo três ações: poupar energia, diversificar as fontes de energia e acelerar a transição para as energias limpas.

A Figura 2.2. descreve a ligação destas medidas com o plano de execução.

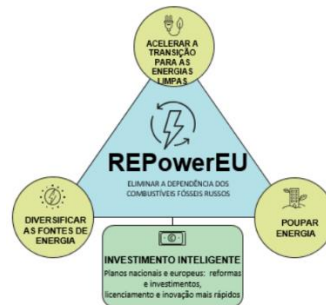


Figura 2.2: Formulação do sistema REPowerEU [28].

Segundo a Figura 2.2, pode-se constatar que as três medidas estão em perfeita comunhão e a sua aplicabilidade pode ocorrer simultaneamente, segundo:

- A diversificação das fontes de energia que promove o desenvolvimento de novas infraestruturas de energias nos países tais como terminais de gás natural liquefeito (GNL) e interconexões de gás;
- A aceleração da transição energética, permitindo o progresso da produção de energia limpa por meio de energias renováveis, como a solar, eólica e hidrogênio verde;
- A eficiência energética que engloba medidas de modo a reduzir o consumo de energia e consequentemente a dependência de fontes externas;
- Os investimentos e financiamentos que a REPowerEU disponibiliza, destinados para apoiar a implementação das medidas propostas, incluindo o financiamento para o desenvolvimento de energias renováveis, eficiência energética e infraestruturas energéticas.
- A solidariedade e coordenação que realça a importância das relações entre os Estados-Membros da UE, para garantir um ambiente propício para o alcance das metas definidas.

Tendo em consideração os resultados obtidos, e no âmbito do plano de expansão das energias renováveis na produção de energia, a comissão uma aspiração do objetivo apresentado na diretiva para o ano de 2030 para 45%, traduzindo numa duplicação da quota existente de energias renováveis [27].

Cerca de 80% do consumo de energia na União Europeia dá-se nas cidades. O número de pessoas a viver em territórios urbanos tem vindo a crescer em todo o mundo de uma forma constante e a procura por energia elétrica também. Devido a isso, as cidades representam um papel importante no que diz respeito à transição energética. Estão sujeitas a elevadas metas para a concretização de um objetivo bastante definido e ambicioso que é a neutralidade climática e a descarbonização dos transportes, energia e edifícios o que compromete a relação entre os seus cidadãos. Este paradigma proporciona uma aplicação bastante forte das energias renováveis, principalmente da energia solar. Para além disso, a eletrificação do aquecimento em edifícios residenciais e não residenciais, segundo bombas de calor alimentadas por energia solar, abre novas oportunidades no mundo do mercado energético para o desenvolvimento de projetos solares [29].

Segundo a *International Renewable Energy Agency* (IRENA), desde 2012 que o mundo tem vindo a respeitar o contributo que estas energias podem oferecer, traduzindo num aumento de capacidade energética ao longo de todo o globo. A Figura 2.3, evidencia a evolução gradual da capacidade instalada não só na Europa, mas também nos outros continentes que partilham da mesma visão.

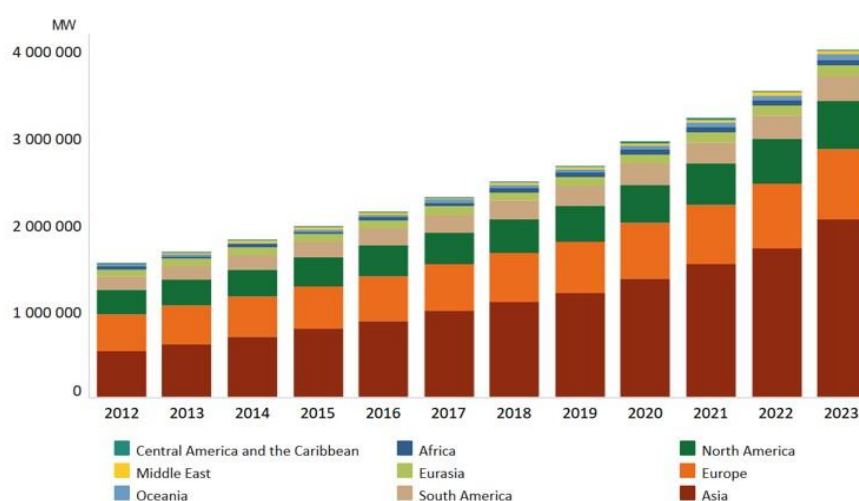


Figura 2.3: Capacidade elétrica das energias renováveis [30].

Segundo a Figura 2.3, constata-se que é notável a evolução da capacidade elétrica instalada ao longo dos últimos 10 anos em todo o mundo, em especial para a região asiática e europeia que abrange a maior fatia em relação às outras regiões.

Aliado a isso, a Tabela 2.4 e a Figura 2.4, representam a produção energética nos anos 2022, 2021 e 2020 e como esta variável entra em concordância com os dados acima referidos, indicando um futuro progressista na capacidade e produção energética das energias renováveis.

Tabela 2.4: Produção energética no mundo em 2022, 2021 e 2020, [31].

Região	Produção Elétrica 2022 (GWh)	Produção Elétrica 2021 (GWh)	Produção Elétrica 2020(GWh)
Médio Oriente	47 382,00	40 528,00	45 579,00
América Central e Caraíbas	56 762,00	56 024,00	50 604,00
Oceânia	125 747,00	110 015,00	98 516,00
África	209 543,00	202 763,00	190 253,00
Eurásia	364 512,00	355 762,00	358 985,00
América do Sul	941 289,00	841 316,00	841 852,00
América do Norte	1 515 123,00	1 395 308,00	1 348 385,00
Europa	1 502 041,00	1 504 762,00	1 487 552,00
Ásia	3 818 616,00	3 490 749,00	3 156 423,00

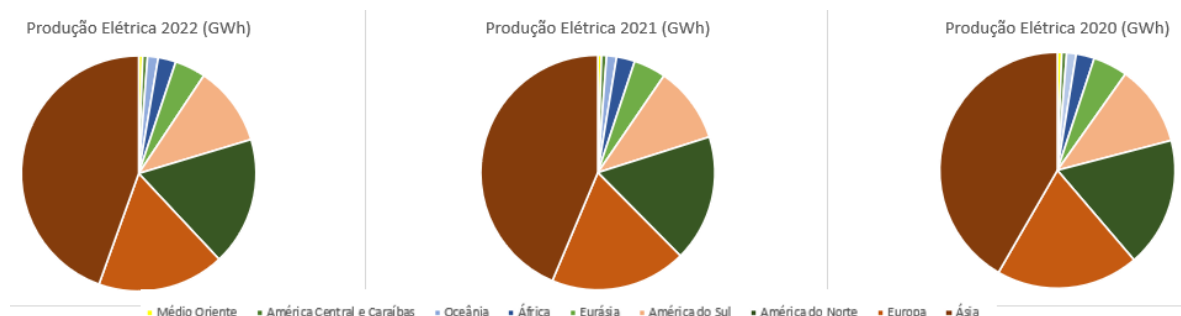


Figura 2.4: Porções representativas da produção elétrica por regiões [30].

Após a análise dos gráficos e da tabela, conclui-se que mesmo numa altura em que a população mundial sofreu com um impacto em todos os setores nunca visto causado pela epidemia COVID19, a produção de energia manteve-se em crescimento e a percentagem da capacidade energética que as regiões possuem sobe a cada ano. De maneira que os fatores da capacidade e produção energética assegurados por fontes renováveis possuem atualmente um impacto significativo a nível industrial, social e económico dos países. Este é o caminho que proporcionará um planeta mais sustentável sem comprometer as necessidades energéticas da sociedade e com vista para um futuro promissor. A Figura 2.6, explicita o

fornecimento de energia primária em vários anos, por setor energético (combustíveis fósseis, energia nuclear e renováveis), e as aspirações futuras até 2050 [31].

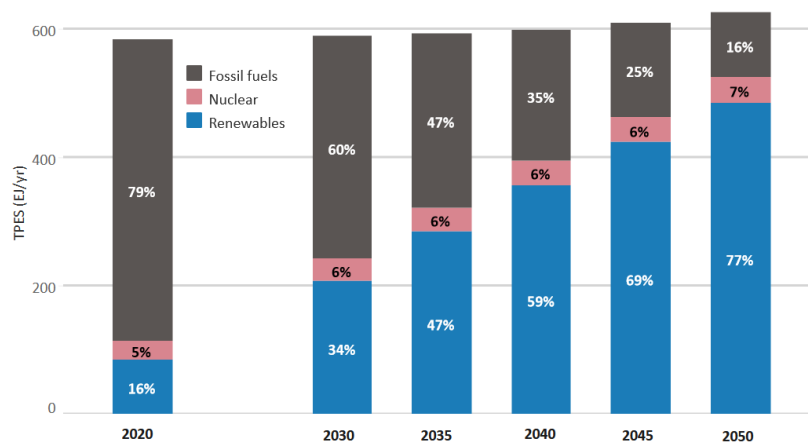


Figura 2.5: Fornecimento total de energia primária por grupo energético, 2020-2050 no Cenário 1,5°C [31].

2.6.1. ENERGIA SOLAR COMO ENERGIA RENOVÁVEL

A energia solar é uma das várias energias que contribuem para a transição energética e o seu aproveitamento tem sido cada vez mais expressivo. A utilização de um recurso natural infindável e o desenvolvimento das tecnologias acopladas aos equipamentos responsáveis pela conversão energética, impulsionaram a percentagem de infraestruturas vocacionadas para a produção de eletricidade em todo o mundo. A tendência é que esta energia seja cada vez mais integrada uma vez que paralelamente ao desenvolvimento que se faz notar na eficiência da conversão energética, o custo dos equipamentos e das infraestruturas está a diminuir, apresentando uma realidade do mercado energético diferente. A Figura 2.6, possibilita quantificar a eletricidade gerada por esta energia solar, nas várias partes do planeta, e o seu processo evolutivo.

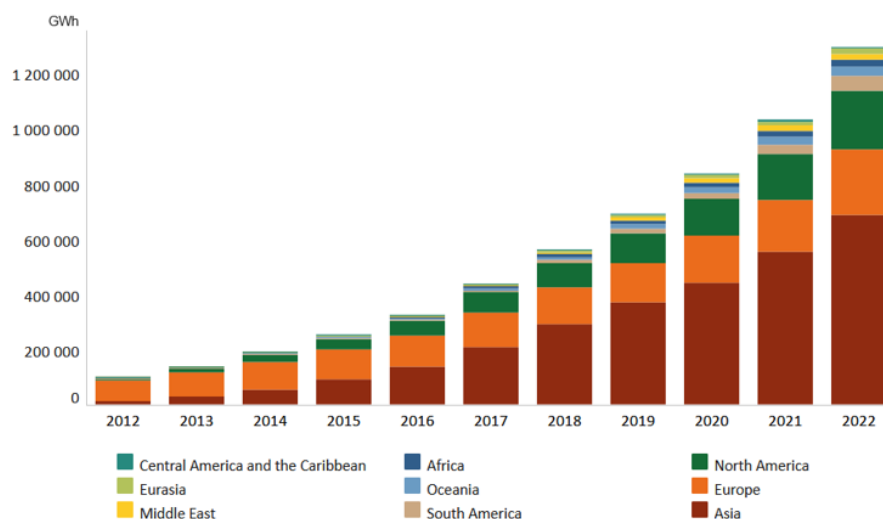


Figura 2.6: Eletricidade gerada através da energia solar em todo o mundo [30].

Constata-se que a produção elétrica segundo a conversão solar aumente significativamente em toda a parte do mundo, nomeadamente na Ásia. Os continentes que mais contribuem para a obtenção de energia desta forma são a Ásia, a Europa e a América do Norte, muito porque são zonas do globo que reúnem condições para a implementação de estruturas solares para esse objetivo. Para além das políticas que defendem, possuem um vasto amplo território que proporciona o desenvolvimento desta tecnologia e incentivos financeiros adequados para tal. Em termos numéricos, a produção elétrica expressa-se da seguinte maneira, conforme ilustra a Tabela 2.5.

Tabela 2.5: Produção elétrica por energia solar [30].

Região	Produção Elétrica 2022 (GWh)	Produção Elétrica 2021 (GWh)	Produção Elétrica 2020(GWh)
Médio Oriente	22 936,00	18 963,00	14 954,00
América Central e Caraíbas	6 278,00	6 155,00	4 672,00
Oceânia	35 480,00	28 338,00	21 560,00
África	22 463,00	21 047,00	17 423,00
Eurásia	19 722,00	16 073,00	12 746,00
América do Sul	51 482,00	31 815,00	22 048,00
América do Norte	213 366,00	169 462,00	132 521,00
Europa	235 613,00	186 860,00	167 470,00
Ásia	687 142,00	551 859,00	442 291,00

Relativamente à capacidade instalada desta fonte de energia renovável, através de uma visão global, pode-se dizer que este parâmetro sofreu uma evolução proporcional à

geração de energia, uma vez que ambos estes fatores se encontram em concordância e são a razão pela qual um ou outro parâmetro cresceu.

A Figura 2.6 representa a capacidade instalada de energia solar fotovoltaica no mundo, segundo valores retirados da Agência Internacional para as Energias Renováveis [30].

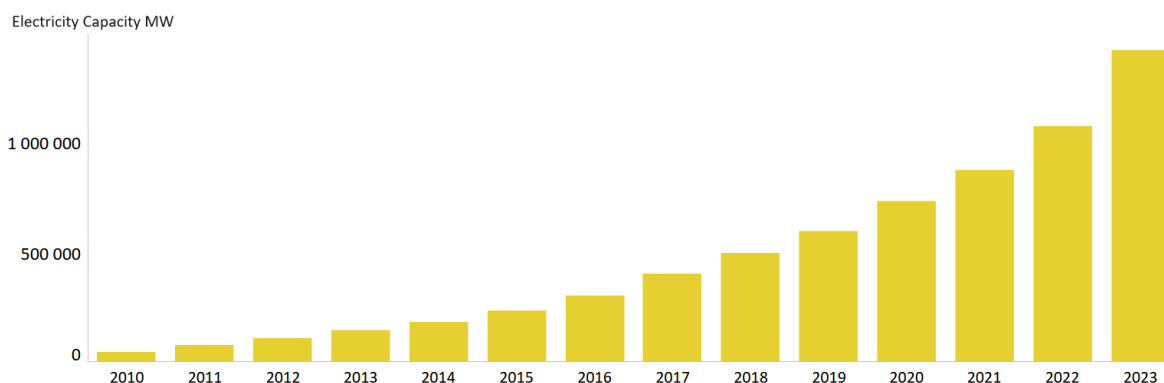


Figura 2.6: Eletricidade gerada através da energia solar em todo o mundo [30].

A capacidade solar implementada na União Europeia atingiu valores a exceder os 260 GW no ano de 2023. Atingiu o valor de 200 GW em 2022 e desde o início do milésimo que tem vindo a multiplicar de ano para ano.

Segundo a organização SolarPower Europe, responsável na Europa pelo crescimento desta tecnologia, as projeções futuras englobam um crescimento anual no valor dos dois dígitos. É esperado que a UE adicione 401 GW à capacidade existente entre os anos 2024 e 2028, num cenário razoável e segundo os valores de anos anteriores. Na melhor das expectativas, espera-se gerar cerca de 500 GW até 2027, no que resulta numa capacidade total de 700 GW. No pior dos cenários, espera-se conter uma capacidade total no ano de 2027 de cerca de 600 GW em energia solar, que traduz num crescimento de 105% em relação ao ano de 2023 [32].

Apesar de o planeta ter ultrapassado uma altura pandémica, resultante numa altura de extrema dificuldade em todos as vertentes, os dados da aplicação solar fotovoltaica mostraram-se promissores e o objetivo é que se mantenham. Com uma taxa de crescimento anual de 9% a 12%, estima-se uma produção em 2028 de 97 GW, valor nunca atingido num só ano [32].

A Figura 2.7 mostra as previsões que encorajam o futuro na União Europeia desde o presente ano 2024 até o ano de 2028.

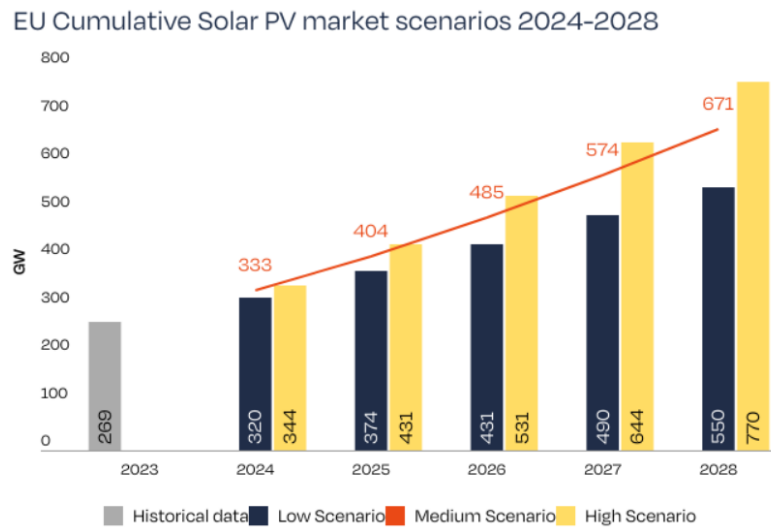


Figura 2.7: Cenários dos mercados de energia solar fotovoltaica [32].

O mercado de energia solar na União Europeia em 2023 sofreu um crescimento significativo na ordem dos 61%, originado pela crise energética nesse ano. Um mercado retratado essencialmente pela implementação de instalações solares fotovoltaicas nos telhados, quer a nível residencial, comercial e industrial (C&I). Tendo este último melhorado de forma exponencial, com um aumento de 35% de participações fotovoltaicas em 2023 comparativamente com 30% do ano anterior. Já a vertente residencial tem vindo a registar uma queda ligeira no valor de 1%, com um valor a rondar os 30% em 2023. Apesar de se apresentar valores bastantes promissores, estes derivam da crise energética que se fez sentir em 2022, atualmente a aplicação em serviços públicos apresenta um declínio redondo ligado com a incerteza em questões relacionadas com o lucro dos investimentos nestas áreas para o consumidor. Além do mais, as questões locais de licenciamento e a ligação à rede dificultam a vida dos investidores mesmo com várias iniciativas de licenciamento da Comissão Europeia [32].

A Figura 2.8, mostra o impacto na Europa das diferentes aplicações dos sistemas solares fotovoltaicos.

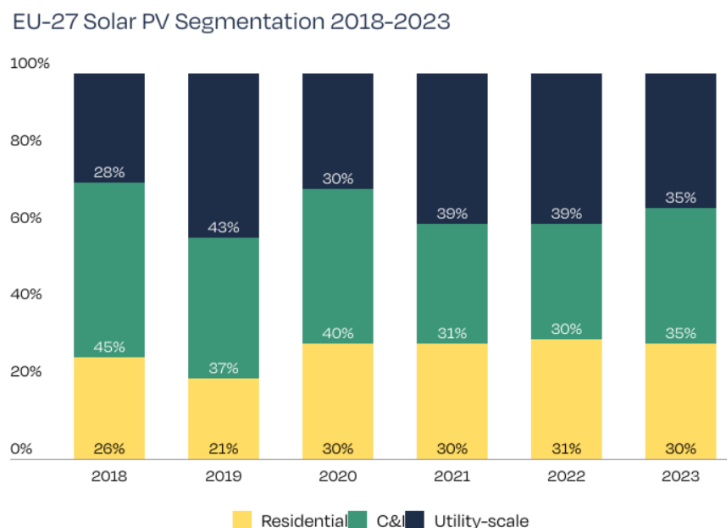


Figura 2.8: Aplicação do sistema solar fotovoltaico no mercado energético europeu [32].

2.6.2. PROJETO FOTOVOLTAICO

Para que a comunidade usufrua deste sistema de obtenção de energia, é necessário realizar um estudo detalhado e minucioso englobando vários fatores para a sua concretização. Um projeto fotovoltaico depende de muitas variáveis e basta apenas a limitação de uma delas para influenciar o resultado. Para além disso, tem em consideração as necessidades do consumidor, tendo em conta o seu perfil de consumo energético, juntamente com as características da instalação, ou seja, a sua tipologia, exposição solar, condições ambientais entre outros fatores.

As vantagens na resolução de um projeto deste calibre são inúmeras, sendo que se destacam as seguintes:

- Investimento numa energia limpa e renovável, promovendo a sustentabilidade;
- Redução de custos energéticos, traduzindo numa poupança significativa para o consumidor na maioria dos casos [33];
- Independência energética, diminuindo não só a dependência da subida do preço da energia, mas também a necessidade de consumir energia à rede através do autoconsumo;

- Valorização da instalação, aumentando o valor da propriedade;
- Sistemas de produção elétrica com alta durabilidade, representando garantias de 25 anos [34];
- Processos de licenciamento acessíveis para qualquer tipo de consumidor;
- Baixa manutenção e monotorização [35].

Com base nas vantagens acima mencionadas, pode-se concluir o motivo da notoriedade deste sistema energético tem aumentando cada vez mais, ajudando os consumidores a combater os custos elevados de energia aproveitando a valorização da instalação e a facilidade de instalação e de manutenção destes sistemas.

2.6.2.1. VIABILIDADE DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Após a consideração das vantagens acima mencionadas e em trazer um sistema solar fotovoltaico para uma instalação, é necessário realizar um estudo relativo à viabilidade do projeto a executar. Este estudo contempla o impacto de vários tipos de fatores que põem em causa a eficiência do sistema e a produção elétrica pretendida. Após quantificar a importância destes fatores, é preciso considerar o consumo energético da instalação onde se irá implementar o sistema, bem como as previsões dos consumos futuros caso estes venham a sofrer qualquer tipo de alteração.

A Tabela 2.6 evidencia os principais fatores técnicos que é preciso ter em atenção numa fase inicial de um projeto fotovoltaico.

Tabela 2.6: Aspectos técnicos a considerar num sistema fotovoltaico [37].

Aspectos Técnicos	Descrição
Radiância solar	Trata-se de um recurso preponderante para a viabilidade do projeto, em que será avaliada a exposição solar do local de estudo para atingir os objetivos de produção pretendidos.
Sombreamento	Fator que implica diretamente a eficiência da produção energética uma vez que afetam o processo de conversão elétrica dos módulos fotovoltaicos.
Tipologia da instalação	Referência ao tipo de instalação onde o projeto irá incidir, seja ele no solo, no telhado, numa cobertura entre outros. Parâmetro importante para determinar o nível de exposição de sombreamentos que os módulos irão estar sujeitos, bem como a área em que se irá implementar os equipamentos.
Localização da instalação	Referente ao local onde se irá realizar a instalação, se é em ambientes urbanos onde

	irá incidir um montante elevado de poluição e de partículas suspensas ou em ambientes rurais, com exposição à vida animal e à possibilidade de degradação pela falta de acessibilidade para a manutenção.
Condições de manutenção e monitorização	Apesar da baixa necessidade de manutenção, é um fator importante para o prolongamento do sistema nas melhores condições possíveis. A localização do sistema pode constituir um problema caso a instalação se situe muito afastada de empresas responsáveis pela manutenção e monitorização, ou o tipo de instalação onde o sistema está incorporado, uma vez que poderá condicionar o acesso aos equipamentos e dificultar o processo de manutenção.
Componentes do sistema	Diz respeito à quantidade e qualidade dos equipamentos que representam o conjunto do sistema, como os módulos fotovoltaicos, os inversores, cablagem, Strings, entre outros. O correto dimensionamento é fundamental para o desempenho energético.

Após a análise dos aspetos técnicos acima mencionados que favorecem ou desfavorecem a instalação deste sistema de produção num determinado caso, é necessário executar uma análise do consumo do cliente para saber que tipo de perfil consumidor o projeto terá de abordar.

2.6.3. TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS FOTOVOLTAICOS (CÉLULAS, PAINÉIS, INVERSORES, CABLAGEM, ETC.)

Neste capítulo serão abordados os principais equipamentos que constituem um projeto fotovoltaico e que contribuem para a conversão da energia solar em eletricidade.

2.6.3.1. CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

Antes disso, existe a necessidade de explicar o efeito fotovoltaico que é responsável pela conversão energética segundo a energia solar. É possível a obtenção de eletricidade através da radiação solar de duas maneiras: de forma direta ou indireta. A conversão de energia de maneira direta explica-se pelo processo fotovoltaico, já a conversão de forma indireta, por um processo de *Concentring Solar Power* (CPS), ou seja, concentração energética solar.

O processo fotovoltaico trata-se de um efeito que devido à absorção solar origina um diferencial de potencial na estrutura do material semiconductor que os módulos possuem, ou seja, na célula fotovoltaica. Esta é a unidade base da conversão de energia elétrica através do sol e consiste num dispositivo eletrônico constituída essencialmente por silício (*Si*). As suas estruturas contêm duas camadas, a camada negativa ou o semiconductor negativo do tipo N e a camada positiva ou o semiconductor positivo do tipo P. Dentro da célula existe uma junção entre estas duas camadas designada por união P/N, onde ocorre uma neutralização de cargas que com a exposição solar, produz uma libertação de eletrões aumentando o diferencial de potencial entre as áreas. Esse diferencial de potencial num circuito fechado como é o caso dos módulos fotovoltaicos, dá origem à corrente elétrica no circuito e consequentemente à produção de eletricidade [36]. Um exemplo da constituição de uma célula fotovoltaica é apresentado na Figura 2.9.

O desenvolvimento de materiais utilizados para as células fotovoltaicas tem tido um grande crescimento, com especial atenção no aumento de eficiência com um baixo custo de aquisição, reduzindo desta forma o custo da tecnologia solar.

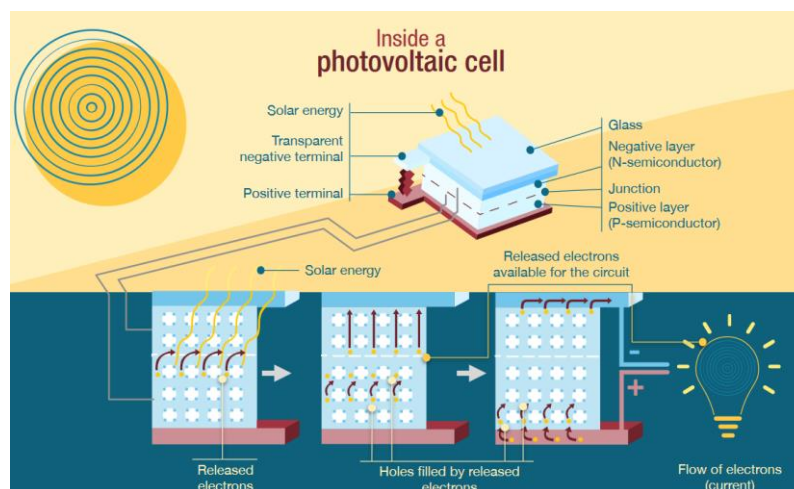


Figura 2.9: Constituição de uma célula fotovoltaica [37].

2.6.3.2. PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Os painéis fotovoltaicos são os dispositivos modulares que são constituídos por matrizes de células fotovoltaicas descritas acima responsáveis pela produção da energia segundo a radiação solar. A sua tecnologia tem sido testada arduamente com a finalidade de criar dispositivos mais eficientes e menos dispendiosos, corrigindo erros detetados pela captação

da radiação solar no sistema fotovoltaico. Atualmente, após anos de evolução tecnológica na área, estas unidades estruturais classificam-se tendo em consideração a sua composição, a sua eficiência, resistência entre outros fatores, destacando-se os seguintes painéis:

- Painel solar fotovoltaico cristalino, podendo assumir o tipo monocristalino ou policristalino;
- Painel solar fotovoltaico de película fina, decompondo-se no tipo amorfo, telureto de cádmio, Disseleneto de Cobre-Índio ou *Copper-Indium Diselenide* (CIS) e Disseleneto de Cobre-Índio-Gálio ou *Copper-Indium-Gallium Diselenide* (CIGS);
- Painel solar fotovoltaico bifacial;
- Painel solar fotovoltaico heterojunção ou *Heterojunction with Intrinsic Thin Layer* (HJT).

Os painéis solares fotovoltaicos monocristalinos são os módulos mais antigos do mercado compostos por células monocristalinas de silício (Si) que é um material de alta qualidade e criado a partir de um único cristal de silício. Desta forma apresentam-se como o tipo de painéis fotovoltaicos mais eficientes do mercado com uma maior pureza na sua composição e com uma taxa de eficiência a rondar os 15% a 20% acima dos restantes modelos. Possui um custo mais elevado que os restantes devido à sua qualidade na obtenção de energia, visto que necessita de menor área para a mesma quantidade de energia gerada em relação aos outros painéis e em dias nublados possui um melhor desempenho que por exemplo os painéis solares fotovoltaicos policristalinos.

Os painéis solares fotovoltaicos policristalinos são estruturas compostas pela fusão de múltiplos cristais de silício diferenciando-se dos monocristalinos que são compostos por um só cristal. O seu fabrico restringe-se em moldes quadrados, preservando a formação dos cristais. Possui uma coloração azul e com bordas retas ao contrário do painel monocristalino que é caracterizado pela cor mais escura. Uma vez que na sua constituição, os cristais distribuem-se segundo moldes que dificultam a sua circulação, estes painéis não se evidenciam pela sua eficiência no mercado. Ainda assim, são os tipos de painéis mais utilizados devido à sua elevada aplicação nas diferentes situações possíveis.

Já os painéis fotovoltaicos de película fina enquadram-se numa tecnologia alternativa com um tipo de estrutura mais utilizado em projetos residenciais. Caracterizam-se pelo seu baixo peso e alta flexibilidade. O seu custo de aquisição não é elevado comparativamente às outras tecnologias tendo em contrapartida uma baixa eficiência de desempenho. A sua composição pode variar desde uma camada não cristalina de silício, mas sim de espessura fina aplicada no substrato (silício amorfo), a um composto de cádmio e telúrio (CdTe), caracterizado pelo baixo custo e a bom desempenho até à mistura de materiais como o cobre, o índio, o gálio e o seleneto, uma nova tecnologia que produz uma boa absorção da luz solar e uma boa eficiência. O período de vida útil destes materiais é mais curto que os cristalinos, com valores entre os 15 e os 20 anos, no entanto possuem um custo de mercado mais baixo para o consumidor. A Figura 2.10 evidencia os componentes que constituem os painéis fotovoltaicos mais abundantes no mercado energético mundial.

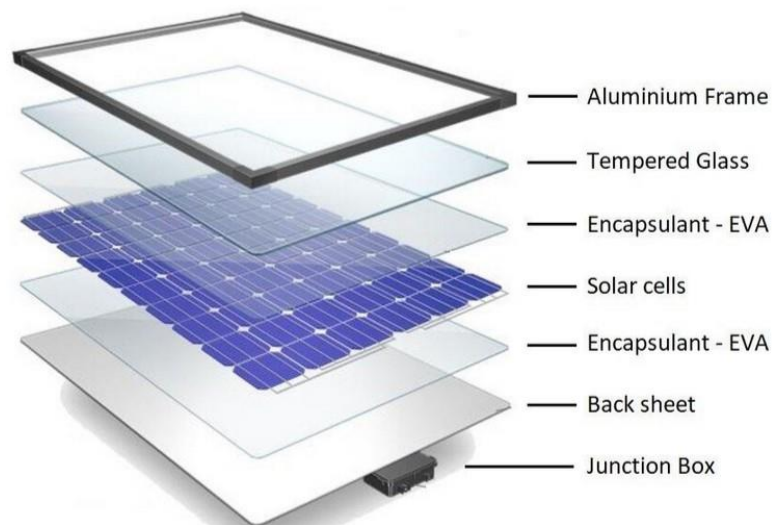


Figura 2.10: Estrutura principal de um painel fotovoltaico [38].

2.6.3.3. INVERSORES

Os inversores são responsáveis por converter a corrente contínua (CC) gerada nos módulos solares em corrente alternada (CA) sincronizada com a da rede elétrica. A operação dos inversores é totalmente automática. A partir do momento em que os módulos solares geram energia suficiente para o seu arranque, a eletrónica de potência implementada no

inversor supervisiona a tensão, a frequência da rede e a produção de energia. Uma vez que isso seja suficiente, o dispositivo começa a injetar na rede elétrica.

Os inversores contam com todas as proteções necessárias para que uma falha na operação das centrais não afete a rede à qual estão conectadas. Os inversores possuem um sistema de comunicação PLC para sua conexão com o datalogger e este está conectado ao sistema de controlo da planta e aos sistemas de monitoramento e SCADA, serão integrados à Estação do Transformador.

Num projeto fotovoltaico é necessário saber as seguintes informações relativo aos inversores a implementar:

- Modelo;
- Potência (kW a 40°C);
- Máxima eficiência (%);
- Eficiência europeia (%);
- Corrente de saída máxima (A);
- Dimensões (mm).

A Figura 2.11 representa a posição do inversor no diagrama de um sistema fotovoltaico entre a captação da energia até ao seu fornecimento ao cliente.

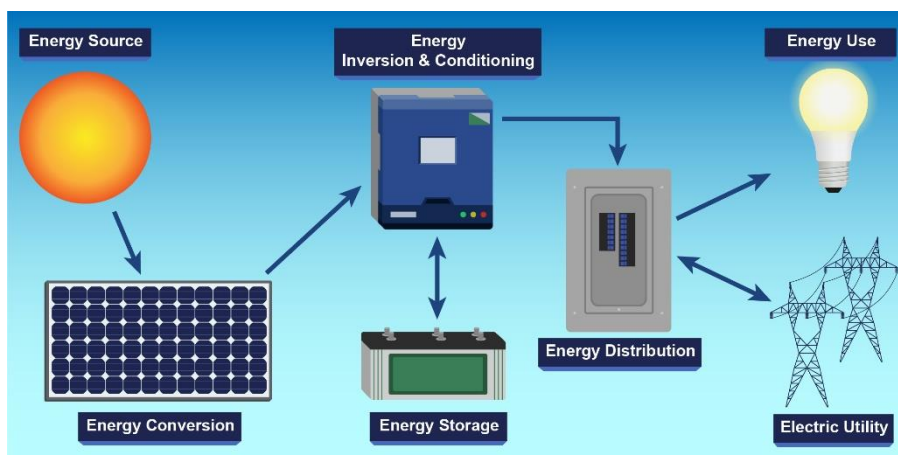


Figura 2.11: Diagrama do sistema fotovoltaico[39].

A imagem explica o funcionamento e a importância do inversor solar, um componente crucial nos sistemas de energia solar. O inversor solar é composto por chaves eletrônicas como IGCT, IGBT e MOSFET, que convertem a corrente contínua gerada pelos painéis solares em corrente alternada. Alguns inversores têm conectividade Wi-Fi para monitoramento remoto.

A instalação do inversor não segue um padrão específico, geralmente é feito em áreas de fácil acesso, protegidas de sol, água e calor. Existem três principais tipos de inversores no mercado: off-grid (usado em sistemas autônomos), grid tie (conectado à rede elétrica) e micro inversores (funcionam com um ou dois painéis solares).

Cuidados com o inversor incluem proteção contra polaridade invertida e sobrecarga. A qualidade do inversor deve ser avaliada pela certificação do INMETRO, eficiência, garantia, monitoramento em tempo real, e número de entradas MPPTS, que maximizam a energia extraída dos painéis.

O inversor solar é essencial para otimizar a produção de energia solar e reduzir custos com energia elétrica. A Figura 2.12 apresenta um exemplo de inversores presente na instalação.



Figura 2.12: Inversores solares num parque fotovoltaico[40].

2.6.3.4. CABLAGEM

Os cabos fotovoltaicos são essenciais para o funcionamento eficiente de um sistema fotovoltaico, pois são responsáveis por conduzir a corrente elétrica entre os diferentes

componentes do sistema. A escolha correta desses cabos, assim como dos demais componentes, é crucial para garantir que o sistema atenda às necessidades específicas da aplicação e funcione de forma eficiente e segura.

Os requisitos para a instalação de cabos elétricos fotovoltaicos são fundamentais para garantir a eficiência e segurança de um sistema fotovoltaico. Em sistemas de grande dimensão, onde múltiplos módulos são conectados em série, é comum que a tensão contínua de operação seja elevada, próxima de 1000 V. Por isso, é essencial o uso de cabos apropriados para corrente contínua, com tensão de isolamento igual ou superior à máxima tensão do sistema. Condutores isolados comuns não são recomendados, pois não oferecem a tensão de isolamento necessária.

Os cabos fotovoltaicos devem ter proteção mecânica adequada, já que frequentemente são instalados em ambientes externos, expostos ao tempo e à radiação UV. Normalmente, esses cabos têm uma tensão de isolamento de 0,9/1,8 kV em corrente contínua e são projetados para resistir à radiação solar direta por, no mínimo, 25 anos. Eles também suportam temperaturas de até 90 °C, podendo operar em 120 °C por períodos limitados (geralmente 20.000 horas).

Durante a instalação, é crucial que os cabos sejam bem acomodados e fixados para evitar fadiga mecânica, especialmente em locais como telhados e em contato com estruturas metálicas. Deve-se garantir que os cabos estejam protegidos contra bordas cortantes ou perfurantes, que poderiam danificar a camada de proteção e o isolamento, conforme exemplifica a Figura 2.13.

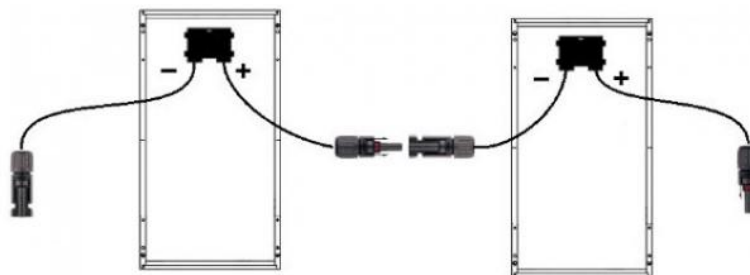


Figura 2.13: Representação da ligação dos cabos fotovoltaicos nos módulos [41].

Os módulos fotovoltaicos possuem cabos com polos positivo e negativo, interligados por conectores resistentes à radiação UV e impermeáveis. Esses cabos devem ser levados até uma caixa de junção (Strings box) para alimentar os inversores. A escolha do cabo que

interliga os módulos à caixa de junção deve considerar a distância entre os componentes do sistema e deve utilizar conectores compatíveis com os fornecidos pelos módulos para garantir maior segurança na instalação.

Além disso, como a vida útil dos sistemas fotovoltaicos é elevada (cerca de 25 anos), é importante que todos os materiais usados, como tubagens e abraçadeiras, também tenham uma vida útil compatível ou que seja planejada uma manutenção periódica para substituição desses itens.

A cablagem é composta por elementos condutores que permitem a passagem de elétrons. Durante esse movimento (mesmo em materiais com excelente condutividade elétrica), ocorrem perdas que resultam na geração de calor nos cabos e causam quedas de tensão ao longo deles.

As equações seguintes mostram os parâmetros necessários a dimensionar num cabo de um projeto fotovoltaico para a correta ligação do sistema na totalidade.

$$\Delta V = R_c \times I \quad (4)$$

Sendo que:

ΔV – Queda de tensão no condutor;

R_c – Resistência do cabo;

I – Intensidade de corrente do cabo.

$$R_c = \rho \times \frac{L}{S} \quad (5)$$

Sendo que:

ρ – Resistividade do cabo;

L – Comprimento do cabo;

S – Secção do cabo.

Para o correto dimensionamento da cablagem, é necessário ter em consideração o critério do cumprimento dos limites máximos delineados pela tensão nominal, o

cumprimento dos limites delineados pela intensidade de corrente máxima admissível e a minimização das perdas causadas pelo transporte de corrente no sistema.

Os cabos são identificados frequentemente com a coloração vermelha, azul e preta. Este tipo de cablagem prime pela sua estabilidade mecânica através da compressão, tensão e dureza, pela sua resistência climática aos raios UV e às elevadas temperaturas a que estão sujeitos no terreno e à proteção contra contactos diretos e indiretos.

A equação 6 representa o cálculo da secção de cablagem através do método da queda de tensão desde os módulos até aos inversores.

$$SCablagem = \frac{2 \times LCablagem \times ICablagem}{1\%VMPP \times \sigma} \quad (6)$$

Sendo que:

SCablagem – Secção da cablagem;

LCablagem – Cumprimento da cablagem;

ICablagem – Corrente nominal proveniente da cablagem;

VMPP – Valor de tensão de máxima potência;

σ – Condutividade da cablagem.

Para dimensionar o cabo principal, considerando um fator de perdas na linha de 1% (ou 2% no caso de tensões inferiores a 120 V) nas condições de referência CTS, utiliza-se a fórmula a seguir, que calcula a secção transversal do cabo.

$$SCablagem \text{ (mm}^2\text{)} = \frac{2 \times Lcabo \times In^2}{(FP \times Ptransformador - Pcabo) \times \sigma} \quad (7)$$

Sendo que:

SCablagem – Secção da cablagem;

L_{cabo} – Comprimento da cablagem principal;

I_n^2 - Corrente nominal admissível;

FP – Fator de potência;

$P_{\text{transformador}}$ – Perdas do transformador;

P_{cabo} – Perdas do cabo;

σ – Condutividade da cablagem.

A Figura 2.14 exemplifica o aspeto físico e visual da cablagem vocacionada para os sistemas solares fotovoltaicos.



Figura 2.14: Morfologia dos cabos solares fotovoltaicos [41].

3. TRABALHO DE DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo serão abordadas as características genéricas do caso de estudo, edifício sede da INESC TEC, juntamente com os seus principais problemas e dados recolhidos através de medições ou avaliações e o trabalho desenvolvido que atua em conformidade com os objetivos propostos anteriormente.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

A edificação selecionada para o presente documento é o edifício sede do INESC TEC (Instituto de Engenharia de Sistemas e Computação, Tecnologia e Ciência), instituição privada, sem fins lucrativos em que as principais áreas de atividade são de investigação científica e tecnológica em conjunto com o ramo de consultoria e formação avançada. O edifício encontra-se localizado no Campus da Universidade do Porto, na rua Dr. Roberto Frias, 378 da cidade do Porto. Possui uma área total aproximadamente de 3400 m², sendo que 48% desta é ocupada para a realização das atividades envolvidas.

A Figura 3.1 apresenta a visualização do logo de identificação da empresa, a sede do instituto com as suas principais características e localização [42], [43], [44].

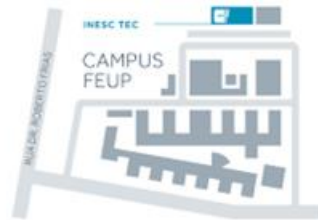


Figura 3.1: Localização geográfica do edifício sede do INESC TEC [44].

Segundo uma auditoria realizada pelo Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (INEGI) [45], é possível caracterizar o edifício nas vertentes mais relevantes tais como a envolvente, ocupação, iluminação, equipamentos e o seu perfil de consumo energético. Além disso, é possível recolher informação relativamente às avaliações que foram realizadas na área do conforto e da qualidade do ar interior.

3.1.1. CARACTERIZAÇÃO DA ENVOLVENTE

Ao nível dos edifícios, um dos vários exemplos de perdas de energia consideráveis e que levam ao seu consumo excessivo é a envolvente. Entende-se por envolvente como a fronteira que separa o espaço exterior do espaço interior do edifício. Trata-se de um parâmetro importante pois o seu desenvolvimento e eficiência contribui para melhores condições de conforto presentes no interior do edifício e uma melhor gestão do consumo de energia. Isto origina uma maior preocupação no que diz respeito há compartimentação entre meios, tanto interiores, que possuem um gradiente térmico reduzido, como exteriores, que apresentam diferenças térmicas elevadas já que se trata de uma comparação entre uma envolvente climatizada e uma envolvente não climatizada.

No INESC TEC, a envolvente opaca compreende os padrões correspondentes face ao tipo de edifício e a idade que este apresenta. A envolvente opaca exterior apresenta um coeficiente global de energia de transferência de calor médio (U) de $0,66 \text{ W/m}^2$. O edifício

é constituído por vários tipos de vãos envidraçados. A sua maioria são de vidro duplo, com um coeficiente global de transferência de calor variado entre os valores 2,64 e 3,93 W/m².°C, e um fator solar de cerca de 0,5. No entanto, devido à sua posição é à incidência solar sentida, os envidraçados voltados para Sul possuem um fator de 0,1 devido à aplicação de uma película de proteção solar [45].

Em conjunto com os vãos envidraçados, as palas de sombreamento também estão presentes no edifício sendo observados em maior quantidade na fachada Sul. A sua geometria proporciona uma incidência solar direta durante o Inverno, quando existe uma maior necessidade de captação de radiação para o aquecimento interior, e impede uma quantidade considerável de ganho solar na estação de arrefecimento.

3.1.2. CARACTERIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO

Além da envolvente, a iluminação representa uma fatia significativa do consumo de energia de um edifício e, neste caso, representa cerca de 12% da energia total consumida. Com uma potência total instalada de iluminação interior de 32 kW, uma densidade média de 11,9 W/m² e uma potência total exterior instalada de 1200W [45]. As luminárias instaladas em todo o edifício podem ser observadas, juntamente com a respetiva potência, na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Tipologia de luminárias existentes no edifício.

Tipo de Iluminação	Tipo de Luminária	Potência (W)
	Tubular fluorescente	18/36/58
	Halogéneo	35
Iluminação Interior	Iodeto metálico	75/150
	PL	9/18
	Incandescência	20/35/100
Iluminação Exterior	E40	400

Segundo o gráfico da Figura 3.2 retirado da auditoria energética [45], pode-se analisar em que altura do dia existe um maior e um menor consumo energético nos edifícios da empresa, uma vez que incide com o horário de trabalho dos funcionários da empresa.

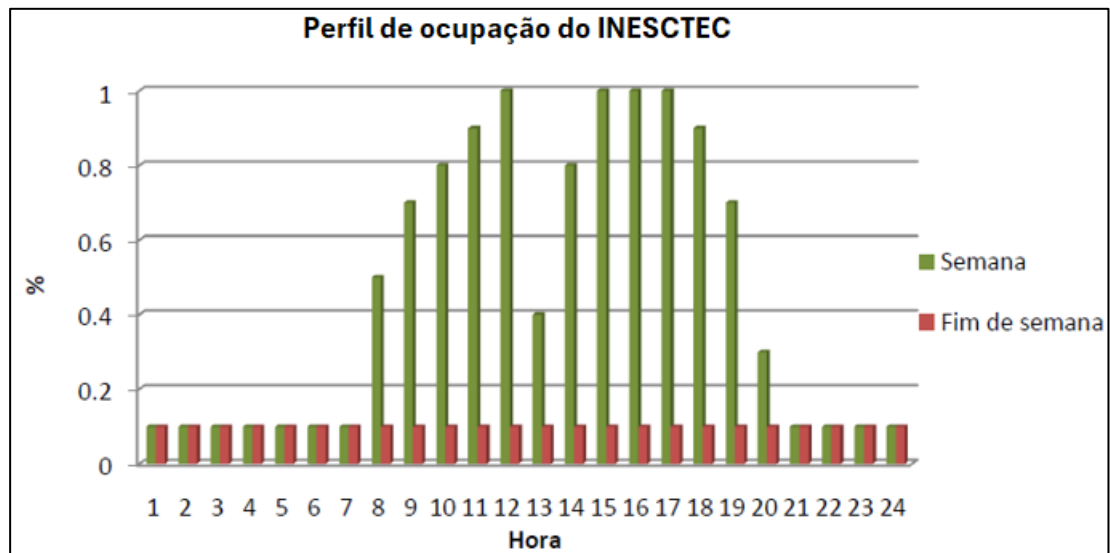


Figura 3.2: Percentagem de ocupação do INESC TEC [45].

Apesar do horário de trabalho da maior parte dos trabalhadores se estender das 8h até às 20h, a iluminação encontra-se ligada das 21h até às 6h. Estes valores são explicados muito pela densidade ocupacional que a empresa possui durante o dia. Como o horário de trabalho de praticamente todos os empregados do INESC TEC é diurno, o perfil de ocupação do edifício apresenta elevados valores no horário da manhã e da tarde. Na Figura 3.2, é representado o perfil de ocupação do INESC TEC ao longo do dia e durante a semana e fim-de-semana por parte dos empregados.

Para além destes dados, foi retirado da auditoria os tipos de equipamentos que contribuem para a contabilização energética do edifício. Dos vários equipamentos salientam-se os computadores, impressoras e faxes, aparelhos típicos de escritórios bem como secadores de mãos, máquinas de água, máquinas de café e frigoríficos presentes pelos edifícios.

De mostrar relevância para com os equipamentos presentes no refeitório do edifício B, cujos dados não estão incluídos neste estudo energético devido ao facto de que o estudo engloba apenas os valores registados dos elementos que contribuem para o desenvolvimento diário do trabalho que a empresa se vocaliza.

3.1.3. CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA

Neste subcapítulo serão apresentados os valores do consumo energético registrados pela auditoria realizada ao edifício A no ano de 2010, sabendo que ambos os edifícios A e B são idênticos tanto a nível do perfil dos equipamentos instalados como de ocupação e os valores obtidos para o edifício A serão aproximadamente os mesmos para o edifício B.

Primeiramente, analisou-se que o edifício em estudo consome tanto energia elétrica como energia térmica e no ano anterior ao estudo realizado, ano de 2008, o prédio consumiu em um total de 145,0 tep de energia, ou seja, um consumo anual de 43 kgep/m². Estes valores provêm dos equipamentos existentes, da iluminação e do sistema de AVAC. O gás natural que é utilizado é aproveitado para a caldeira do sistema AVAC [45]. Segundo os estudos realizados nos anos de 2007, 2008 e 2009, o consumo mensal de energia elétrica é praticamente constante ao longo do ano.

Estes dados foram obtidos através da utilização de analisadores de energia elétrica. Este medidor é um equipamento portátil é constituído por três pinças amperimétricas, ou seja, transformadores de intensidade (TI's) e quatro pinças de tensão, ou seja, transformadores de tensão (TT's). Estes transformadores permitem a leitura de valores de corrente elétrica e de tensão, respetivamente, em intervalos de hora em hora juntamente com a obtenção dos valores de potência, fator de potência, energia ativa e reativa.

No edifício existem 14 medidores, espalhados pelos quadros elétricos em todos os andares e na Figura 3.3 pode-se visualizar a disposição dos valores contabilizados das variáveis mencionadas.



Figura 3.3: Medidor de parâmetros elétricos.

O fornecimento de energia é feito em média tensão (15 kV), através da sua ligação por um ramal subterrâneo que se encontra na responsabilidade do distribuidor que é a E-REDES. A inexistência de um gerador faz com que, em casos de emergência, a alimentação ininterrupta seja assegurada por Uninterruptible Power Supplies (U.P.S.), ou seja, Fontes de Alimentação Ininterruptas. O tarifário é composto por quatro períodos horários que são as horas cheias, de ponta, de vazio normal e supervazio.

A energia elétrica é distribuída pelo edifício em baixa tensão a partir do quadro geral (Q.G.I.) no caso do edifício B e do quadro geral (Q.G.E.) para o edifício A, cujas funções baseiam-se na distribuição de energia elétrica pelos quadros parciais. Tendo em conta o relatório da auditoria acima mencionado, comprova-se que o perfil de consumo da instalação apresenta-se como constante ao longo do ano, apesar das diferentes alturas que contemplem este período, necessitarem de consumos energéticos distintos. Aliás constata-se segundo os valores registados, que a tendência é que haja uma diminuição da energia consumida através de mecanismos que permitem classificar a instalação como mais eficiente e sustentável.

3.2. ESQUEMAS UNIFILARES

O presente capítulo aborda um dos parâmetros propostos a fazer no projeto, que consiste na atualização dos esquemas unifilares dos quadros elétricos caso os mesmo tenham sofrido alguma alteração nos edifícios A e B do INESC TEC.

Dos inúmeros quadros elétricos existentes nas instalações, vários sofreram alteração ao longo dos anos desde a sua implementação no terreno devido às necessidades dos utilizadores. Neste tipo de alterações, estão contempladas alterações nas saídas dos quadros, quer adição de circuitos elétricos para diversas finalidades (força motriz, iluminação, tomadas, etc.) quer remoção de circuitos ou implementação de dispositivos relacionados com o sistema de domótica do edifício.

De salientar, que dos inúmeros quadros identificados e visitados, alguns não sofreram qualquer alteração em relação ao projeto raiz visto não ter havido a necessidade da instituição para tal e outros não me foi concedido acesso devido aos mesmos se situarem na região restrita e sem acesso.

Neste capítulo, serão abordados os quadros observados, os circuitos que inicialmente estavam identificados e os circuitos adicionados ou removidos ao longo do tempo e que não foram registadas nem atualizadas.

3.2.1. ESQUEMAS ELÉTRICOS EDIFÍCIO A

Dos dois edifícios pertencentes ao INESC TEC, o edifício A é a edificação mais antiga e com menor quantidade de quadros elétricos em comparação com o edifício B.

O fluxograma dos quadros elétricos do edifício A está presente nos anexos, sendo que a Tabela 3.2 representa de uma forma generalizada as ligações entre quadros do edifício, que se pode observar desde o Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) presente na sala do Posto de Transformação (PT), até ao quadro pertencente ao último piso, neste caso, piso 5.

A divisão ocorre por andares, sendo que cada andar possui um Quadro de Piso (QP), onde são derivados todos os circuitos desse mesmo andar respondendo às necessidades energéticas solicitadas.

Tabela 3.2: Organização estrutural dos quadros elétricos no edifício A.

Esquemas Elétricos Edifício A				
Nº Piso	1º QE	2º QE	3º QE	4ºQE
-1	QGBT	QGI	- - - -	- - - -
0	QGBT	QGI	Q. P. 1	Q. BAR Q. UPS
1	QGBT	QGI	Q. P. 2	Q. UPS Q. E. INF.
2	QGBT	QGI	Q. P. 3	Q. UPS
3	QGBT	QGI	Q. P. 4	Q. UPS
4	QGBT	QGI	Q. P. 5 Q. ELEV Q. ELEV	- Q. UPS -
5	QGBT	QGI	AVAC	-

Como podemos analisar, o edifício A é composto por 7 andares, desde o piso -1 onde se situa o posto de transformação até ao piso 5 onde se situa o quadro elétrico pertencente ao sistema de AVAC. Das alterações na sua estrutura unifilar que os quadros apresentam, destacam-se os seguintes pontos:

- 1) Atualização da cablagem de alimentação da ventilação nos quadros Q. P. 1, Q. BAR, Q. P. 3, Q. P. 4, Q. P. 5 (Anexo A1);
- 2) Atualização das ligações dos METER'S nos quadros Q. P. 2, Q. P. 3, Q. P. 4, Q. P. 5 (Anexo A1);
- 3) Identificação da cablagem da iluminação 3.7 no quadro Q. P. 4 (Anexo A1);
- 4) Identificação e atualização da cablagem da saída Cilindro no quadro Q. BAR (Anexo A1);
- 5) Realização de um esquema unifilar relativo aos postos de carregamentos dos veículos elétrico (Q. E. C. V. E.) (Anexo A1).

No Anexo A1, podemos observar os esquemas unifilares referentes ao edifício A em que podemos constatar as alterações acima mencionadas, entrando em conformidade com a atualidade da instalação.

3.2.2. ESQUEMAS ELÉTRICOS EDIFÍCIO B

O edifício B é a edificação mais recente dos dois, mais renovado e, portanto, com menos evidências de desgaste na instalação e nos quadros elétricos, estando decomposto de uma maneira mais simples e eficiente.

Tanto no Anexo A como na Tabela 3.3, existe também uma representação do fluxograma dos quadros elétricos do edifício B. É um edifício que possui um QGBT na sala do posto de transformação no piso -1, seguido de um quadro geral juntamente com vários quadros como os quadros das águas, dos arrumos, do laboratório e da maquinaria. O quadro geral, contempla um circuito para cada quadro situado nos andares, que vai desde o piso 0 e que pertence o Quadro Geral do Piso 1, até ao piso 5, que possui três quadros, dois deles direcionados para o sistema de AVAC e o outro, trata-se de um quadro direcionado para os circuitos existentes na cobertura.

Tabela 3.3: Organização estrutural dos quadros elétricos no Edifício B.

Esquemas Elétricos Edifício B				
Nº Piso	1º QE	2º QE	3º QE	4ºQE
-1	QGBT	QGI	Q. B. I.	-
			Q. E. LAB. P0	-
			Q. Arrumos	-
			Q. E. C. V. E.	-
			Q. Águas	-
			Q. E. MAQ.	-
0	QGBT	QGE	Q. G. Piso 1	Q. Copa Q. E. LAB. P1
1	QGBT	QGE	Q. G. Piso 2	Q. S. O. SPACE P2
2	QGBT	QGE	Q. G. Piso 3	Q. S. O. SPACE P3
3	QGBT	QGE	Q. G. Piso 4	Q. S. O. SPACE P4
4	QGBT	QGE	Q. ELEV. 01	-
			Q. G. Piso 5	Q. S. O. SPACE P5
			Q. ELEV. 02	-
5	QGBT	QGE	Q. E. AC 1	-
			Q. Cobertura	-
			Q. E. AC 2	-

Das alterações na sua estrutura unifilar que os quadros apresentam, destacam-se os seguintes pontos:

- 1) Identificação da saída e cablagem do motor B1-4 no quadro Q. Arrumos (Anexo A2);
- 2) Identificação da saída e cablagem biométrico no quadro Q. LAB: P0 (Anexo A2);
- 3) Identificação da cablagem do gerador OMNIFLOW, circuito de tomadas 38 e das bombas fluviais no quadro Q. LAB: P0 (Anexo A2);
- 4) Identificação da saída e cablagem da Prot. Módulo de 8 Saídas no quadro Q. LAB: P0 (Anexo A2);
- 5) Identificação e atualização da saída METER'S nos quadros de todos os andares (Anexo A2);

- 6) Identificação da cablagem de força motriz como fritadeiras, forno, grelhador e arca no quadro Q. Copa (Anexo A2);
- 7) Atualização da cablagem de saída OPTIMUS no quadro Q. G. Piso 1 (Anexo A2);
- 8) Atualização da saída do Biométrico e adição de 3 saídas relativas ao ar condicionado no quadro Q. G. Piso 2 (Anexo A2);
- 9) Identificação da saída e cablagem da Prot. Módulo de 8 Saídas no quadro Q. Openspace P3 e Q. Openspace P5(Anexo A2).

Tal como no edifício A, estão presentes no Anexo A2 os esquemas unifilares referentes aos quadros elétricos existentes na instalação neste caso no edifício B, devidamente atualizados e esquematizados com as devidas proteções.

É possível analisar toda as alterações esquemáticas relativas aos quadros elétricos das edificações A e B do INESC TEC no presente link [1. Atualização Edifícios](#). Estão presentes todos os circuitos elétricos atualizados e em conformidade com o analisado no local, apresentando ser a documentação mais recente dos edifícios [46].

3.3. PROJETO LUMINOTÉCNICO

O projeto luminotécnico é um processo imprescindível para qualquer tipo de instalação, quer seja ela de uso particular ou empresarial. Dimensionar o tipo de luminárias e a quantidade é um requisito presente em todas as edificações. Neste subcapítulo, serão abordados os projetos luminotécnicos para vários casos de estudo no INESC TEC, de tipologias diferentes e situadas em edifícios diferentes, caracterizadas de maneira única entre si face à disposição em que os locais de trabalho estão inseridos. Cada projeto contempla um ensaio realizado no local com equipamento de medição adequado e certificado, bem como uma simulação executada no software DIALux Evo, em que foi proposto uma instalação de um novo tipo de luminária, com características e quantidades diferentes das existentes no local, de modo a cumprirem com os requisitos mínimos da norma europeia EN-12464-1:2021 [47]. Após a simulação e os parâmetros de iluminação interior estarem conformes, foi elaborado um relatório segundo o mesmo software com a informação detalhada para o caso de estudo em questão, com uma breve descrição do tipo de simulação que foi feita, a projeção do caso de estudo, ou seja, o desenho do Openspace ou do gabinete a simular, o

tipo de luminária a propor, as quantidades pretendidas, o esquema de posição de luminárias e os resultados observados designados por objetos de cálculo.

3.3.1. EN-12464-1:2021

A norma EN-12464-:2021 [47] é um documento que aborda a iluminação interior nomeadamente em locais de trabalho. Criada pelo organismo nacional de normalização do Reino Unido *British Standard*, e aprovada pelo Comité Europeu de Normalização (CEN) a 09 de maio de 2021, com o propósito de substituir a norma BS EN 12464-1:2011 que deixou de entrar em vigor.

Segundo a Tabela 3.4, retirada da página 61 da norma, é dado a conhecer os requisitos necessários a atender e os valores mínimos para a aprovação de um projeto luminotécnico nos escritórios.

Tabela 3.4: Requisitos mínimos de iluminação interior em escritórios.

Ref.	Tipo de Tarefa/ Atividade	\bar{E}_m (lx)		U_o	R_a	$RUGL$	\bar{E}_m, z (lx)	$\bar{E}_m, Parede$ (lx)	$\bar{E}_m, Teto$ (lx)
		Valor Mínimo	Valor Máximo						
34.1	Arquivar, copiar, etc.	300	500	0,4	80	19	100	100	75
34.2	Escrever, digitar, ler, dados de processamento	500	1000	0,6	80	19	150	150	100
34.3	Desenho técnico	750	1500	0,7	80	16	150	150	100
34.4	Estações de trabalho CAD	500	1000	0,6	80	19	150	150	100
34.5.1	Sala de reuniões e conferências	500	1000	0,6	80	19	150	150	100
34.5.2	Mesa de conferência	500	1000	0,6	80	22	100	100	75
34.6	Mesa de receção	300	750	0,6	80	22	100	100	75
34.7	Arquivo	200	300	0,4	80	25	75	75	50

Uma vez que os casos de estudos abordados são do tipo Openspace e gabinete, então os valores a considerar para a simulação podem ser identificados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5: Requisitos mínimos de iluminação em Openspaces e gabinetes.

Ref.	Tipo de Tarefa/ Atividade	\bar{E}_m (lx)		U_o	R_a	$RUGL$	\bar{E}_m, z (lx)	$\bar{E}_m, Parede$ (lx)	$\bar{E}_m, Teto$ (lx)
		Valor Mínimo	Valor Máximo						
$U_o \geq 0,10$									

34.2	Escrever, digitar, ler, dados de processamento	500	1000	0,6	80	19	150	150	100
34.4	Estações de trabalho CAD	500	1000	0,6	80	19	150	150	100
34.5.1	Sala de reuniões e conferências	500	1000	0,6	80	19	150	150	100

Caso os parâmetros referenciados nas tabelas acima não sejam respeitados, o projeto não se encontra em conformidade com a regulamentação europeia e não poderá ser aprovado para posterior implementação na obra.

3.3.2. GABINETE B2.9

Trata-se do primeiro caso de estudo do trabalho, caracterizado por ser um gabinete situado no edifício B, no 2º piso, que alberga 2 secretárias como locais de trabalho. O projeto luminotécnico para este gabinete estende-se desde a recolha de dados de iluminação através de equipamento de medida, verificação da conformidade dos resultados, em comparação com os valores descritos no capítulo 3.3.1, escolha da luminária adequada face às necessidades de iluminação do local e, por fim, a simulação. Este processo não só se aplicou ao gabinete B2.9 como a todos os outros projetos de iluminação referentes a este trabalho (Gabinete A13, Gabinete B1.12, Openspace A1, Openspace B1 e Openspace B2).

3.3.2.1. ENSAIOS

A recolha de informação deu-se no local, através de um aparelho designado por luxímetro, que é um instrumento vocacionado para a medição da densidade da intensidade luminosa num local. A sua unidade de medida é o lux (lx) e o aparelho utilizado nos ensaios é pertencente à marca *Digital Lux Tester* e modelo *Koban KL1065*, como se pode observar na Figura 3.4.



Figura 3.4: Luxímetro Digital Lux Tester, modelo Koban KL1065.

A luminária existente no Gabinete é da marca *Climar* pertencente ao modelo *Quadrata S45 L/LD* e consiste num material de iluminação suspenso que promove a iluminação direta no local instalado. Adequado para ambientes tanto domésticos como profissionais, contém um corpo de perfil em alumínio de secção 45x45 mm (milímetros) com acabamento anodizado natural mate. Este modelo retrata a versão mais longa, com uma só lâmpada, um difusor acrílico opal 030, e com o equipamento elétrico incluído na luminária. Pode ser apresentada com um balastro eletrónico com regulação de fluxo luminoso ou com um balastro digital compatível com o sistema DALI. A lâmpada existente no escritório é de 49W, tubular T5, com temperatura de cor de 3000K, possui casquilho G5, e representa um índice de proteção IP40 com um comprimento de 2030 milímetros. A Figura 3.5 e o datasheet presente no anexo B ilustram o tipo e a disposição das luminárias existentes no local.



Figura 3.5: Luminárias atuais no Gabinete 2.9.

Para cada caso de estudo, foram selecionados pontos de medição mais relevantes para os ensaios de modo que os valores registados fossem analisados e comparados com os valores mínimos segundo a regulamentação de iluminação, e assim, concluir se são satisfeitos os parâmetros. A Figura 3.6 mostra a disposição do Gabinete B2.9 e os pontos escolhidos estão explícitos na imagem sendo estes legendados respeitando uma numeração que, neste caso, vai do número 1 ao 9.

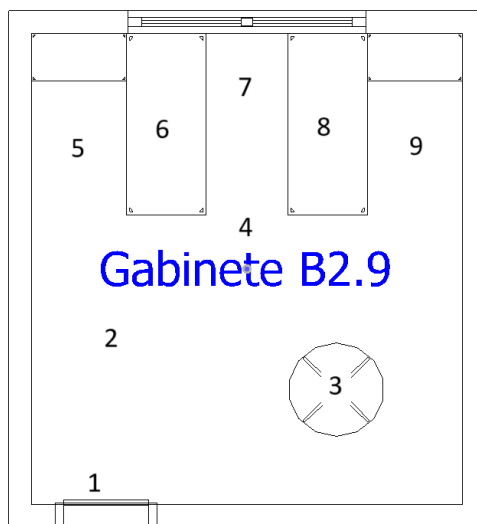


Figura 3.6: Disposição do gabinete B2.9 e pontos de recolha de medidas de iluminação.

A Tabela 3.6 dispõe dos resultados anotados no local, durante a noite, altura do dia em que há ausência da iluminação exterior, através do luxímetro, tendo em consideração a localização dos pontos de medição selecionados segundo a Figura 3.6.

Tabela 3.6: Medidas de iluminação dos pontos de medição no gabinete B2.9.

Gabinete B 2.9				
Posição	Descrição	→	Valor (lux)	Estado
1	Chão	→	122,00	✓
2	Chão	→	167,00	✓
3	Mesa	→	439,00	✓
4	Chão	→	155,00	✓
5	Chão	→	156,00	✓
6	Secretária	→	467,00	✗
7	Chão	→	148,00	✓
8	Secretária	→	498,00	✗
9	Chão	→	163,00	✓

Pelos valores anotados, pode-se dizer que nem todos os locais cumprem com a norma em vigor sendo que a maior parte satisfaz os requisitos. Uma vez que o ponto 1 se situa mais afastado da incidência das luminárias existentes no espaço, este possui um valor menor que 150 lux logo não entra em conformidade com a norma. Também os pontos 6 e 8, referentes às secretárias, apresentam valores abaixo dos 500 lux, concluindo que não estão a ser cumpridos as devidas necessidades. A Figura 3.7 mostra a caracterização do caso de estudo do edifício B, gabinete B2.9.



Figura 3.7: Caracterização do espaço do gabinete B2.9.

3.3.2.2. SIMULAÇÃO

Após ter sido verificado o tipo de luminária existente no local e ter sido realizado os ensaios no local de estudo, foi iniciado no software de iluminação *DIALux* versão *Evo* um conjunto de simulações de modo a ser possível obter os requisitos em conformidade com a norma de iluminação interior.

Para isso, foi necessário escolher uma luminária que fosse possível implementar no local e que fosse vocacionada para a iluminação doméstica ou comercial. Tendo isso em consideração escolheu-se uma luminária da marca fabricante O/M modelo U60 Module Prismatic de 9,2W e 9lm. Aplicou-se uma temperatura de cor mais apropriada para o espaço a considerar e, portanto, retificou-se para 4000K, uma cor mais clara de modo a ser possível o utilizador captar o máximo de atenção possível no trabalho que estará a realizar. Compatível com o sistema DALI possui um valor de CRI 80 e a sua funcionalidade “*made-to-measure*” permite que as dimensões da luminária possam ser personalizadas consoante o número de lâmpadas que a armadura possa agregar.

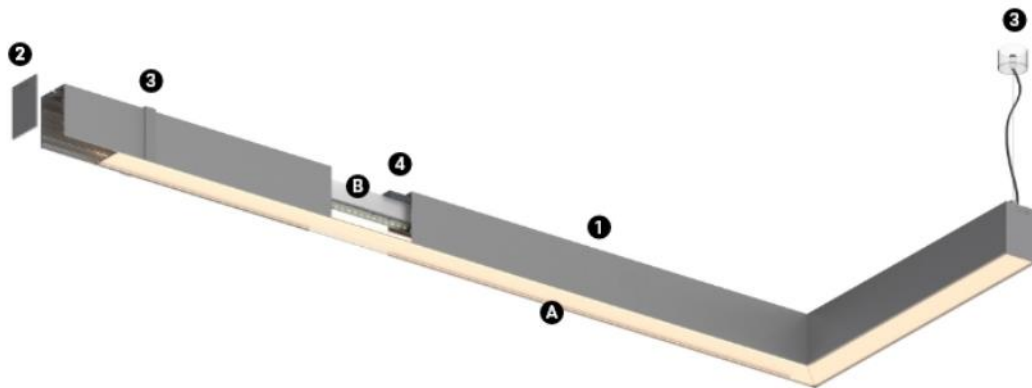


Figura 3.8: Tipologia da luminária usada nas simulações para o gabinete B2.9.

A Figura 3.8 representa a tipologia e o aspeto físico da luminária usada nas simulações e que se considerou a mais adequada para o propósito, enquanto a Tabela 3.7 apresenta a discriminação pormenorizada da mesma.

Tabela 3.7: Descrição pormenorizada da luminária usada nas simulações para o gabinete B2.9.

Estrutura		
1	→	Perfil
2	→	Tampas finais

3	→	Acessórios de montagem
4	→	Acoplamento de perfil
Difusor		
A	→	Difusor de gelo em policarbonato
Fonte de Luz		
B	→	Módulos LED

A folha de dados relativo à luminária aplicada na simulação está presente nos anexos, onde é descrito a referência (Nº do artigo), a sua potência (P), rendimento luminoso (η (%)), CCT, fluxo luminoso (ϕ) e o seu IRC. Seguidamente da identificação da luminária a considerar no estudo, consoante as suas características, foi necessário saber a quantidade de elementos luminosos seriam suficientes para iluminar corretamente o espaço e como estariam dispostos ao longo do escritório.

Como no escritório, os espaços a serem considerados de maior importância dizem respeito às secretárias onde as pessoas necessitam de trabalhar e das máximas condições favoráveis para tal, chegou-se à conclusão que 10 luminárias de 559 milímetros dispostas verticalmente face ao ponto central das secretárias enquadra-se na melhor solução possível. Nos anexos é elucidado o modo e a quantidade de lâmpadas necessitam de serem implementadas no escritório corretamente.

Depois de ter sido definido o tipo de luminária a aplicar no espaço, a quantidade necessária a dimensionar e a sua localização, face aos espaços identificados de maior relevo e importância, deu-se a simulação e considerou-se os resultados que são apresentados nos anexos. Os dados mais relevantes referem-se à iluminância nominal (lx) e à uniformidade total da iluminância sobre uma superfície.

Todos os valores referentes a todas as áreas de tarefa visual enquadram-se dentro dos limites estabelecidos, sendo a iluminância nominal superior a 500 lx no caso das secretárias, superior a 300 lx no caso de se tratar dos arredores das mesmas ou superior a 100 lx no caso de se tratar do pavimento. A Tabela 3.8 evidencia de uma forma mais sucinta os valores das componentes referidas nas zonas consideradas importantes.

Tabela 3.8: Iluminância nominal dos diferentes pontos de interesse no gabinete B2.9.

Áreas de tarefa visual	Ē (Nominal)	Uo (g1) (Nominal)
------------------------	-------------	-------------------

Secretária 1	568 lx (≥ 500 lx)	✓	0.74 (≥ 0.60)	✓
Arredores Secretária 1	549 lx (≥ 300 lx)	✓	0.58 (≥ 0.40)	✓
Secretária 2	570 lx (≥ 500 lx)	✓	0.75 (≥ 0.60)	✓
Arredores Secretária 2	549 lx (≥ 300 lx)	✓	0.57 (≥ 0.40)	✓
Pavimento	246 lx (≥ 100 lx)	✓	0.25 (≥ 0.10)	✓
Mesa	397 lx	✓	0.75	✓

Em continuidade com os resultados obtidos na simulação, e juntando às variáveis relevantes num projeto de iluminação, também é necessário calcular o encandeamto máximo que os locais dispõe, tendo a Tabela 3.9 os valores medidos pela simulação.

Tabela 3.9: Valores de encandeamto em diferentes pontos no gabinete B2.9.

Áreas de tarefa visual	UGR (máx.)	
Secretária 1	17,5 ≤19.0	✓
Secretária 2	17,6 ≤19.0	✓
Mesa	18,5 ≤19.0	✓

Pode-se dizer que segundo a simulação executada, tendo em consideração a quantidade de luminárias a instalar, com as suas características e a sua disposição, estão reunidas todas as condições para que o Gabinete B2.9 possua iluminação adequada face à atividade a realizar ao contrário com o que acontece atualmente.

Esta conclusão é suportada pela Tabela 3.10 e pelo anexo B1, que compreende o resumo dos dados médios obtidos pela simulação e que cumprem com a regulamentação de iluminação, de ofuscamento e de consumo energético.

Tabela 3.10: Resumo da simulação de iluminação do gabinete B2.9.

Áreas de tarefa visual (tamanho)	Calculado (lx)	Nominal (lx)	Estado
Ê Área de trabalho	568 lx	≥ 500 lx	✓
Uo (g1) Área de trabalho	0,74	≥ 0.60	✓

Ê Arredores	549 lx	≥ 300 lx	✓
Uo (g1) Arredores	0,58	≥ 0.40	✓
Ê Área de fundo	246 lx	≥ 100 lx	✓
Uo (g1) Área de fundo	0,24	≥ 0.10	✓
Avaliação de ofuscamento (tamanho)	Calculado (lx)	Nominal (lx)	Estado
RUG, máx.	18	≤ 19	✓
Dimensões de consumo (tamanho)	Calculado (lx)	Nominal (lx)	Estado
Consumo	92,9 kWh/(m ² *a)	-	-
LENI	5.89 kWh/(m ² *a)	-	-
Custo	60.39 €/a	-	-
Potência de ligação específica	5.83 W/m ²	-	-

Após a conclusão que se retirou desta simulação e de se saber que as luminárias são apropriadas para o gabinete selecionado, voltou-se a repetir todo o processo desde os ensaios luminotécnicos até às simulações no software para os restantes casos de estudo, ou seja, no edifício A para o Openspace A1 e Gabinete A1.13 e para o edifício B para o Openspace B1 e B2 e Gabinete B1.12, tendo sido identificado anomalias nos valores registados pelo luxímetro e apresentados resultados para a mesma luminária conformes com a norma e promovendo deste modo a sua instalação no local.

Existe a possibilidade de analisar toda a documentação associada aos estudos luminotécnicos efetuados nos casos de estudo acima referidos no link [2. Estudo Luminotecnico](#), em que contempla não só as devidas simulações com os resultados como os respetivos relatórios e descritivos [48].

3.4. PROJETO FOTOVOLTAICO

Este capítulo irá abordar a última parte do trabalho inicialmente proposto em que consiste na execução de um projeto fotovoltaico nas instalações do INESC TEC. Este tipo de projeto permite à instituição uma solução nova face ao consumo energético que visa melhorar a sua eficiência enquanto consumidor através de soluções sustentáveis e eficazes salvaguardando um rápido retorno do investimento.

O seguinte projeto encontra-se dividido em três trabalhos distintos:

- Projeto fotovoltaico do CarPark;
- Projeto fotovoltaico da Cobertura;
- Projeto fotovoltaico da Fachada.

Estes três casos têm a finalidade de estudar a viabilidade da implementação de painéis solares fotovoltaicos de modo a fornecer uma certa quantidade de energia elétrica às instalações do INESC TEC contribuindo deste modo para o seu autoconsumo e combatendo o custo elevado de consumo energético.

Dito isto, organizou-se por passos cada trabalho uma vez que se trata de processos complexos em que existe uma necessidade não só de dimensionar o equipamento responsável pela produção de energia como de determinar a viabilidade da sua instalação no terreno. O procedimento em todos eles é idêntico e decompõe-se da seguinte maneira:

- Contextualização do local da instalação fotovoltaica;
- Desenho técnico;
- Dimensionamento de equipamento:
 - Painéis fotovoltaicos;
 - Strings;
 - Inversor ou inversores;
 - Cabos e dispositivos de proteção;
 - Entre outros.
- Análise económica do projeto:
 - LCOE;
 - PAYBACK;
 - TIR;

- VAL.

3.4.1. PROJETO CARPARK

Este projeto engloba uma elaboração de um sistema solar fotovoltaico incidente no parque de estacionamento do INESC TEC. É um exemplo de uma tipologia de instalação cada vez mais recorrente nos dias atuais, em que existe um aproveitamento do espaço que é caracterizado pela elevada exposição solar e pela sua finalidade de proporcionar estacionamento aos veículos. Dito isto os próximos subcapítulos descrevem todo o processo deste projeto.

3.4.1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO LOCAL DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

O primeiro passo a dar na execução de um projeto fotovoltaico é escolher o espaço para a instalação dos equipamentos solares. A escolha do espaço deve ter em consideração a exposição solar a que está submetido uma vez que é através da radiação que será produzida a energia. Logo, a produção de energia será tanto maior quanto mais exposição à radiação solar estiver o espaço.

Também é importante considerar os elementos que se encontram ao redor do lugar a considerar e que comprometem o rendimento dos painéis através do sombreamento, tais como as árvores, edifícios, postes de iluminação, infraestruturas, entre outros.

Em suma é importante referir que para cada projeto seja ele de que tipo for, doméstico ou industrial, a escolha do local a implementar os equipamentos é muito importante tratando-se de um fator que põe em causa todo o estudo e rendimento da produção na instalação.

O local onde foi projetado a instalação dos três trabalhos situava-se nas instalações do INESC TEC com as seguintes coordenadas geográficas:

- Latitude: 41° 10' 40" N
- Longitude: 8° 35' 54" W

Para o CarPark, a escolha do local a instalar não suscitou muitas dúvidas uma vez que se propôs um aproveitamento do local do estacionamento que possui muita incidência

solar. Facto esse devido ao espaço amplo a que o estacionamento está inserido conforme se pode observar pela Figura 3.9.



Figura 3.9: Contextualização geográfica da instalação do CarPark no INESC TEC.

Conforme se pode observar pelas imagens acima, a instalação do CarPark estará inserida num espaço amplo com muita propensão para a incidência solar visto que tem poucas edificações à volta que não comprometem a captação solar dos módulos. Para além disso, a infraestrutura do CarPark, fornece algum sombreamento em dias de temperaturas elevadas e cobertura em dias chuvosos. Caracteriza-se por ser um espaço adequado à instalação de um sistema desta envergadura e que contribui para a produção energética do consumidor.

3.4.1.2. DESENHO TÉCNICO

Após a seleção dos espaços para os trabalhos, foram executados para cada um os respetivos desenhos técnicos segundo o programa do *AutoCAD*, um software de desígnio de desenho técnico que permite esquematizar no terreno a localização dos componentes do sistema a instalar bem como as ligações existentes entre eles.

Uma vez que o presente projeto é decomposto em três trabalhos diferentes, foi necessário realizar três desenhos técnicos para cada situação, ajudando tanto o instalador

como o consumidor, a ter uma melhor perceção de como se irá executar os trabalhos previstos.

Os três desenhos técnicos executados para os três trabalhos estão presentes no anexo, no entanto é possível através da Figura 3.10 ter uma noção da disposição da estrutura solar do CarPark e de como as ligações ocorrem entre equipamentos, onde estão localizados os inversores, como se interligam os circuitos elétricos no terreno e a sua dimensão.



Figura 3.10: Localização esquemática da instalação CarPark.

Segundo a imagem acima, é visível o local em que o sistema fotovoltaico se irá situar, que é no parque de estacionamento do INESC TEC e que, para além disso, se trata de um sistema com uma composição de elementos bastante abrangente, contemplando uma quantidade de módulos fotovoltaicos significativa e cablagem responsável pela interligação dos elementos todos que constituem o sistema. Aliado a isso, visualiza-se no desenho técnico, o local onde se irá instalar o inversor e também o quadro elétrico onde o sistema conectar-se-á na instalação.

3.4.1.3. DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTO

Como qualquer trabalho relativo a uma instalação elétrica, é sempre necessário executar um dimensionamento do equipamento necessário para a instalação projetada. Este momento do trabalho engloba a seleção não só da quantidade de material a implementar como também a tipologia do mesmo, que será a mais adequada para atingir os objetivos.

Para o CarPark dimensionou-se a tipologia e a quantidade de módulos solares fotovoltaicos no qual se pode observar na Tabela 3.11 e na Figura 3.11, conseqüentemente.

Tabela 3.11: Datasheet dos painéis fotovoltaicos do sistema CarPark.

Painéis Fotovoltaicos CarPark	
Marca	Risen
Modelo	RSM120-8-590MM-615M
Quantidade de módulos (unds.)	192
Quantidade de strings (unds.)	8
Módulos por String (unds.)	24
Potência P/ String Min. (W)	580
Potência P/ String Máx. (W)	605
Potência Total Média (W)	592,5
Potência Total Min. (W)	111 360
Potência Total Máx. (W)	116 160
Potência do Inversor (kW)	100

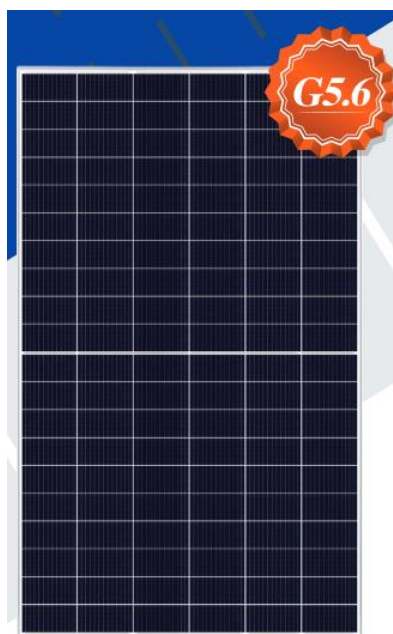


Figura 3.11: Módulo fotovoltaico CarPark.

Após saber o tipo de módulo a utilizar no projeto, selecionou-se um inversor com a potência suficiente para a quantidade de módulos em série da instalação, neste caso, de 100W. O inversor tem um papel fundamental no que diz respeito à conversão de energia em corrente contínua (DC) para corrente alternada (AC), que é a energia utilizada nas redes elétricas. Para além disso, proporciona um controlo e uma monitorização do sistema fotovoltaico instalado, nomeadamente nos valores de produção de energia, eficiência dos painéis e na identificação de problemas de operação.

As Figura 3.12 e Figura 3.13 representam o inversor selecionado para o projeto do CarPark tendo em consideração a potência instalada e sua eficiência.

SUN2000-100KTL-M1
Smart PV Controller



Figura 3.12: Inversor SUN2000-100KTL-M1 da Huawei.

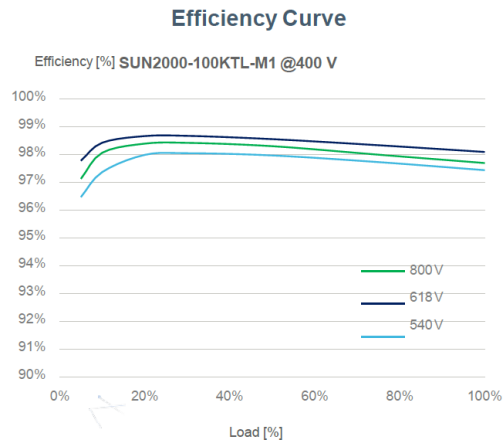


Figura 3.13: Diagrama de eficiência do inversor.

A Tabela 3.12 apresenta as características do datasheet do inversor descrito e que permitem o funcionamento da instalação em questão.

Tabela 3.12: Datasheet do inversor SUN2000-100KTL-M.

Input	
Eficiência máxima (%)	98,8%
Eficiência europeia (%)	98,6%
Tensão Máx. Input (entrada) (V)	1.100V
Corrente Máxima por MPPT (A)	26A
Corrente Máxima de Curto Circuito por MPPT (A)	40A
Tensão inicial (V)	200V
Tensão de funcionamento por MPPT (V)	200V – 1000V
Tensão de entrada nominal	600V
Número de entradas	20
Número de MPPT trackers	10

Output	
Potência ativa AC nominal (W)	100.000 W
Potência aparente AC nominal (W)	100.000 VA
Potência aparente máxima AC nominal (W)	110.000 VA
Potência ativa máxima AC nominal (cosφ =1) (W)	110.000 W
Tensão de saída nominal (V)	400 V
Frequência AC nominal (Hz)	50 Hz
Corrente de saída nominal (A)	144,4 A
Corrente máxima de saída (A)	160,4 A
Distorção harmônica máxima (%)	<3%

Após saber a quantidade de módulos a implementar e o inversor adequado para a instalação, foi necessário saber quantas strings é que o CarPark iria contemplar de modo a agrupar os módulos e estabelecer as devidas conexões entre os mesmos.

Segundo a tabela, serão necessárias oito unidades de strings para os 192 módulos, o que corresponde a 24 módulos por String. No desenho técnico é possível visualizar a organização estrutural e as ligações que ocorrem entre elementos e como a localização das strings é importante para o sistema fotovoltaico já que aglomera uma certa quantidade de elementos consoante a respetiva potência dos módulos.

Para explicar o número de strings e módulos fotovoltaicos é necessário recorrer a uma série de procedimentos que têm em consideração várias variáveis desde a contextualização geográfica do local da instalação até à quantidade de energia pretendida pelo consumidor ou a tipologia dos equipamentos a utilizar.

Inicialmente consideram-se duas fórmulas matemáticas (8 e 9) que dizem respeito às temperaturas mínimas e máximas suportadas pelas células fotovoltaicas em graus celsius (°C), ou seja, a determinação de um intervalo de temperaturas ambientes admissíveis para que as células funcionem corretamente, sem comprometer o normal desempenho do sistema fotovoltaico.

$$T_{cell\ min} = T_{ambient\ min} + \frac{(NOCT-20)}{800} \times G \quad (8)$$

E

$$T_{cell\ max} = T_{ambient\ max} + \frac{(NOCT-20)}{800} \times G \quad (9)$$

Sendo que:

T cell min – Temperatura mínima admissível da célula em °C

T cell max – Temperatura máxima admissível da célula em °C

T ambiente min – Temperatura ambiente mínima em horário de operação em °C

T ambiente max – Temperatura ambiente máxima em horário de operação em °C

NOCT – Temperatura normal operacional da célula em °C

G – Irradiação solar em W/m²

Com base nas fórmulas, para a determinação dos valores de temperatura das células, é necessário o conhecimento das variáveis acima descritas. A localização da instalação é em Portugal, mais precisamente na região do Porto, e os valores tanto para a temperatura ambiente mínima como máxima já são predefinidos para qualquer dimensionamento de um sistema solar fotovoltaica, bem como os valores da irradiância mínima e máxima necessários.

A Tabela 3.13 apresenta os valores das temperaturas e irradiância no ambiente previsto inserir o sistema fotovoltaico.

Tabela 3.13: Temperaturas ambiente e irradiância solar no contexto geográfico inserido.

Parâmetro	Abreviação	Valor	Unidade
-----------	------------	-------	---------

Temperatura ambiente mínima absoluta em horário de funcionamento	Ta(abs-)	0	°C
Temperatura ambiente máxima projetada	Ta (abs+)	40	°C
Irradiância máxima projetada	E máx.	1000	W/m ²

A Tabela 3.14 evidencia os valores relacionados com os valores de potência, tensão, correntes e temperaturas suportadas pelos módulos selecionados e que podem ser visualizados no mapa de características do material.

Tabela 3.14: Parâmetros dos módulos fotovoltaicos do CarPark.

Parâmetro	Abreviação	Valor	Unidade
Potência máxima	Pmáx.	605	W
Tensão de funcionamento	Vmpp	34,88	V
Corrente de funcionamento	Impp	17,35	A
Tensão de curto-circuito	Voc	41,8	V
Corrente de curto-circuito	Ioc	18,37	A
Eficiência modular	η_m	21,4	%
Temperatura normal da célula em funcionamento	NOCT	44	°C
Variação da temperatura normal da célula em funcionamento	NOCT +/-	2	°C
Coeficiente de potência máxima	γ , Pmax	-0,34	%/°C
Coeficiente de tensão em circuito aberto	β , Voc	-0,25	%/°C
Coeficiente de corrente curto-circuito	α , Isc	0,04	%/°C

Sabido os parâmetros acima mencionados, é possível proceder a quatro operações matemáticas que nos permitem saber a quantidade de módulos fotovoltaicos desta tipologia se podem ligar em série, ou agrupados entre cada um por strings.

A primeira operação a realizar é a determinação da tensão máxima admissível do painel RSM120-8-590MM-615M e inversor SUN2000-100KTL-M1 conforme a

temperatura ambiente mínima estabelecida na Tabela 3.14 que é 0°C. Para isso é necessário ter em consideração certas variáveis. A fórmula da determinação da tensão máxima admissível é a seguinte:

$$V_{oc}(T) = \left[1 - \left(\frac{(25 - T) \times \beta_{V_{oc}(\%/^{\circ}C)}}{100} \right) \right] \times V_{oc(25^{\circ}C)} \quad (10)$$

Em que:

Voc (T) – Tensão máxima admissível à temperatura T em °C

T – Temperatura em °C

β_{Voc} – Coeficiente de tensão em circuito aberto em %/°C

Voc (25°C) – Tensão de circuito aberto às condições STC (Standard Test Conditions)

Por exemplo, para uma quantidade de 5 módulos em série, a tensão de circuito aberto à temperatura ambiente mínima de 0°C é calculada da seguinte forma:

$$V_{oc}(0) = \left[\left(1 - \frac{(25 - 0) \times -0,25}{100} \right) \times 41,8 \right] \times 5 \quad (11)$$

$$\ll \gg V_{oc}(0) = 222,1V$$

A Tabela 3.15 mostra os resultados das tensões de circuito aberto, a uma temperatura ambiente mínima de 0 °C, para várias quantidades de módulos em série.

Tabela 3.15: Resultados das tensões máximas admissíveis do sistema CArPark.

Módulos em Série (unds.)	Tensão máxima admissível a temperatura ambiente mínima (0°C)	Check
5	222,1	✘
6	266,5	✔
7	310,9	✔
20	888,3	✔
21	932,7	✔

22	977,1	✓
23	1021,5	✓
24	1065,9	✓
25	1110,3	✗
33	1465,6	✗

Após a determinação da tensão de circuito aberto máxima às condições mínimas de temperatura adversas, calcula-se a tensão mínima de operação para uma temperatura máxima ambiente que neste caso é 40°C. Recorrendo á fórmula anteriormente referida, determina-se a temperatura da célula Tcell a 40°C de temperatura ambiente e irradiação máxima de 1000 W/m².

$$T_{cell\ max} = 40 + \frac{(44 - 20)}{800} \times 1000 = 70^{\circ}C \quad (12)$$

A fórmula de cálculo da tensão mínima de arranque é a seguinte:

$$V_{mpp}(T) = \left[1 - \left(\frac{(25 - T) \times \beta_{Voc(\%/^{\circ}C)}}{100} \right) \right] \times V_{mpp(25^{\circ}C)} \quad (13)$$

Sendo que:

V_{mpp} – Tensão nominal à temperatura T em °C

T – Temperatura em °C

βVoc – Coeficiente de tensão em circuito aberto em %/°C

V_{mpp} (25°C) – Tensão mínima admissível por temperatura em 0 °C

Neste caso, para uma quantidade de 6 módulos em série, a tensão mínima admissível a temperatura ambiente mínima de 70°C é calculada da seguinte forma:

$$V_{mpp}(70) = \left[\left(1 - \frac{(25 - 70) \times -0,25}{100} \right) \times 34,88 \right] \times 6 \quad (14)$$

$$\ll \gg V_{mpp}(70) = 185,7V$$

A Tabela 3.16 mostra os resultados das tensões mínimas admissíveis, a uma temperatura ambiente mínima de 40 °C, para várias quantidades de módulos em série.

Tabela 3.16: Resultados das tensões mínimas admissíveis do sistema CarPark.

Módulos em Série (unds.)	Tensão mínima admissível a temperatura ambiente máxima (70°C)	Check
5	154,8	✗
6	185,7	✗
7	216,7	✓
20	619,1	✓
21	650,1	✓
22	681,0	✓
23	712,0	✓
24	742,9	✓
25	773,9	✓
33	1021,5	✓

Tendo em atenção a tensão mínima e máxima admissível da instalação, que é de 200V e 1100V, respetivamente, podemos concluir qual o intervalo da dimensão das strings a considerar, segundo a Tabela 3.17.

Tabela 3.17: Resultados dos módulos em série do sistema CarPark.

Módulos em Série (unds.)	Tensão mínima admissível (0°C)	Tensão máxima admissível (70°C)	Check
--------------------------	--------------------------------	---------------------------------	-------

5	✗	✗	✗
6	✓	✗	✗
7	✓	✓	✓
20	✓	✓	✓
21	✓	✓	✓
22	✓	✓	✓
23	✓	✓	✓
24	✓	✓	✓
25	✗	✓	✗
33	✗	✓	✗

Como a quantidade máxima de módulos em série possível é 24 então, para a instalação do CarPark, o projeto engloba a implementação de 24 módulos em série.

3.4.2. PROJETO FACHADA (OVERVIEW)

Uma vez que o projeto do CarPark levou a cabo uma série de procedimentos que levou a tornar-se num trabalho vantajoso para o consumidor, neste caso, o INESC TEC, também à imagem do processo todo do sistema fotovoltaico do CarPark, o sistema fotovoltaico da fachada levou um conjunto de medidas que o fizeram concluir ser um investimento vantajosos ou não. Como o procedimento ocorrido nesta situação é idêntica à do CarPark, pode-se afirmar através dos mesmos passos se o projeto deverá ser considerado ou não.

3.4.2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO LOCAL DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

Para o trabalho referente à fachada, como este tipo de projeto engloba uma instalação vertical, ou seja, através da implementação dos módulos na parede da edificação, apenas se teve de ter em consideração a existência ou não de algum tipo de infraestrutura que pudesse criar algum sombreamento.

Como o edifício do INESC TEC possui uma exposição solar bastante elevada, propôs-se uma instalação de painéis fotovoltaicos na parede frontal do edifício conforme é possível observar pela Figura 3.14.



Figura 3.14: Contextualização da localização do projeto da fachada.

As imagens comprovam que o edifício do INESC TEC está inserido num espaço que como foi mencionado para o espaço do parque de estacionamento, possui grande exposição solar. O edifício é caracterizado pelos seus 5 andares, o que proporcionam uma altura bastante considerável possibilitando uma forte absorção dos módulos fotovoltaicos nas paredes do edifício. Trata-se, portanto, de um local adequado à instalação de equipamentos de produção energética através da absorção solar.

3.4.2.2. DESENHO TÉCNICO

Tal como no capítulo 3.4.1.2., foi possível visualizar de uma forma geral o desenho incorporado no local para o CarPark, também se observa, o desenho técnico e as duas formas diferentes de dispor a instalação do projeto da fachada segundo a Figura 3.15. Através da imagem é possível dispor os módulos fotovoltaicos de duas formas diferentes, ambas admissíveis e sujeitas à decisão do INESC TEC conforme as suas necessidades estéticas uma vez que se trata de uma instalação na parte frontal do edifício.

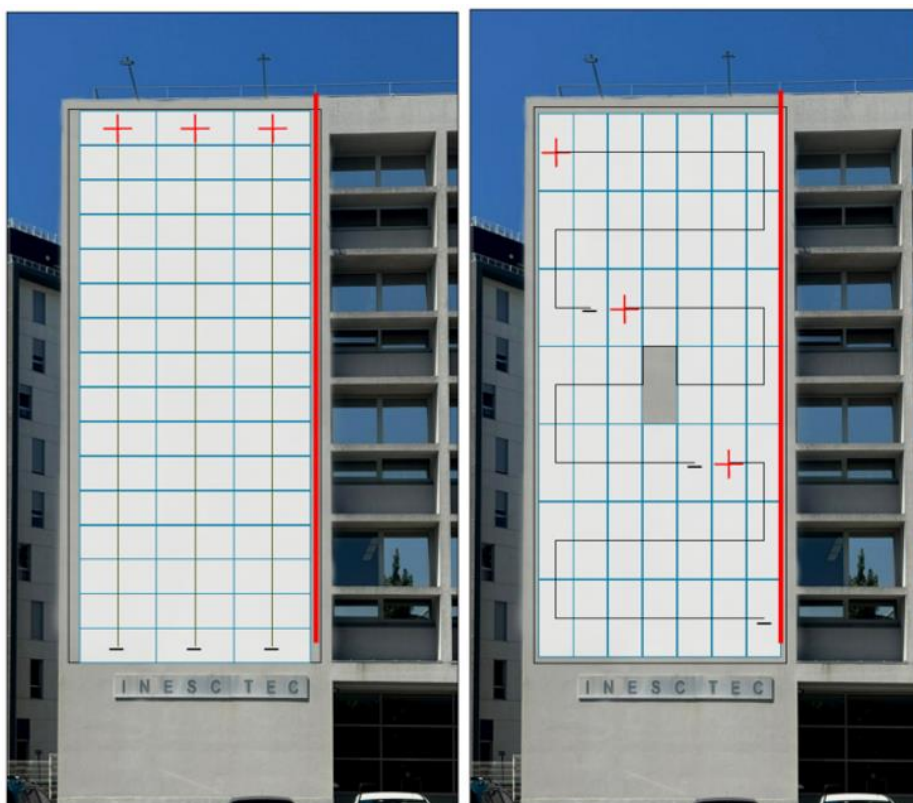


Figura 3.15: Disposições possíveis do sistema fotovoltaico da fachada

3.4.2.3. DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTO

Conforme acima retratado, este capítulo é responsável pela execução do dimensionamento dos equipamentos necessários para este projeto e que tipo de equipamentos foram seleccionados para tal. Dito isto, e segundo uma visão mais generalizada após uma explicação detalhada dos cálculos a realizar para um trabalho desta envergadura, através das Tabela 3.18, fica-se a saber qual a quantidade de material necessário para o trabalho e que tipo de material foi projetado.

Tabela 3.18: Datasheet dos painéis fotovoltaicos do sistema fachada.

Painéis Fotovoltaicos Fachada	
Marca	Sunman
Modelo	SMF310-5X12DW
Quantidade de módulos (unds.)	48
Quantidade de strings (unds.)	3
Módulos por String (unds.)	16
Potência P/ String Min. (W)	4 880
Potência P/ String Máx. (W)	4 960
Potência Total Média (W)	4 920
Potência Total Min. (W)	234 240
Potência Total Máx. (W)	238 080
Potência do Inversor (kW)	12 000

A Figura 3.16, evidencia o aspeto do (a) módulo fotovoltaico e a (b) relação que existe entre a corrente do circuito e a tensão do mesmo, respetivamente. As restantes características estão descritas nas tabelas acima tornando-se na melhor escolha pela produção de energia na fachada do edifício do INESC TEC.

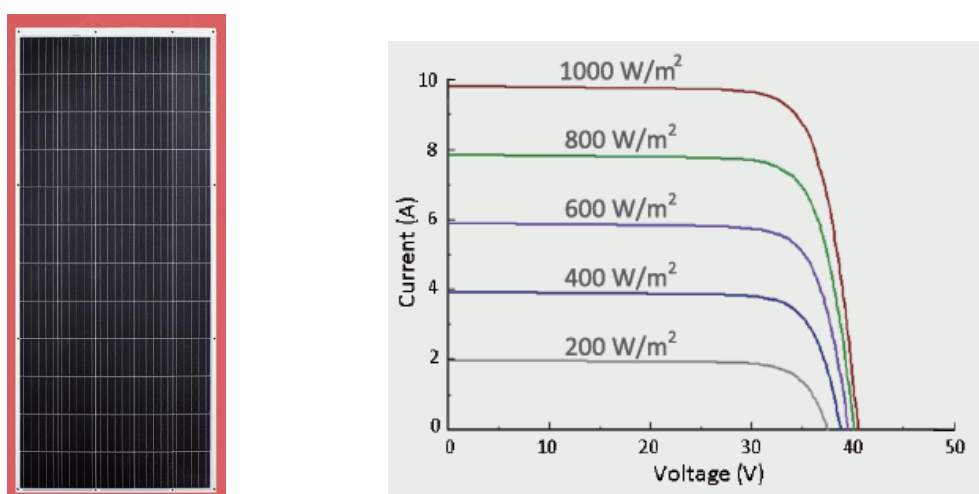


Figura 3.16: a) Painel SMF310-5X12DW e b) diagrama da relação da tensão e da corrente do painel.

Tal como na situação do CarPark, após a seleção do módulo fotovoltaico para a instalação na fachada, selecionou-se o inversor SUN2000-12/15/17/20/25KTL-M5 da marca Huawei. Neste caso, face à instalação e às suas particularidades, o inversor escolhido é o SUN2000-12KTL-M5-400V (Figura 3.17) com as características conforme é explícito na Tabela 3.19.

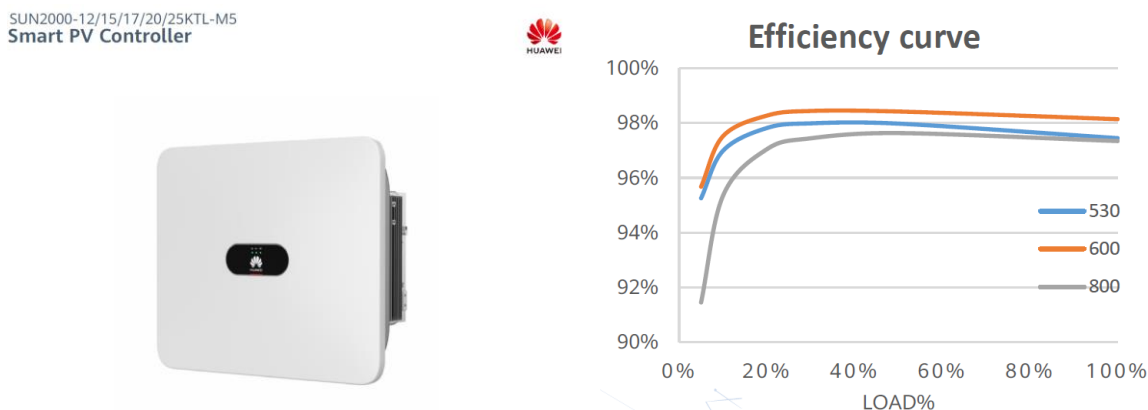


Figura 3.17: a) Inversor SUN2000-12KTL-M5-400V da Huawei do sistema da fachada e respetiva b) curva de eficiência.

Tabela 3.19: Datasheet do inversor SUN2000-12/15/17/20/25KTL-M5.

SUN2000-12/15/17/20/25KTL-M5	
Input	
Eficiência máxima (%)	98.4%
Eficiência europeia (%)	97.9%
Tensão máxima entrada (V)	1.100V
Corrente máxima por MPPT (A)	30A (duas strings) / 20A (uma string)
Corrente máxima de Curto Circuito por MPPT (A)	40A
Tensão inicial (V)	200V
Tensão de funcionamento por MPPT (V)	200V – 1000V

Tensão de entrada nominal	600V
Número de entradas	4
Número de MPPT trackers	2
Output	
Potência ativa AC nominal (W)	12,000 W
Potência aparente AC nominal (W)	100.000 VA
Potência aparente máxima AC nominal (W)	13,200 W
Tensão de saída nominal (V)	220 V
Frequência AC nominal (Hz)	50/60 Hz
Corrente máxima de saída (A)	18,2 A /
Distorção harmônica máxima (%)	≤3%

Após a informação relativa aos painéis solares fotovoltaicos a instalar e o inversor selecionado para o sistema da fachada, a Tabela 3.20 apresenta os valores das temperaturas e irradiância no ambiente previsto a inserir no sistema fotovoltaico da fachada, que é o mesmo do sistema de CarPark uma vez que estamos a falar da mesma instalação.

Tabela 3.20: Temperaturas ambiente e irradiância solar no contexto geográfico inserido.

Parâmetro	Abreviação	Valor	Unidade
Temperatura ambiente mínima absoluta em horário de funcionamento	Ta(abs-)	0	°C
Temperatura ambiente máxima projetada	Ta (abs+)	40	°C
Irradiância máxima projetada	E máx.	1 000	W/m ²

A Tabela 3.21 mostra os valores relacionados com os valores de potência, tensão, correntes e temperaturas suportadas pelos módulos selecionados.

Tabela 3.21: Parâmetros dos módulos fotovoltaicos da fachada.

Parâmetro	Abreviação	Valor	Unidade
Potência máxima	P _{máx.}	310	W
Tensão de funcionamento	V _{mpp}	33,3	V
Corrente de funcionamento	I _{mpp}	9,31	A
Tensão de curto-circuito	V _{oc}	40,5	V
Corrente de curto-circuito	I _{oc}	9,51	A
Eficiência modular	η_m	17,4	%
Temperatura normal da célula em funcionamento	NOCT	41	°C
Variação da temperatura normal da célula em funcionamento	NOCT +/-	2	°C
Coeficiente de potência máxima	γ, P_{max}	-0,38	%/°C
Coeficiente de tensão em circuito aberto	β, V_{oc}	-0,28	%/°C
Coeficiente de corrente curto-circuito	α, I_{sc}	0,02	%/°C

A Tabela 3.22 mostra os resultados das tensões de circuito aberto, a uma temperatura ambiente mínima de 0 °C, para várias quantidades de módulos em série.

Tabela 3.22: Resultados das tensões máximas admissíveis do sistema da fachada.

Módulos em Série (unds.)	Tensão máxima admissível a temperatura ambiente mínima (0°C)	Check
4	173,3	✘
5	216,7	✔
6	260,0	✔
7	303,3	✔

14	606,7	✓
16	693,4	✓
17	736,7	✓
18	780,0	✓
24	104,0	✓
26	1126,7	✗

A Tabela 3.23 mostra os resultados das tensões mínimas de arranque, a uma temperatura ambiente máxima de 40 °C e irradiação 1000 W/m², para várias quantidades de módulos em série.

Tabela 3.23: Resultados das tensões mínimas admissíveis do sistema fachada.

Módulos em Série (unds.)	Tensão mínima admissível a temperatura ambiente máxima (66°C)	Check
4	117,9	✗
5	147,4	✗
6	176,9	✗
7	206,3	✓
14	412,7	✓
16	471,6	✓
17	736,7	✓
18	530,6	✓
24	707,5	✓
26	766,4	✓

Por fim e considerando a tensão mínima e máxima admissível da instalação, que é de 200V e 1100V, conforme o sistema do CarPark, podemos concluir qual a quantidade de painéis podemos interligar em série por string, segundo a Tabela 3.24.

Tabela 3.24: Resultados dos módulos em série do sistema fachada.

Módulos em Série (unds.)	Tensão mínima admissível (0°C)	Tensão máxima admissível (66°C)	Check
4	✗	✗	✗
5	✓	✗	✗
6	✓	✗	✗
7	✓	✓	✓
14	✓	✓	✓
16	✓	✓	✓
17	✓	✓	✓
18	✓	✓	✓
24	✓	✓	✓
26	✗	✓	✗

3.4.3. PROJETO COBERTURA (OVERVIEW)

Para a cobertura, como a própria designação indica, apresentou-se uma proposta de acréscimo de módulos, já que o INESC TEC se encontra num local com poucos edifícios à sua volta e, deste modo, o aproveitamento do espaço da cobertura apresenta ser um local ideal para a instalação de um sistema fotovoltaico.

3.4.3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO LOCAL DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

No âmbito do espaço de cobertura do INESC TEC, é possível instalar uma certa quantidade de módulos fotovoltaicos, além dos já existentes, como se pode visualizar através

da Figura 3.18. O espaço assinalado é o disponível para a instalação de novos módulos fotovoltaicos. O processo desenrolou-se tendo como base os procedimentos adotados nos projetos do CarPark e da fachada.



Figura 3.18: Contextualização geográfica da instalação da cobertura.

Concluindo, foi possível escolher para os três trabalhos apresentados, três locais com muita incidência solar o que contribui para a elaboração de um projeto fotovoltaico com um rendimento elevado e uma capacidade de produção considerável face ao tipo de sistema a instalar. De salientar que, apesar de serem espaços adequados para este tipo de instalação, existem outros parâmetros que podem comprometer os valores de produção energética

previstos, tais como o tipo de equipamentos a utilizar e futuras construções nos locais selecionados.

Conforme é possível visualizar, tanto o sistema solar do CarPark como o sistema solar da cobertura, estão inseridos num espaço propício a uma absorção solar considerável e face aos módulos a instalar no local.

3.4.3.2. DESENHO TÉCNICO

Tal como nos desenhos técnicos anteriores, a Figura 3.19 representa de uma forma globalizada a disposição do projeto da cobertura no INESC TEC. No anexo C 3.1, é possível visualizar com melhor exatidão e detalhe a localização dos módulos fotovoltaicos na cobertura, a posição do inversor e o modo de ligação entre os equipamentos.

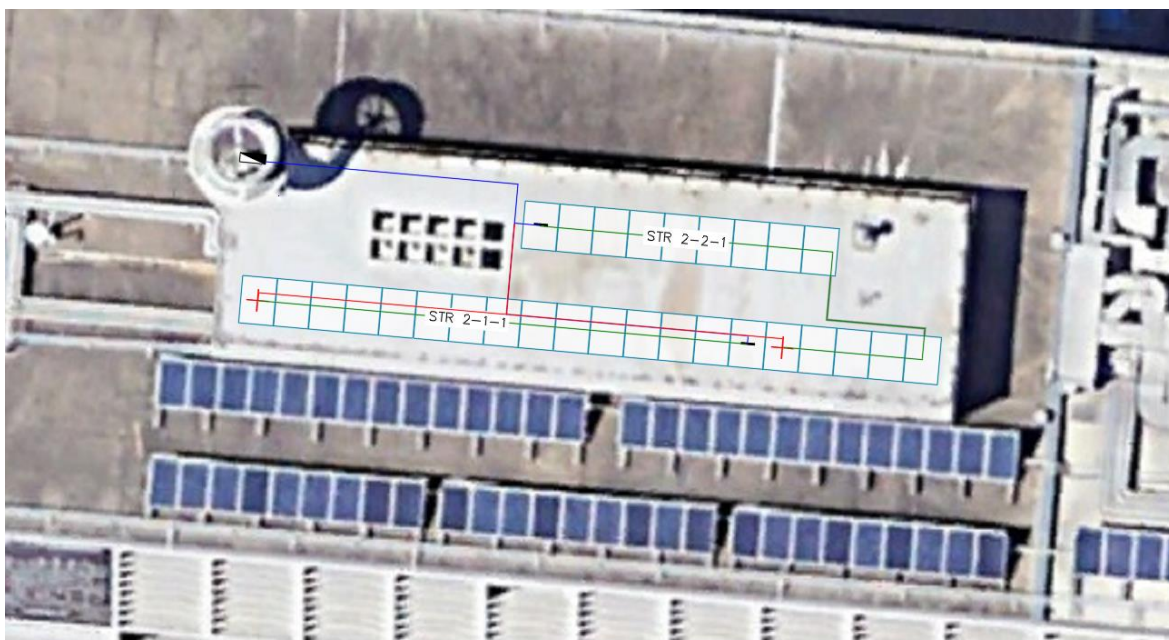


Figura 3.19: Desenho técnico do projeto fotovoltaico para a cobertura.

3.4.3.3. DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTO

Para o dimensionamento dos equipamentos necessários para este investimento, a Tabela 3.25 apresenta as características dos equipamentos selecionados, bem como as devidas quantidades. O módulo fotovoltaico selecionado para este projeto é da marca Risen, modelo RSM108-10-440-465NDG.

Assumindo o uso do mesmo tipo de inversor (utilizado no projeto da fachada), a sua eficiência já é sabida. Consoante o tipo de painel selecionado e acima referido, a Tabela 3.25

apresenta o datasheet do módulo solar fotovoltaico selecionado para o sistema fotovoltaico da cobertura.

Tabela 3.25: Datasheet dos painéis fotovoltaicos do sistema cobertura.

Painéis Fotovoltaicos Cobertura	
Marca	Risen
Modelo	RSM108-10-440-465NDG
Quantidade de módulos (unds.)	29
Quantidade de strings (unds.)	2
Módulos por String (unds.)	15
Potência P/ String Min. (W)	6 600
Potência P/ String Máx. (W)	6 975
Potência Total Média (W)	6 787,5
Potência Total Min. (W)	198 000
Potência Total Máx. (W)	209 250
Potência do Inversor (kW)	12 000

A Figura 3.20. representa o módulo fotovoltaico da marca Risen e modelo RSM108-10-440-465NDG.



Figura 3.20: Paineil fotovoltaico RSM108-10-440-465NDG.

Relativamente ao inversor, escolheu-se o equipamento da marca Huawei, modelo SUN2000-12KTL-M5-400V igual ao inversor escolhido para o projeto da fachada (ver Figura 3.17) uma vez que são dois projetos com potência idênticas e de menor escala que o do CarPark.

Após a informação relativa aos painéis solares fotovoltaicos e ao inversor selecionado para o sistema da cobertura, e face aos valores das temperaturas e irradiância no ambiente previsto inserir o sistema fotovoltaico, que é o mesmo do sistema de CarPark e da fachada, determinou-se através da Tabela 3.26 os parâmetros de potência, tensão, correntes e temperaturas suportadas pelos módulos selecionados para o sistema da cobertura.

Tabela 3.26: Parâmetros dos módulos fotovoltaicos da cobertura.

Parâmetro	Abreviação	Valor	Unidade
Potência máxima	P _{máx.}	465	W
Tensão de funcionamento	V _{mpp}	33,04	V
Corrente de funcionamento	I _{mpp}	14,86	A
Tensão de curto-circuito	V _{oc}	39,68	V
Corrente de curto-circuito	I _{oc}	14,86	A
Eficiência modular	η_m	22,8	%
Temperatura normal da célula em funcionamento	NOCT	44	°C
Variação da temperatura normal da célula em funcionamento	NOCT +/-	2	°C
Coefficiente de potência máxima	γ, P_{max}	-0,29	%/°C
Coefficiente de tensão em circuito aberto	β, V_{oc}	-0,25	%/°C
Coefficiente de corrente curto-circuito	α, I_{sc}	0,046	%/°C

A Tabela 3.27 relata os resultados das tensões de circuito aberto, a uma temperatura ambiente mínima de 0 °C, para várias quantidades de módulos em série, no sistema retratado.

Tabela 3.27: Resultados das tensões máximas admissíveis do sistema da cobertura.

Módulos em Série (unds.)	Tensão máxima admissível a temperatura ambiente mínima (0°C)	Check
4	168,6	✗
6	253,0	✓
7	295,1	✓
14	590,2	✓
15	632,4	✓
17	716,7	✓
18	758,9	✓
19	801,0	✓
20	843,2	✓
27	1138,3	✗

A Tabela 3.28 aborda as tensões mínimas arranque, a uma temperatura ambiente máxima de 40 °C e irradiação 1000 W/m², para várias quantidades de módulos em série.

Tabela 3.28: Resultados das tensões mínimas admissíveis do sistema cobertura.

Módulos em Série (unds.)	Tensão mínima admissível a temperatura ambiente máxima (70°C)	Check
4	117,3	✗
6	175,9	✗
7	205,3	✓
14	410,5	✓
15	439,5	✓
17	498,5	✓
18	527,8	✓

19	557,1	✓
20	586,5	✓
27	791,7	✓

Finalmente para uma tensão mínima e máxima admissível da instalação, que é de 200V e 1100V, respetivamente, podemos concluir qual a quantidade de painéis podemos interligar em série por string, segundo a Tabela 3.29.

Tabela 3.29: Resultados dos módulos em série do sistema cobertura.

Módulos em Série (unds.)	Tensão mínima admissível (0°C)	Tensão máxima admissível (70°C)	Check
4	✗	✗	✗
6	✓	✗	✗
7	✓	✓	✓
14	✓	✓	✓
15	✓	✓	✓
17	✓	✓	✓
18	✓	✓	✓
19	✓	✓	✓
20	✓	✓	✓
27	✗	✓	✗

3.4.4. ANÁLISE ECONÓMICA DOS PROJETOS

Este capítulo aborda os requisitos necessários para determinar se estes projetos de instalação fotovoltaica (CarPark, fachada e cobertura) são economicamente viáveis para o consumidor ou não, tendo em contas as previsões das despesas e receitas a considerar ao longo do processo.

Para isso, é necessário calcular certos parâmetros que descrevem a viabilidade deste processo ou não. Estes parâmetros englobam o *Levelized Cost of Energy* (LCOE), ou seja, o custo nivelado de energia da instalação, o *Payback*, termo mais conhecido como o tempo de retorno do investimento, o TIR ou por outras palavras, a taxa interna de retorno e o VAL, o valor atual líquido.

Mas antes de ter discriminado o procedimento para a obtenção dos requisitos acima referidos, foi necessário obter as previsões relativas aos valores de produção do sistema fotovoltaico dimensionado no parque de estacionamento. A partir dos consumos que o INESC TEC comporta e, através dos consumos que o INESC TEC irá comportar após a instalação do sistema descrito, é possível aferir que se trata de um projeto economicamente viável.

O software *PVsyst* é um programa que auxilia o dimensionamento e o desenvolvimento de projetos fotovoltaicos tanto para uso doméstico como não doméstico. É uma ferramenta que ajuda a estudar durante o trabalho previsto, o cálculo do sombreamento e desgaste físico dos módulos, quer na estimação da produção de energia do sistema tendo em consideração a quebra da eficiência energética dos módulos ao longo dos anos.

Nos anexos D (D 1, D 2 e D 3), é possível observar todo o processo dos três sistemas fotovoltaicos do INESC TEC (CarPark, Cobertura e Fachada) e os valores relativos à produção energética, sombreamento, condição física dos equipamentos, contextualização geográfica do sistema, entre outras informações que servem para a viabilidade do projeto através da determinação dos seguintes parâmetros.

Inicialmente verificou-se o tipo de perfil que o INESC TEC possui relativamente ao seu consumo energético. Quanto é que consumia nas diferentes alturas do ano, como no verão, primavera ou outono e inverno. Para além disso, que impacto possuía nos valores de energia durante as alturas de maior ocupação do que em relação às de menor.

Dito isto e através de valores registados e disponibilizados de monitorização energética, extrapola-se o perfil de consumo da instalação, em kWh, durante um ano tendo sido obtido os seguintes valores descritos na Tabela 3.30.

Tabela 3.30: Consumo anual do INESCTEC em kWh.

Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho
88 958,75	85 400,40	81 842,05	78 283,70	74 725,35	73 302,01
Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
72 590,34	71 167,00	85 400,40	84 332,90	83 977,06	83 265,39

A partir dos valores disponibilizados, conclui-se que a instalação apresenta valores mais elevados na altura do inverno do que no verão, uma vez que retrata uma altura com maiores necessidades energética incidente no sistema de ventilação e climatização da instalação. De realçar que no inverno há uma maior ocupação dentro do edifício do que no verão, pois no verão é uma altura em que muitos colaboradores decidem ir de férias.

Após serem conhecidos os valores de consumo anual, e segundo os documentos do PVsyst, retirou-se a projeção dos valores de produção em kWh dos sistemas fotovoltaicos, tendo sido obtidos segundo a Tabela 3.31 para o CarPark, a Tabela 3.32 para a cobertura e a Tabela 3.33 para a fachada.

Tabela 3.31: Produção mensal em kWh do sistema CarPark.

Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho
7 325,00	9 837,00	13 848,00	17 069,00	20 302,00	20 964,00
Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
21 706,00	20 161,00	16 575,00	10 846,00	7 820,00	6 061,00

Tabela 3.32: Produção mensal em kWh do sistema cobertura.

Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho
1 059,00	1 404,00	1 861,00	2 134,00	2 414,00	2 433,00

Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2 551,00	2 476,00	2 168,00	1 509,00	1 127,00	879,00

Tabela 3.33: Produção mensal em kWh do sistema fachada.

Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
1 243,00	1 360,00	1 395,00	1 186,00	1 010,00	860,00
Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
946,00	1 211,00	1 424,00	1 226,00	1 089,00	14 242,00

Através das tabelas acima, a Tabela 3.34 apresenta os valores totais de produção dos três sistemas em kWh, mensalmente durante o ano.

Tabela 3.34: Produção total mensal dos sistemas fotovoltaicos na instalação em kWh.

Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
9 627,0	12 601,0	17 104,0	20 389,0	23 726,0	24 257,0
Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
25 203,0	23 848,0	20 167,0	13 648,0	10 173,0	8 029,0

Segundo os valores de produção mensal dos sistemas, efetuou-se a determinação de receitas e, portanto, a poupança que representa a instalação dos sistemas no contexto inserido. A Tabela 3.35, aborda os valores de poupança na fatura energética e na produção de energia média no INESC TEC.

Tabela 3.35: Poupança e produção energética dos sistemas fotovoltaicos.

Poupança fatura energética (€/Ano)	Produção energia média (MWh/Ano)
34 866,27	197,56

Através dos valores de consumo da instalação, dos valores de produção de energia dos sistemas e do investimento inicial, é possível determinar e analisar através de uma perspetiva financeira, a viabilidade dos três projetos. Conforme mencionado anteriormente, os parâmetros que permitem determinar se a execução dos três sistemas fotovoltaicos é viável ou não, são referidos na Tabela 3.36.

Tabela 3.36: Viabilidade de execução dos projetos fotovoltaicos.

Investimento (€)	Poupança mensal média (€)	Poupança em consumo (%)	LCOE (€/kWh)	TIR Projeto (%)	Payback (anos)
- 221 182 €	2 193,00	1,79	0,0624	8,46	10,61

A Figura 3.21 apresenta os valores de produção total mensal dos três projetos e os valores de consumo da instalação do INESC TEC.

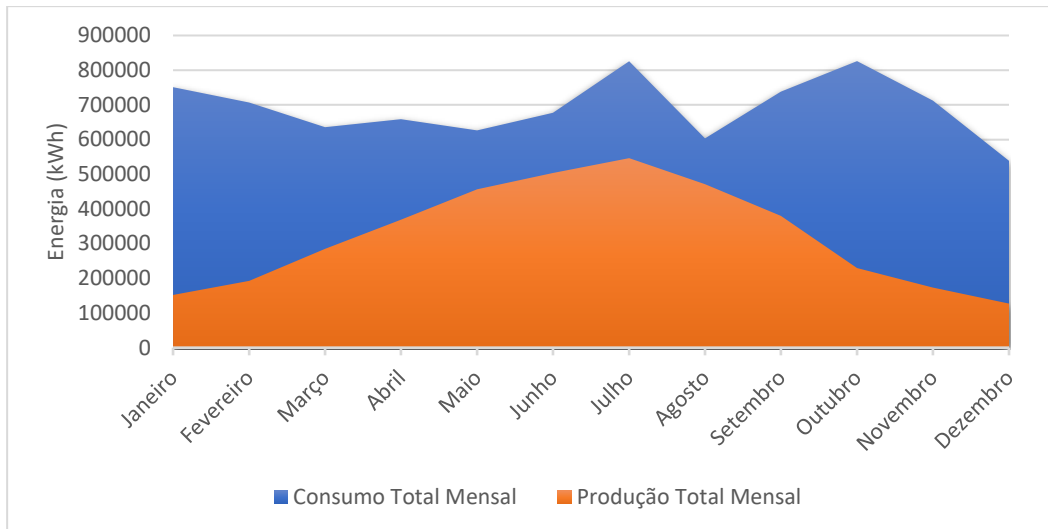


Figura 3.21: Perfil de consumo do INESC TEC e produção energética dos sistemas.

Com a imagem acima, verifica-se o consumo total mensal de energia ao longo do ano bem como a produção total mensal dos três sistemas fotovoltaicos (CarPark, cobertura e fachada). Apesar de existir uma grande contribuição energética dos módulos fotovoltaicos, ainda grande parte do consumo continua a existir na instalação. Isto permite que o custo do consumo energético da instalação não seja tão elevado e que possibilita o autoconsumo e uma poupança na obtenção de energia considerável. Por fim, a Figura 3.22 demonstra o Payback dos três projetos, que segundo a Tabela 3.36 corresponde a 10,61 anos, ou seja, a partir do 11º ano existe um retorno total do investimento que se expressa no valor de 221 182€.

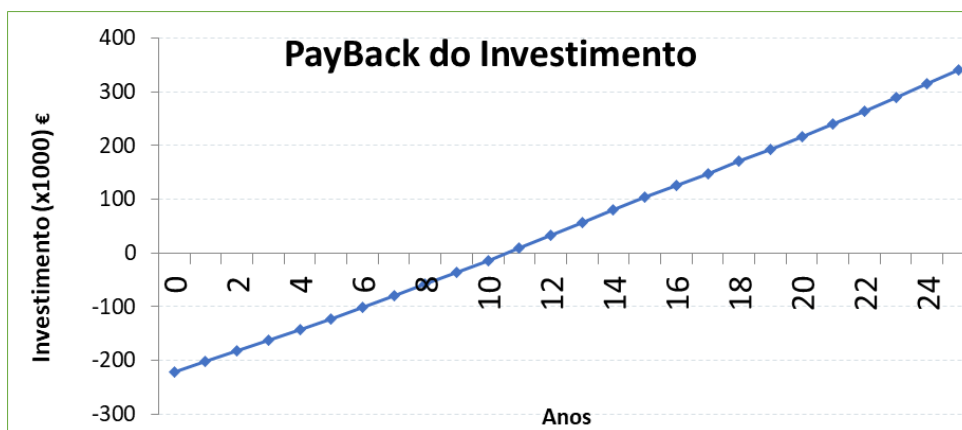


Figura 3.22: Payback do investimento total dos sistemas fotovoltaicos.

Constata-se que no seguinte link [3. Projeto Fotovoltaico](#), estão inseridos todos os dados referentes aos três projetos fotovoltaicos distintos, desde o seu desenho técnico até ao seu dimensionamento. Para além disso engloba a devida análise económica e a apresentação dos resultados que tronam o projeto viável.

4. CONCLUSÕES

4.1. CONCLUSÕES FINAIS

Com base nas preocupações atuais que a sociedade mundial, nomeadamente a União Europeia, apresenta na matéria da energia e da sustentabilidade propôs-se um desenvolvimento dos trabalhos ao nível dos sistemas de energia no INESCTEC. Apesar do presente documento abordar trabalhos de temática distinta, todos eles incidem num progresso das instalações no âmbito da sustentabilidade de eficiência energética.

Através dos objetivos delineados inicialmente, podemos aferir que a instalação do INESCTEC se encontra sujeita a uma evolução no seu perfil energético. Ao nível da distribuição energética, baseada numa melhor estruturação e organização dos circuitos elétricos que decompõem as instalações (edifício A e B), quer sejam vocacionadas para os sistemas de iluminação ou força motriz. Com a atualização dos esquemas unifilares dos dois edifícios, ambos se encontram deste modo mais bem estruturados e permitem um melhor enquadramento da instalação para o registo de sistemas energéticos existentes e que poderão a existir futuramente.

Na vertente do sistema de iluminação, aplicado tantos nos Openspaces (A1, B1 e B2) como nos gabinetes individuais (A13, B1.12 e B2.9) com a incorporação de uma solução de

iluminação mais rentável e eficiente, entrando em concordância com os regulamentos estipulados pela respetiva legislação. O estudo luminotécnico permitiu introduzir uma alternativa ao sistema de iluminação existente. Esta nova projeção da iluminação contribui significativamente para a extinção do desperdício energético que a instalação comporta e numa análise detalhada permite um rendimento da instalação elevado. Este estudo incide na eficiência da iluminação do espaço a considerar no entanto, nunca exclui os requisitos de iluminação regulamentos face ao tipo de atividade praticada nas diversas partes da instalação. Com as medições dos parâmetros executadas pelo equipamento de medição adequado, observou-se que os valores estabelecidos não eram cumpridos e que a iluminação existente no local não se encontra corretamente dimensionada, tanto no escritório B2.9, como nos escritórios A13 e B1.12 e nos Openspaces A1, B1 e B2.

No âmbito do seu perfil de consumo energético, com projetos de aplicação de infraestruturas que promovem o sistema de autoconsumo. Segundo a decomposição de três projetos fotovoltaicos distintos, que englobem a instalação de painéis fotovoltaicos de formas diferentes, é notório o contributo considerável ao nível da produção e poupança energética. Atendendo às necessidades da instalação e à demanda da energia, os trabalhos descritos no CarPark, cobertura e fachada promovem a redução de energia fornecida pela rede, tornando a edificação mais sustentável e funcional. Na execução dos projetos fotovoltaicos, foi necessário conhecer os valores de consumo energético do INESC TEC e de que modo poderia existir uma implementação das energias renováveis, neste caso de sistemas fotovoltaicos, nas instalações. Os casos de estudo selecionados, CarPark, Cobertura e Fachada, são escolhidos pelo contexto inserido, como sendo zonas de grande disposição solar e propícios à instalação de um sistema energético desta tipologia.

Cada um é apresentado com dimensionamento adequado face ao equipamento modular fotovoltaico apropriado para as necessidades pretendidas. Com a instalação destas três propostas, o INESC TEC não só se apresenta como uma instalação energeticamente mais estável como apresenta um registo energético ecológico e ambiental. A análise económica dos projetos permite aferir que o investimento inicial para a execução dos trabalhos, possui um retorno de capital relativamente curto e que, deste modo se trata de instalações viáveis aos olhos do consumidor a longo prazo. Os parâmetros do LCOE, da TIR e do Payback fundamentam essa previsão com evidências favoráveis para a passagem do papel para à

prática o terreno e à execução dos sistemas que contribuem para um INESCETEC mais verde sustentável

Dito isto, o principal objetivo da execução dos trabalhos incide reestruturação do perfil energético da instalação do INESCETEC, que contribui para a satisfação das suas necessidades energéticas por meio de mecanismos energeticamente viáveis que vão de encontro à transição energética e às metas estabelecidas até o ano de 2050.

4.2. CONTRIBUTOS

Fazendo uma análise ao trabalho proposto e desenvolvido, considero que houve a possibilidade de contribuir e desenvolver as minhas capacidades em várias temáticas, todas elas diferentes mas que em conjunto permitem um avanço profissional como engenheiro acentuado.

Durante o desenvolvimento dos trabalhos tive a oportunidade de executar inúmeras tarefas inicialmente com uma pesquisa detalhada e aprofundada relativamente ao contexto atual europeu nos sistemas de energia, as maiores preocupações que o mundo enfrenta causadas pelas ações humanitárias e como o desenvolvimento deste setor ajuda na sustentabilidade do nosso planeta. O avanço e o progresso das energias renováveis, as legislações que abordam o incentivo das energias renováveis e o seu papel fundamental como resposta à descarbonização mundial. Para além disso estudou-se a importância que um sistema de iluminação devidamente dimensionado numa instalação comporta para o trabalhador e como pode influenciar as atividades que se desenrolam no espaço considerado e, por fim, uma análise dos passos essenciais para a execução de um projeto fotovoltaico que contribui para o autoconsumo e a sustentabilidade de uma instalação.

Para além das pesquisas e conhecimento teórico dos temas a abordar, foi necessário durante as várias fases dos trabalhos ir ao local analisar o ponto de situação. Para a atualização dos esquemas unifilares, houve a preocupação de intervir em todos os quadros dos dois edifícios, visualizando o estado existente dos quadros elétricos e como estes se encontram estruturados na instalação para posterior esquematização no AutoCAD. Para os sistemas de iluminação, houve a necessidade de intervir no local e não só dimensionar através de medições o espaço considerado (gabinetes e openspaces) como também de medir

a intensidade luminosa do espaço à noite, de modo a verificar se existia conformidades ou não relativamente aos requisitos de iluminação. Para a parte final dos trabalhos, necessitou-se de visitar os vários locais selecionados para a instalação dos sistemas fotovoltaicos ou seja, parque de estacionamento, cobertura e fachada. Através das idas ao terreno, permitiu-se estabelecer um dimensionamento adequado dos parâmetros importantes a determinar, tais como a quantidade possível de painéis a instalar face ao local em questão, a possibilidade de intervir no local sem causar qualquer tipo de constrangimento na instalação, o modo de instalação dos módulos apropriado face às características do local, entre outras razões.

Após as visitas e a interpretação dos circuitos elétricos de cada quadro elétrico, desenhou-se no AutoCAD os esquemas unifilares representando cada circuito e atualizando os esquemas unifilares dos quadros elétricos que não se encontravam conforme o ponto de situação atual.

Nas visitas aos gabinetes e openspaces, analisou-se o tipo de luminária presente em cada caso de estudo, bem como a execução nos vários pontos de trabalho dos valores de intensidade luminosa segundo o luxímetro acima descrito. Após saber os valores, verificou-se caso o espaço se encontrava corretamente dimensionado e apresentou-se, posteriormente, uma alternativa, cumprindo em todos os espaços os critérios de iluminação. Estas alternativas contemplam uma simulação no software do DIALux Evo, que após a inserção do tipo de luminárias propostas e da sua disposição, permitem obter os resultados pretendidos.

Para o desenvolvimento dos projetos fotovoltaicos, depois das intervenções nos locais identificados, procedeu-se à implementação de uma metodologia para dar o devido acompanhamento às instalações propostas. Seguido da escolha dos terrenos, executou-se os respetivos desenhos técnicos, tendo em consideração os equipamentos escolhidos para os respetivos projetos, no software do AutoCAD, em que se insere as disposições dos módulos fotovoltaicos e como os mesmo se interligam entre si, bem como a identificação do inversor no espaço a considerar. Com a execução dos desenhos, existiu a importância de interligar a informação descrita nos datasheet dos equipamentos com o contexto inserido, sabendo a quantidade de módulos necessária e como estariam dispostos no local de modo a existir um maior aproveitamento do espaço.

De seguida, tive a possibilidade de aprofundar os meus conhecimentos num software de implementação e estudo fotovoltaico como o PVsyst. Com os equipamentos referenciados e o local selecionado, executei uma simulação atendendo às características locais, como a irradiância espectral e o rendimento dos módulos para determinar os valores de produção energética dos sistemas. Sabidos os valores de produção estimados, executou-se uma análise económica relativa à execução dos projetos com o intuito de conhecer a viabilidade dos trabalhos para o consumidor.

Para isso, solicitou-se o registo dos consumos do INESC TEC de modo a poder prever numa estimativa grossista, devido à falta de informação disponível, os parâmetros a determinar para a análise financeira. Com os valores de produção retirados do PVsyst e os valores do consumo retirados dos dispositivos de medição das instalações, calculou-se num ficheiro Excel, os parâmetros principais e preponderantes para a determinação da viabilidade dos projetos. Tais como o LCOE, a TIR e o Payback, aliado com uma determinação da poupança económica que os sistemas permitem à instituição.

Deste modo, os contributos que tive a oportunidade de aplicar nos trabalhos propostos, permitiram-me dominar os conceitos fundamentais em temáticas distintas aproximando-me do mundo de trabalho ligado aos sistemas elétricos de energia que uma instalação contempla, quer seja ao nível da distribuição energética, quer seja ao nível do sistema de iluminação da instalação ou até mesmo dos sistemas de autoprodução energética.

Referências Bibliográficas

- [1] E. Holden, K. Linnerud, and B. J. Rygg, “A review of dominant sustainable energy narratives,” Jul. 01, 2021, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.rser.2021.110955.
- [2] Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), “Edifícios,” <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/edificios/>.
- [3] S. das Publicações da União Europeia L- and L. Luxemburgo, “Diretiva (UE) 2024/1275 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de abril de 2024, relativa ao desempenho energético dos edifícios, (reformulação), (Texto relevante para efeitos do EEE),” 2024. [Online]. Available: <http://data.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj>
- [4] INESCTEC, “INESCTEC,” <https://www.inesctec.pt/pt/>.
- [5] INESCTEC, “Investigação,” <https://www.inesctec.pt/pt/clusters#>.
- [6] INESCTEC, “Inovação,” <https://www.inesctec.pt/pt/inovacao>.
- [7] A. V. S. Melo, “RETROFIT DE EDIFÍCIOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA 1,” Foz do Iguaçu, 2018.
- [8] M. G. Izabel G and E. L. Qualharini, “RETROFIT DE CONSTRUÇÕES: METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO,” São Paulo, Jul. 2004.
- [9] E. P. N. Croitor, “A GESTÃO DE PROJETOS APLICADA À REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS: ESTUDO DA INTERFACE ENTRE PROJETO E OBRA,” 2008.
- [10] A. Cutieru and R. Baratto, “Projetos de reabilitação de edifícios habitacionais do pós-guerra,” <https://www.archdaily.com.br/br/936290/ressignificando-o-passado-7-projetos-de-reabilitacao-de-edificios-habitacionais-do-pos-guerra>.
- [11] Instituto Bramante de Educação, “Antes e Depois – prédio comercial em ruínas passa por uma reforma deslumbrante,” <https://www.institutobramante.com.br/antes-e-depois-predio-comercial-em-ruinas-passa-por-uma-reforma-deslumbrante/>.
- [12] M. G. Izabel G, “RETROFIT DE CONSTRUÇÕES: METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO,” São Paulo, Jul. 2004.

- [13] P. Cox and F. Boel, “DIRECTIVA 2002/91/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 16 de Dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios O PARLAMENTO EUROPEU E O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA,” Bruxelas, Dec. 2002.
- [14] R. Metsola and C. Michel, “Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios,” Estrasburgo, May 2010.
- [15] E. Por, P. Campos Fadul de Freitas REVISÃO, V. de Paula Silva, and G. Brito de Lima Mauro Guimarães, “UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA LUMINOTÉCNICA E LÂMPADAS ELÉTRICAS.”
- [16] Jessica Coelho, “O que é Projeto Luminotécnico?,” Projeto Luminotécnico: Como fazer? Accessed: Jan. 14, 2023. [Online]. Available: <https://www.projetoou.com.br/posts/projeto-luminotecnico/>
- [17] Jorge, “Iluminação no local de trabalho,” SEGELTEC. Accessed: Jan. 14, 2023. [Online]. Available: <https://www.segeltec.pt/l/iluminacao-no-local-de-trabalho/>
- [18] PlugSolar energia, “ 6 etapas para a concepção de um projeto luminotécnico,” <https://www.plugsolar.com.br/single-post/2016-1-11-6-etapas-para-a-concep%C3%A7%C3%A3o-de-um-projeto-luminot%C3%A9cnico>. Accessed: Jan. 14, 2023. [Online]. Available: <https://www.plugsolar.com.br/single-post/2016-1-11-6-etapas-para-a-concep%C3%A7%C3%A3o-de-um-projeto-luminot%C3%A9cnico>
- [19] SISLITE - INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS, “O QUE É A DOMÓTICA?,” <http://www.sislite.pt/domus.htm>.
- [20] EscapadaRuralMag, “Domotizar a sua casa: uma forma de poupança,” <http://www.escapadarural.pt/blog/domotizar-a-sua-casa-uma-forma-de-poupanca/>.
- [21] J. Beleza, A. Gomes, R. Brandão, and S. Ramos, “Revista Técnico-Científica No6,” *Neutro à Terra*, Porto, Dec. 2010. Accessed: Jan. 26, 2023. [Online]. Available: <http://www.neutroaterra.blogspot.com>
- [22] A. Da, C. Tavares, D. Rui, M. Gonçalves, and C. Rodrigues, “GESTÃO DE EDIFÍCIOS-ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES CIVIS,” Porto, Feb. 2009. [Online]. Available: <http://www.fe.up.pt>
- [23] M. Ferreira and E. Lopes, “Sistemas Domóticos,” pp. 1–2, 2009, Accessed: Jan. 27, 2023. [Online]. Available: <https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/3532/3/77-86.pdf>
- [24] J. Ribeira, “Edifícios Inteligentes Domótica e Arquitetura Bioclimática,” Oct. 2004.
- [25] D. Fernandes, “Domótica no mercado residencial de Portugal: Um estudo de mercado,” Porto, Nov. 2020. Accessed: Jan. 27, 2023. [Online]. Available: <https://www.proquest.com/openview/026f15ece1e2052498e0484d342f2ac9/1?cbl=2026366&diss=y>

&pq-

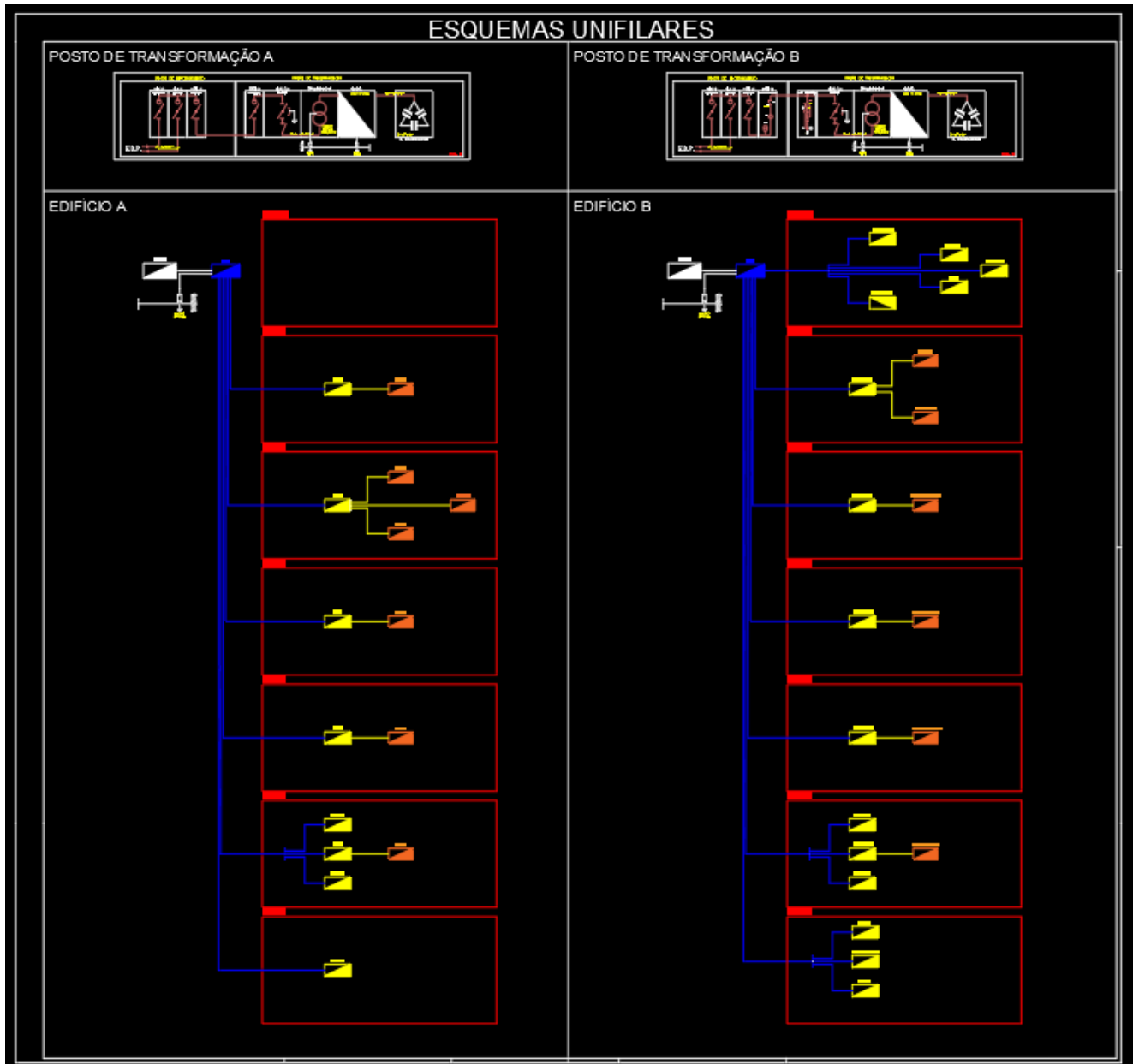
origsite=gscholar&parentSessionId=KmECozlhh4zKS3HhPyPgIvQym9h22z7bGon3sUelv%2Bk%3D

- [26] R. Metsola and J. Albares, “DIRETIVA (UE) 2023_2413,” *Jornal Oficial da União Europeia*, vol. 1, pp. 1–77, Oct. 2023.
- [27] Direcção-Geral da Energia, “Metas de energia renovável,” https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-targets_en?prefLang=pt#the-2020-targets.
- [28] P. Repowereu, “COMUNICAÇÃO DA COMISSÃO AO PARLAMENTO EUROPEU, AO CONSELHO EUROPEU, AO CONSELHO, AO COMITÉ ECONÓMICO E SOCIAL EUROPEU E AO COMITÉ DAS REGIÕES,” Bruxelas, May 2022.
- [29] J. Bonadio and S. Europe, *Solar Cities*. 2023.
- [30] International Renewable Energy Agency (IRENA), “Regional Trends,” <https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Capacity-and-Generation/Regional-Trends>.
- [31] International Renewable Energy Agency, “WETO Energy Supply,” <https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Energy-Transition/WETO-Energy-Supply>.
- [32] SolarPower Europe, “Solar PV Capacity a growth story,” <https://www.solarpowereurope.org/insights/interactive-data/total-eu-27-solar-pv-capacity-a-growth-story>.
- [33] SINERSOL, “Auto-Consumo Instantâneo,” <https://www.sinersol.pt/Servicos/auto-consumo-instantaneo>.
- [34] S. Power, “Descubra as principais etapas de um projeto de energia solar!,” <https://blog.solarpowerenergy.com.br/projeto-energia-solar/>.
- [35] W. Freire, “Projeto fotovoltaico: o que é, como funciona e vantagens,” <https://canalsolar.com.br/projeto-fotovoltaico/>.
- [36] Iberdrola, “Células fotovoltaicas: conheça sua evolução, seus diferentes tipos e as últimas inovações,” <https://www.iberdrola.com/inovacao/celulas-fotovoltaicas-fotoeletricas>.
- [37] Iberdrola, “Dentro de uma célula fotovoltaica,” https://www.iberdrola.com/documents/20125/42463/Infographic_Inside_Photovoltaic_Cell.pdf/009392c8-8504-3934-f752-886c13502387?t=1631682870202.

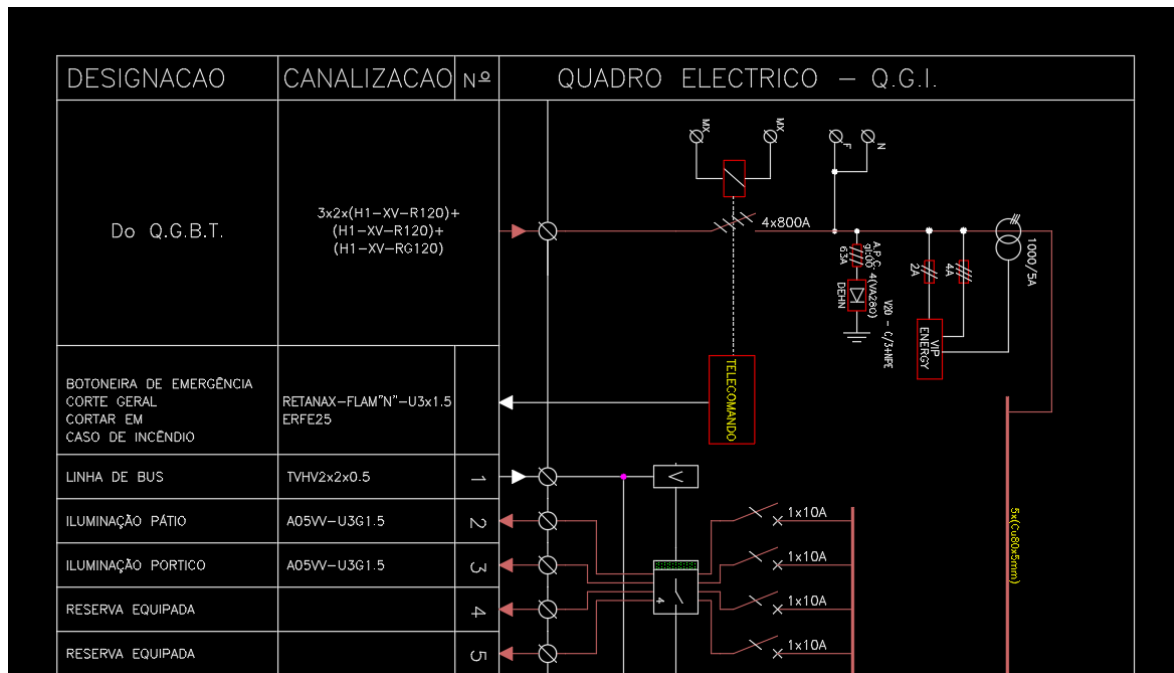
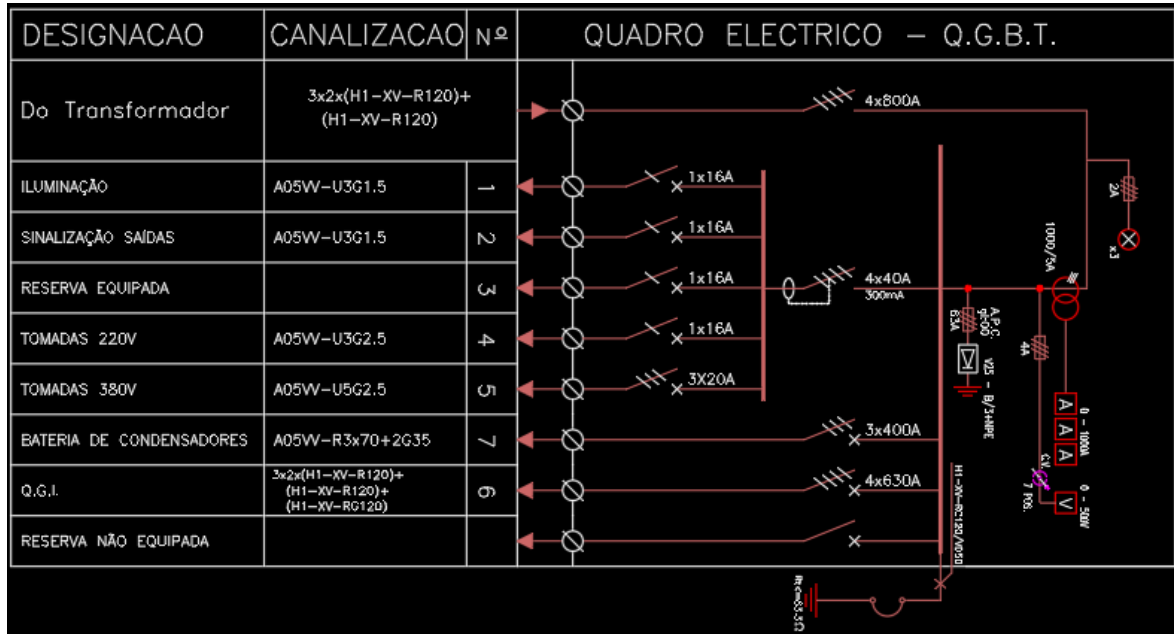
- [38] J. Svarc, “Solar Panel Construction,” <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/solar-panel-components-construction>.
- [39] Florida’s Premier Energy Research Center at the University of Central Florida, “How a PV System Works,” <https://energyresearch.ucf.edu/consumer/solar-technologies/solar-electricity-basics/how-a-pv-system-works/>.
- [40] HCC Energia Solar, “Afim, o que é um inversor solar? Entenda!,” <https://hccenergiasolar.com.br/afim-o-que-e-um-inversor-solar-entenda/>.
- [41] F. Pereira, “Como dimensionar cablagens em instalações fotovoltaicas,” <https://www.prysmianclub.pt/como-dimensionar-cablagens-em-instalacoes-fotovoltaicas/>.
- [42] INESC TEC, “INESC TEC,” <https://www.inesctec.pt/en>.
- [43] INESC TEC, “INESC TEC é a instituição portuguesa com mais pedidos de patentes na Europa,” <https://www.inesctec.pt/pt/noticias/inesc-tec-e-a-instituicao-portuguesa-com-mais-pedidos-de-patentes-na-europa#intro>.
- [44] INESC TEC, “INESC TEC no Campus da FEUP,” <https://www.inesctec.pt/pt/contactos#get-directions>.
- [45] A. Teixeira, L. Rodrigues, M. Silva, A. Martins, J. Madureira, and S. Martins, “Auditoria Energética ao Edifício sede INESC Porto BES081222LC,” Porto, Sep. 2010. [Online]. Available: www.inegi.up.pt
- [46] B. Fonseca, “Atualização Edifícios,” https://1drv.ms/f/c/e74949a87f6e414b/EINqV7x43oNMrORt5mRg2qMBHyE6L1cAMUaQceQDkZ6Y_g?e=HFAe4q.
- [47] British Standards Institution, *Light and lighting. Lighting of work places. Part 1 Indoor work places.*, BS EN 12464-1:2021., vol. 1. London: BSI Standards Publication, 2021.
- [48] B. Fonseca, “Projeto Fotovoltaico,” <https://1drv.ms/f/c/e74949a87f6e414b/EjnIaAR8SadMibV4EwUXGrkBJ5vdSuYwfzJW0gP6PU6SrfA?e=fkN2Yy>.

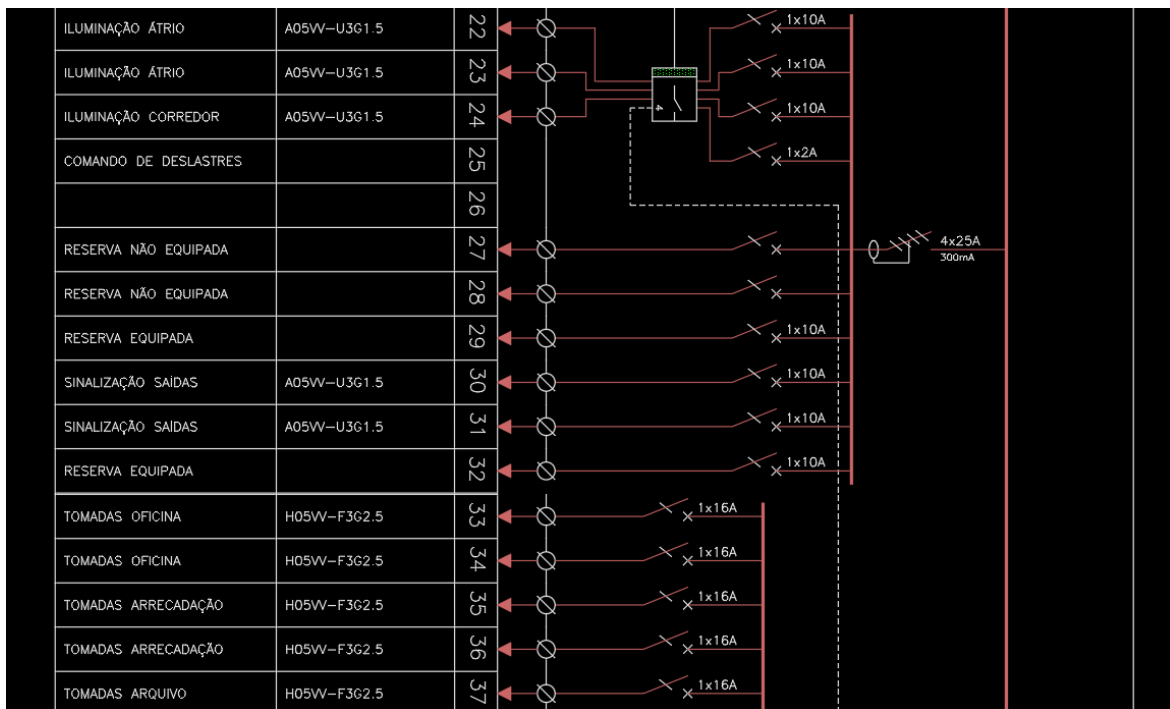
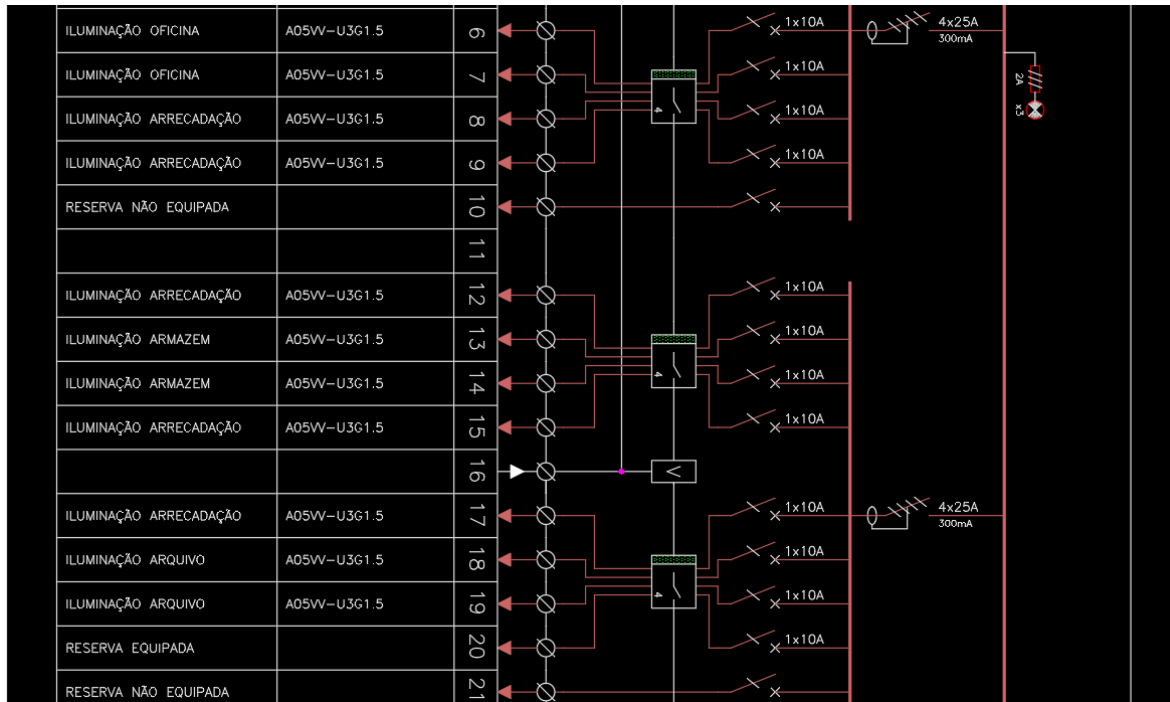
Anexos

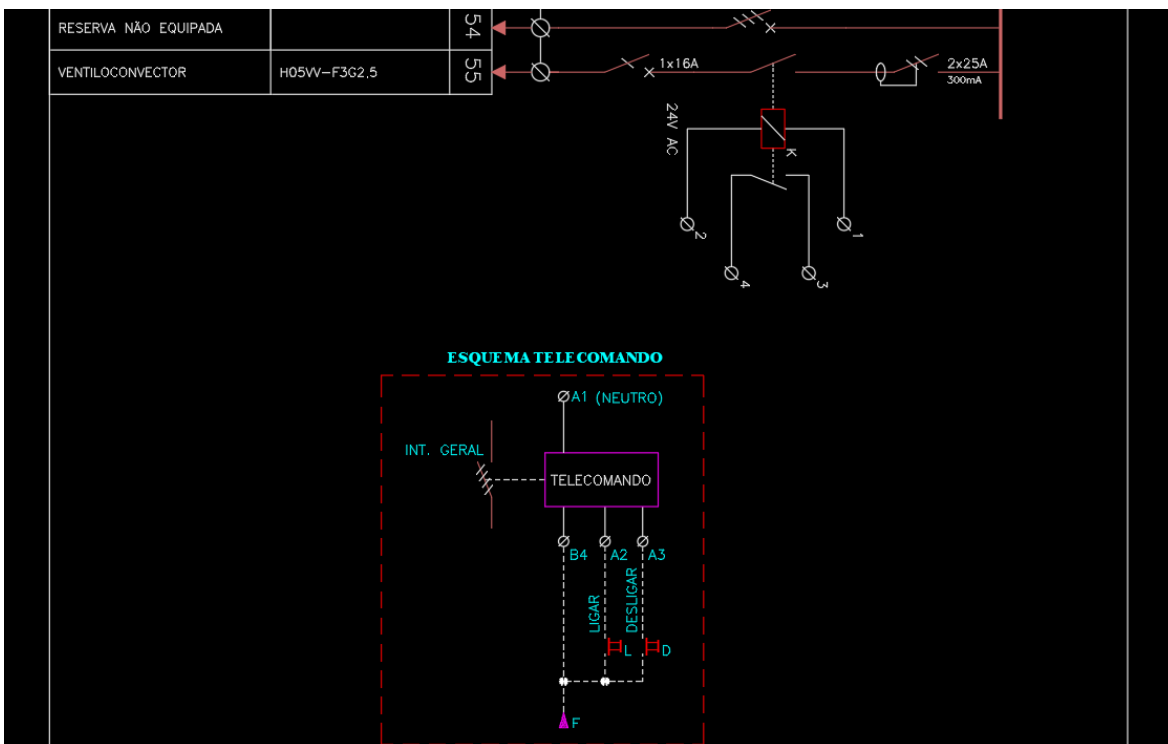
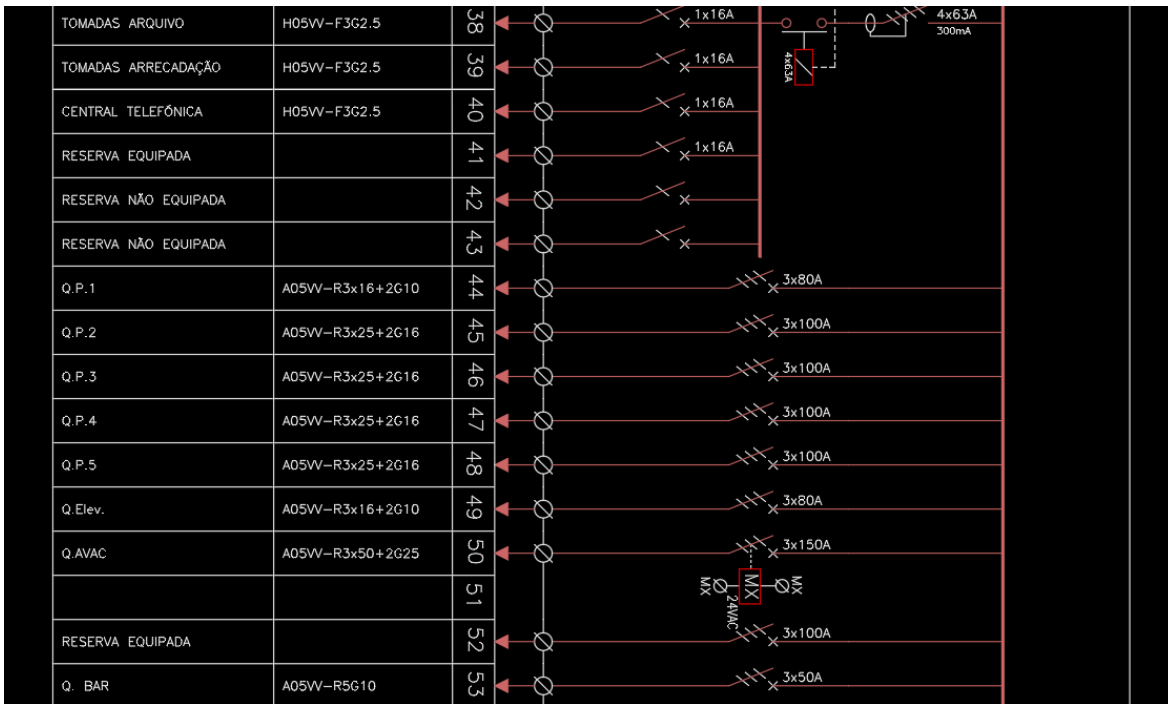
Anexo A – Fluxograma dos quadros elétricos dos edifícios A e B do INESC TEC

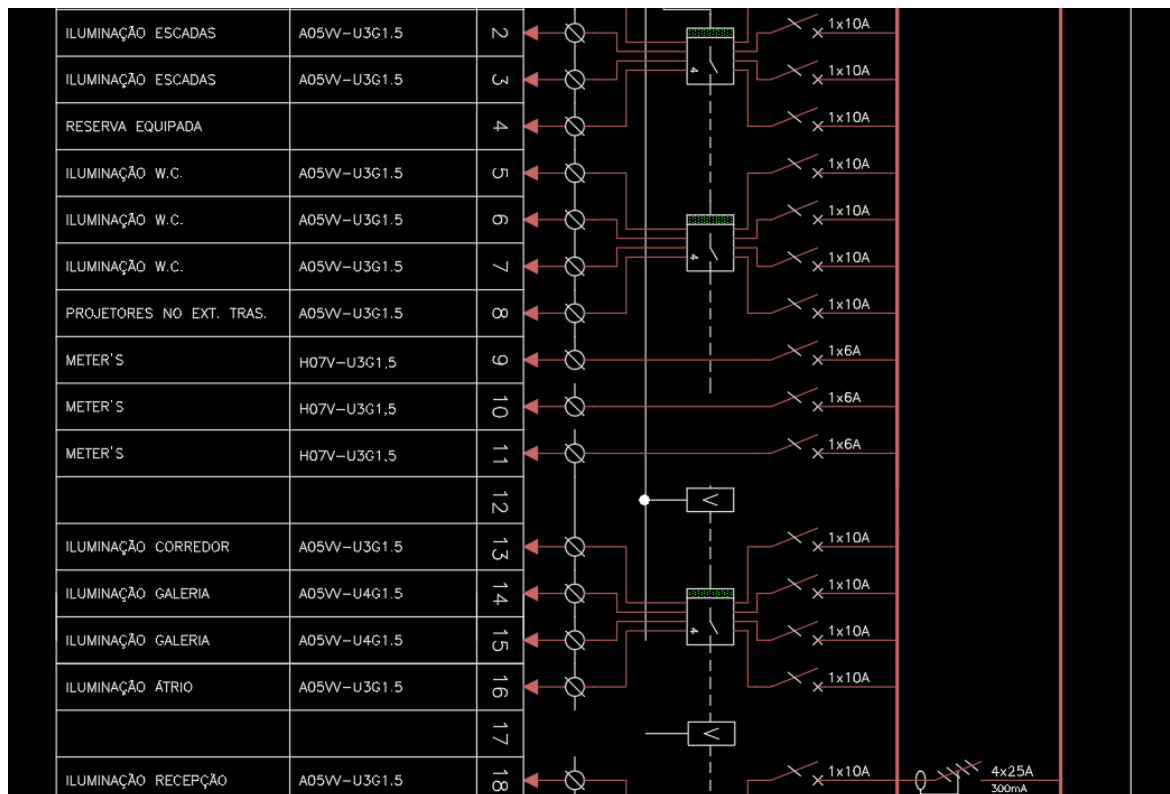
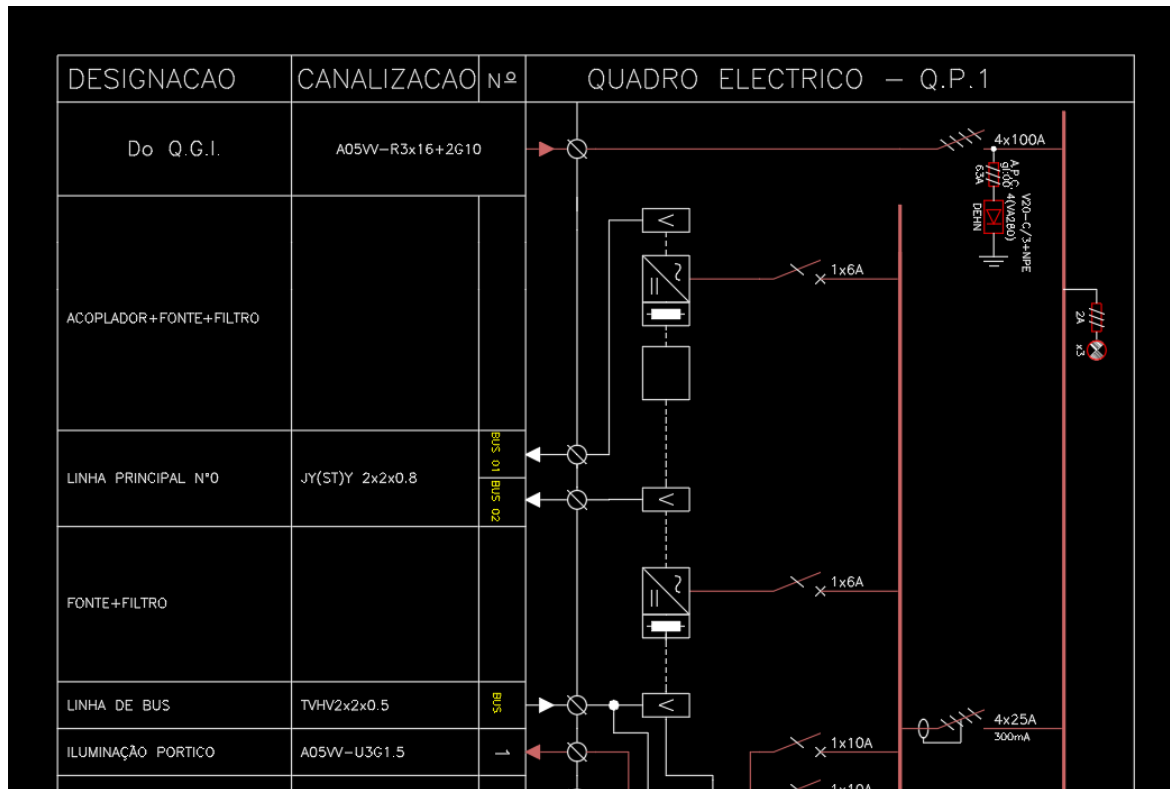


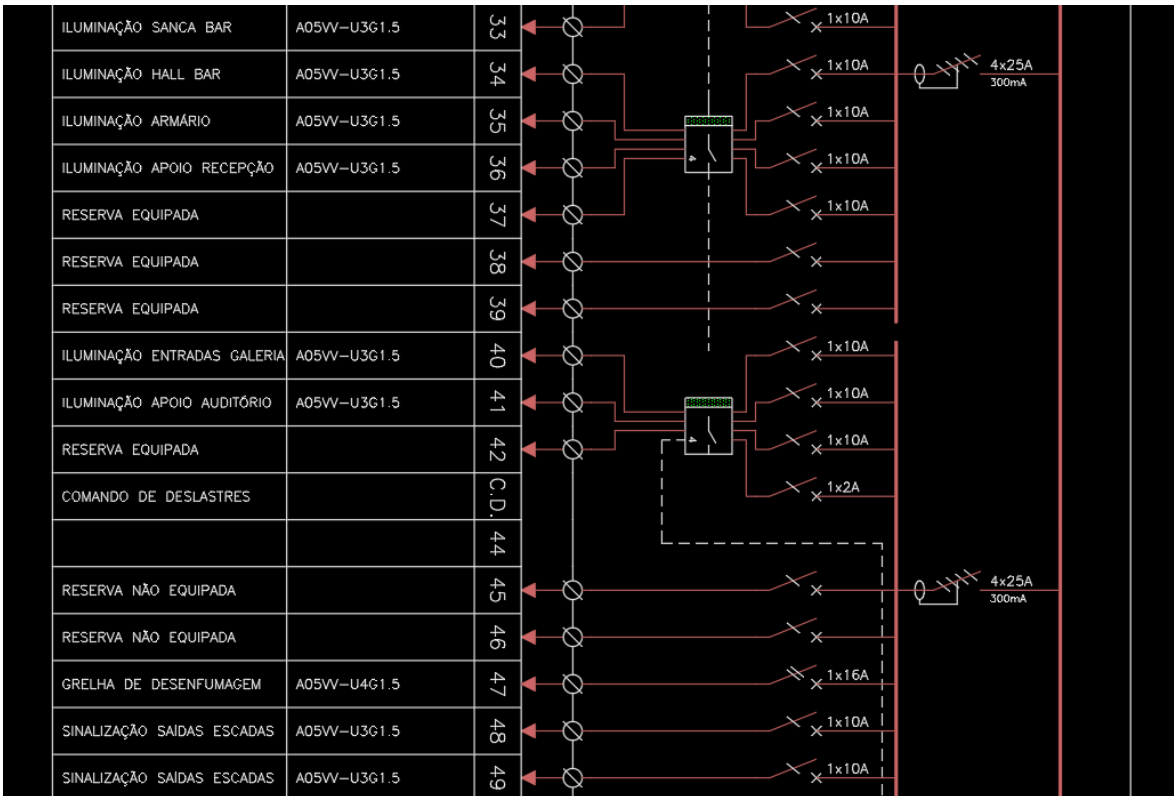
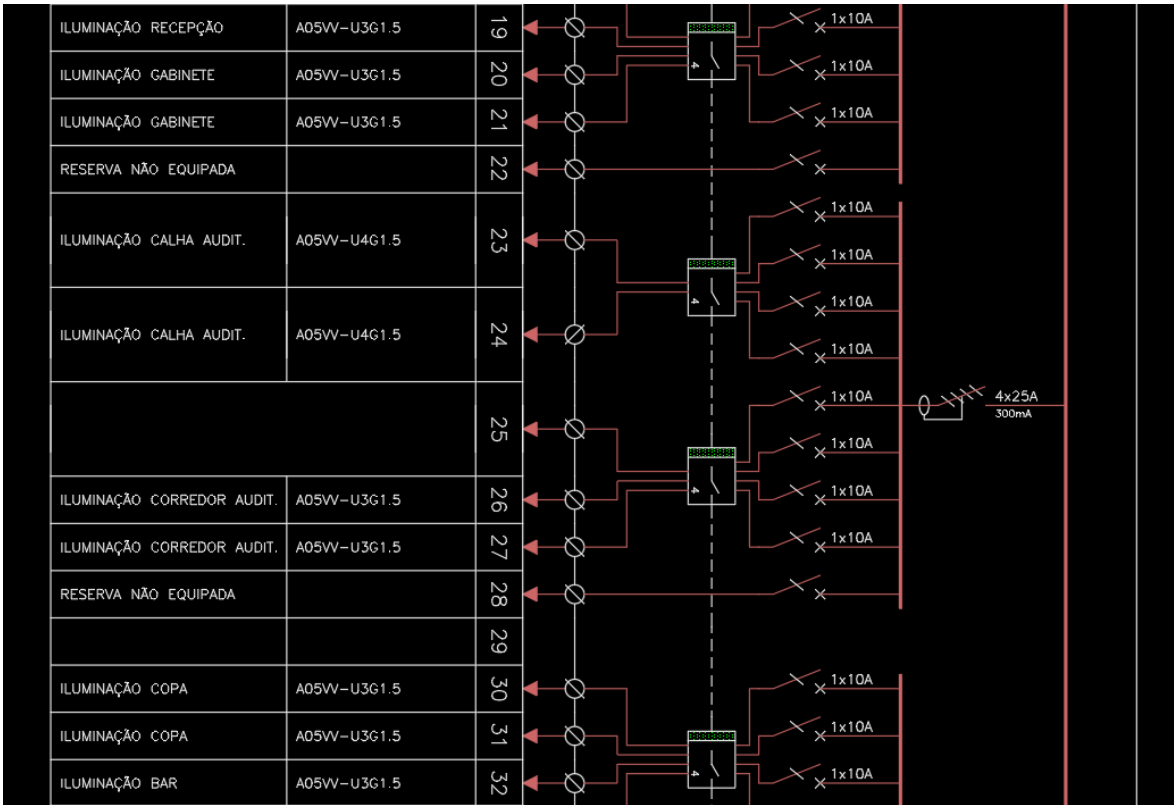
Anexo A.1 – Esquemas unifilares dos quadros elétricos do edifício A do INESC TEC

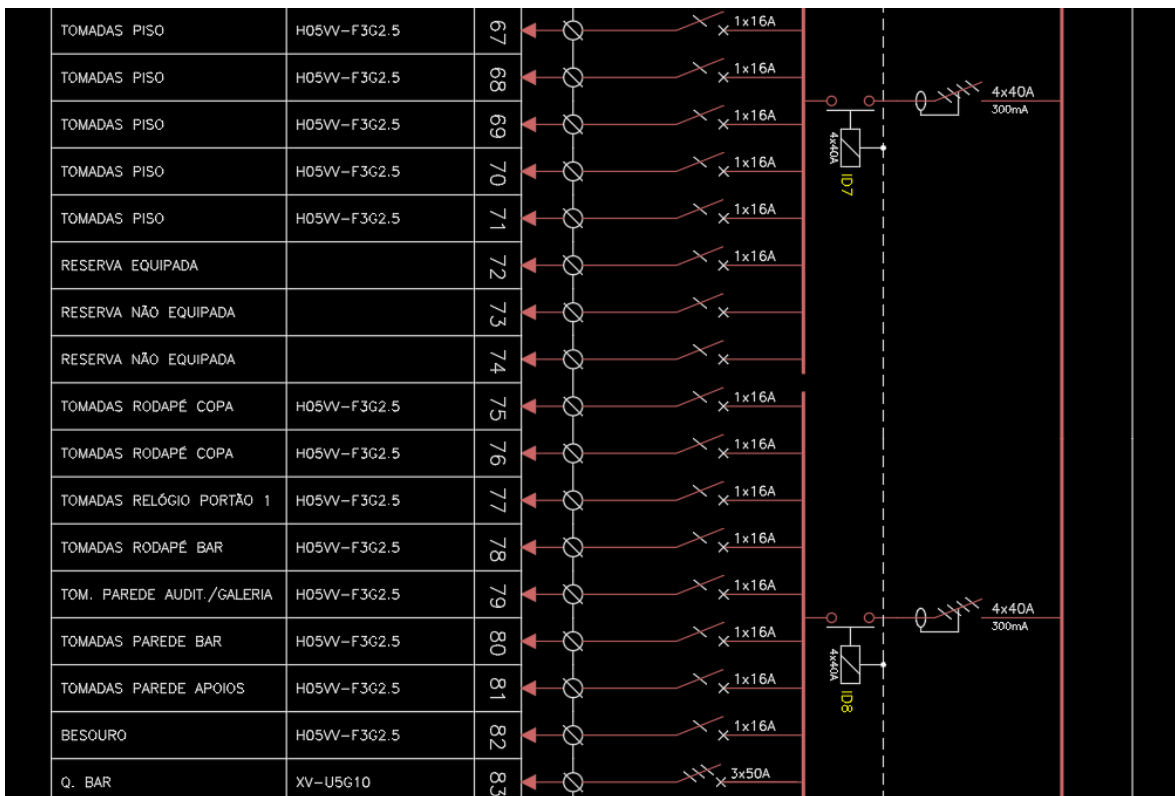
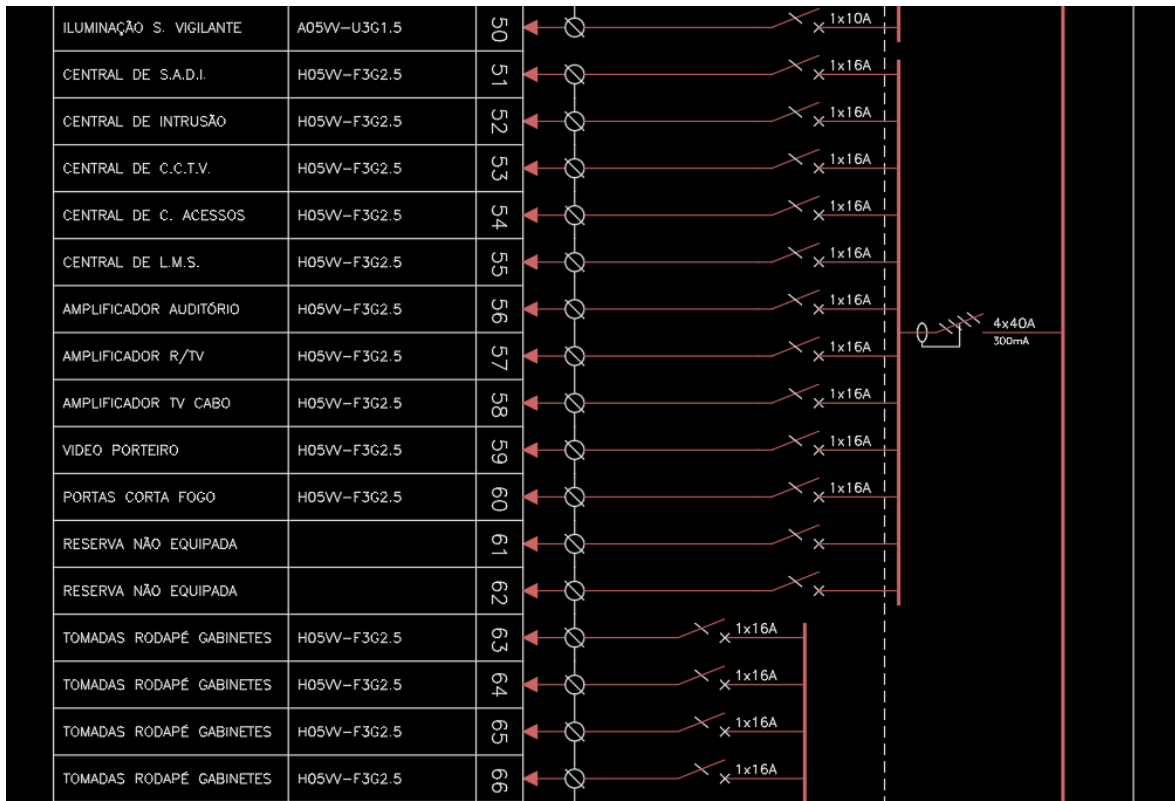


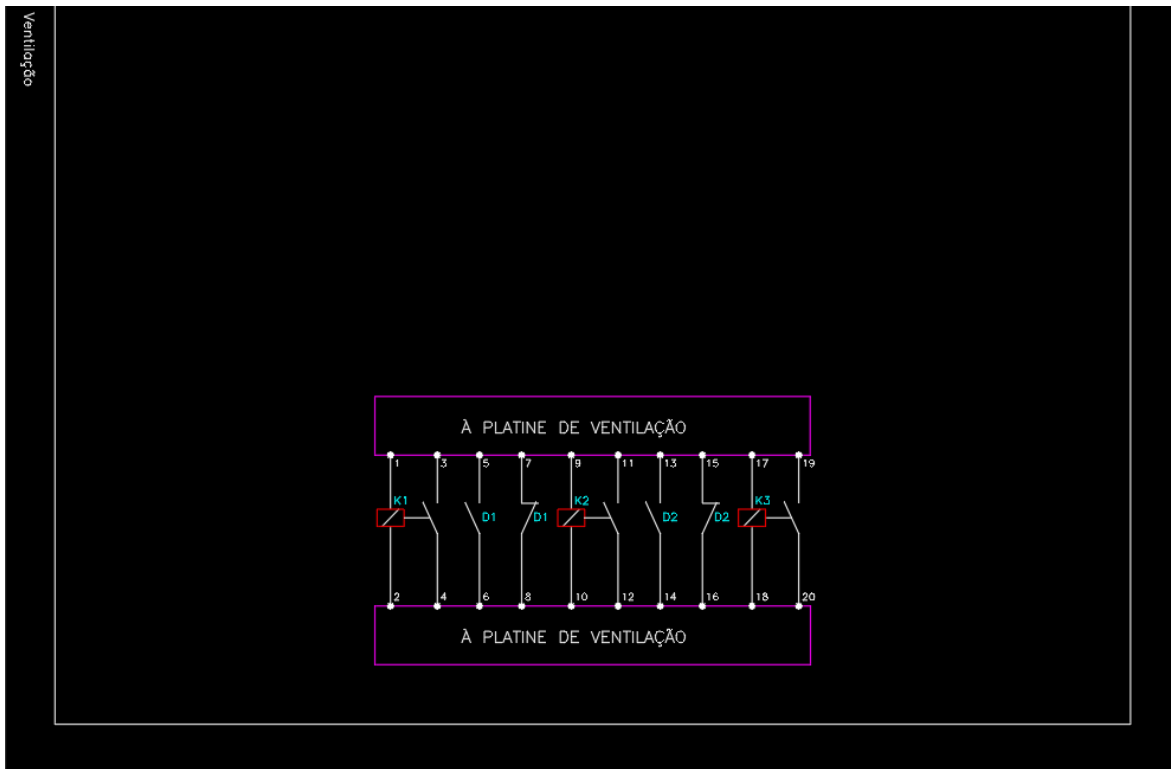
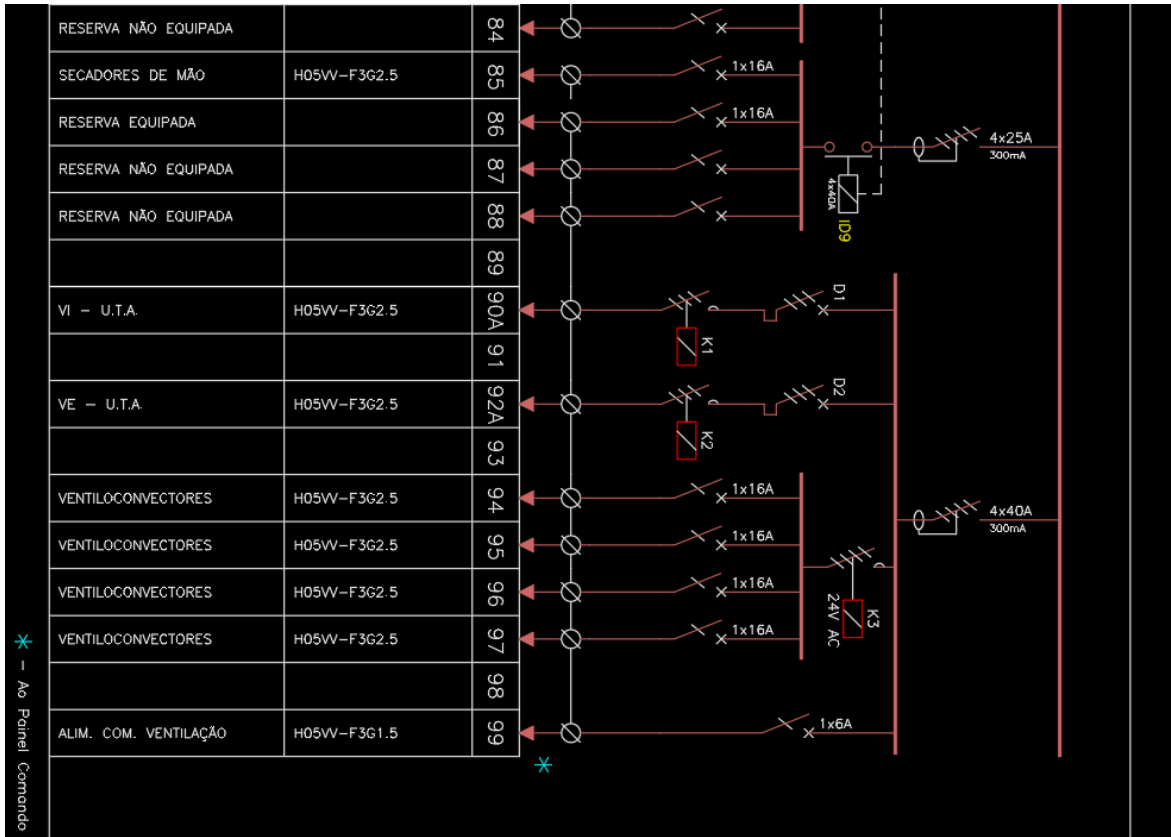


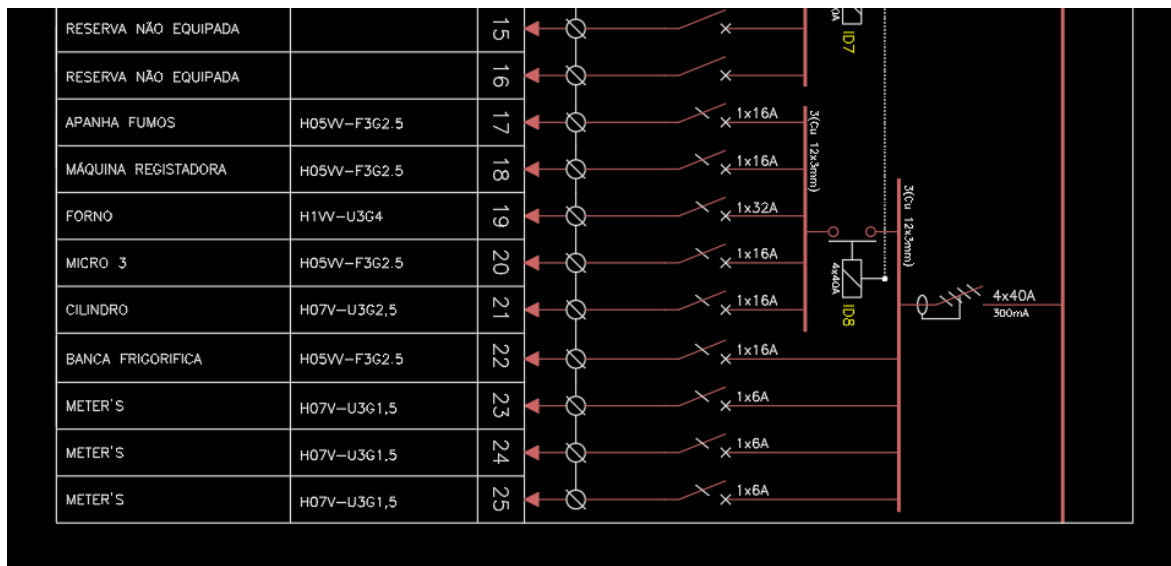
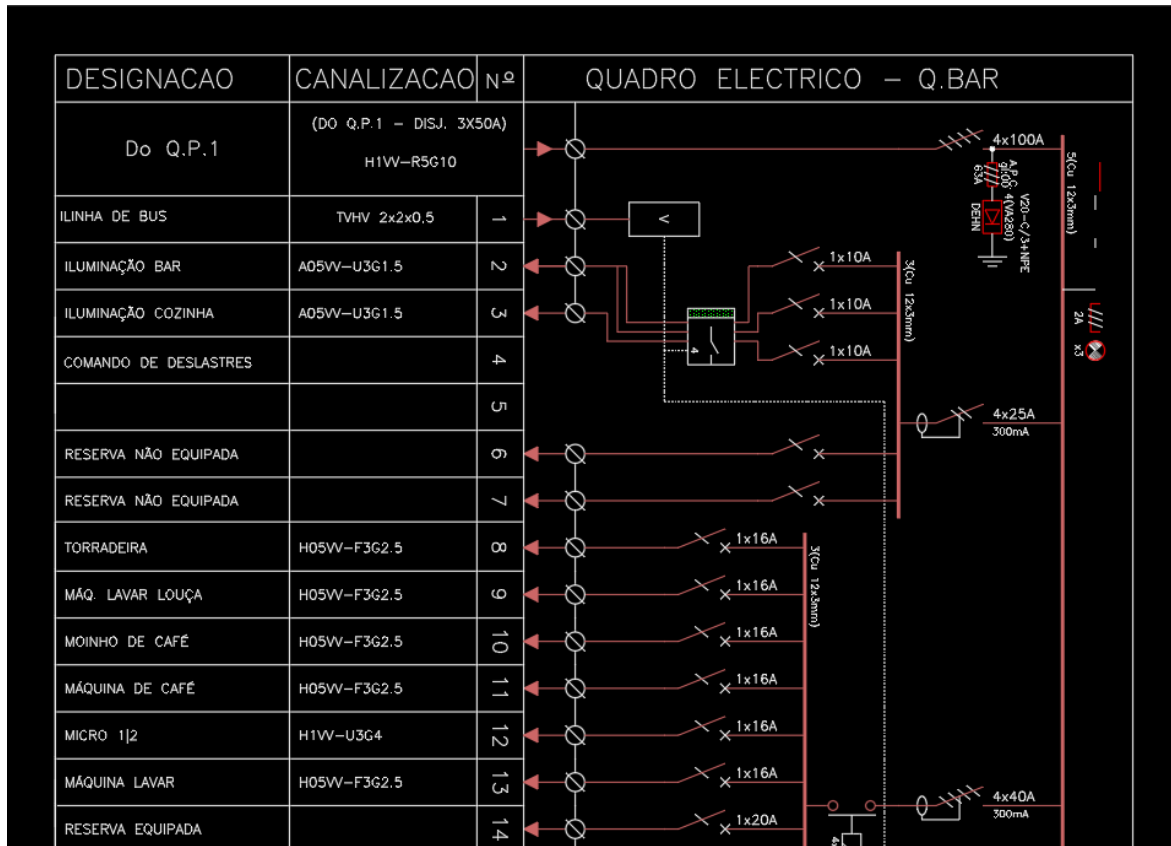


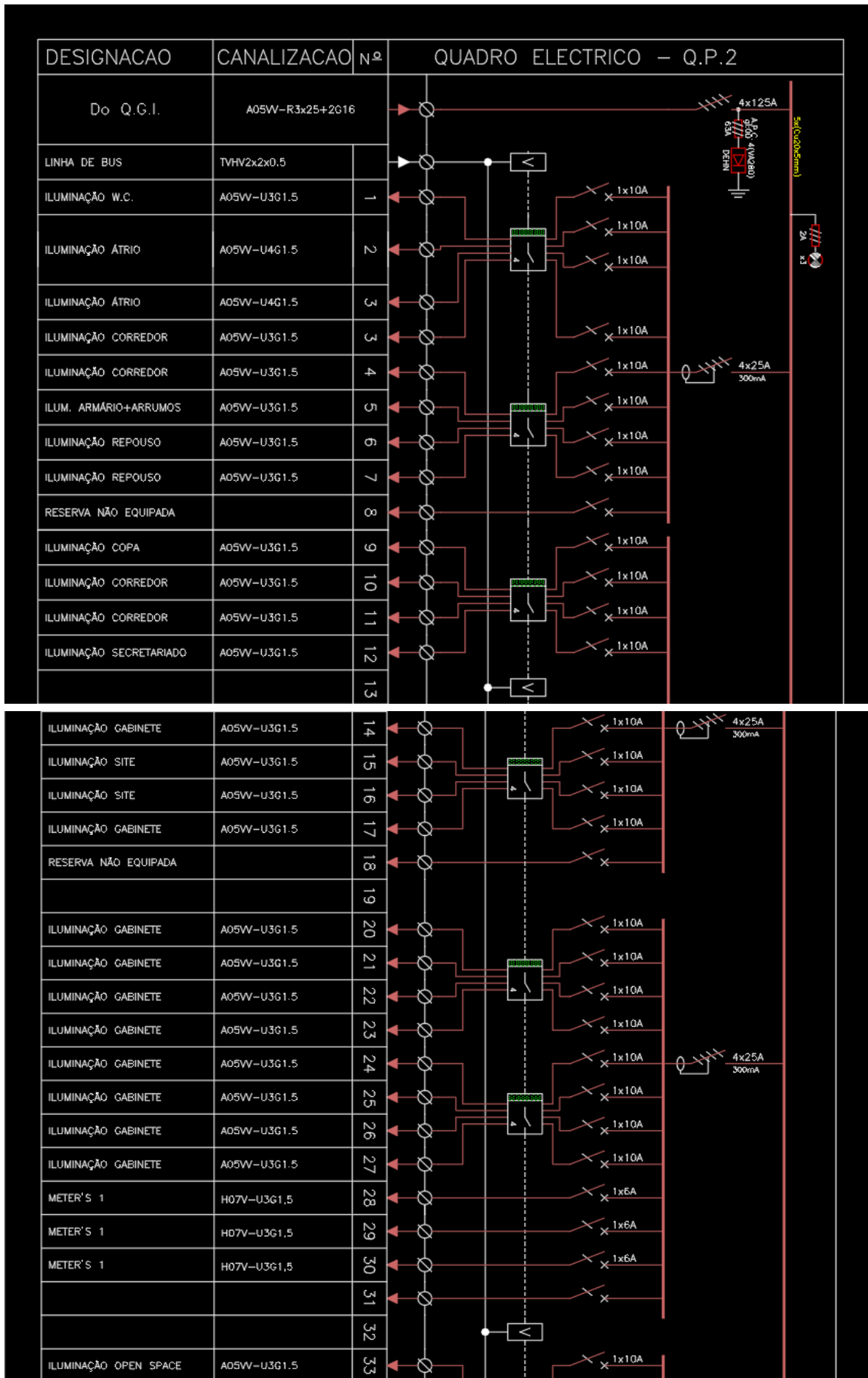


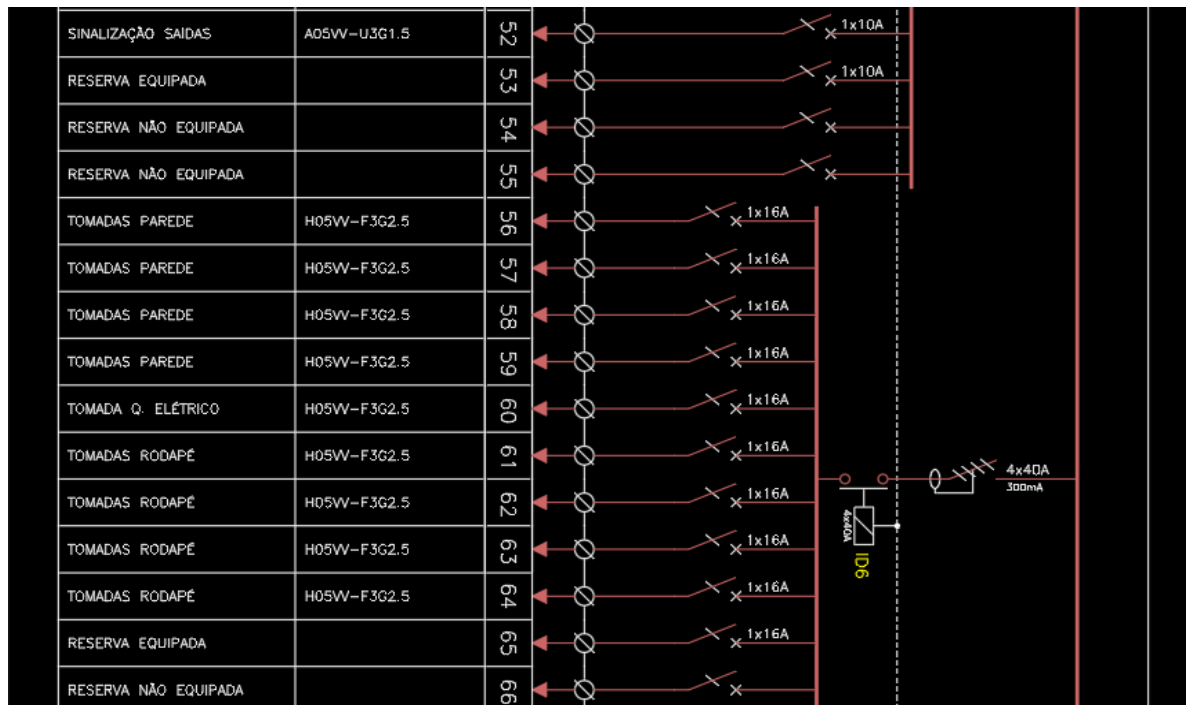
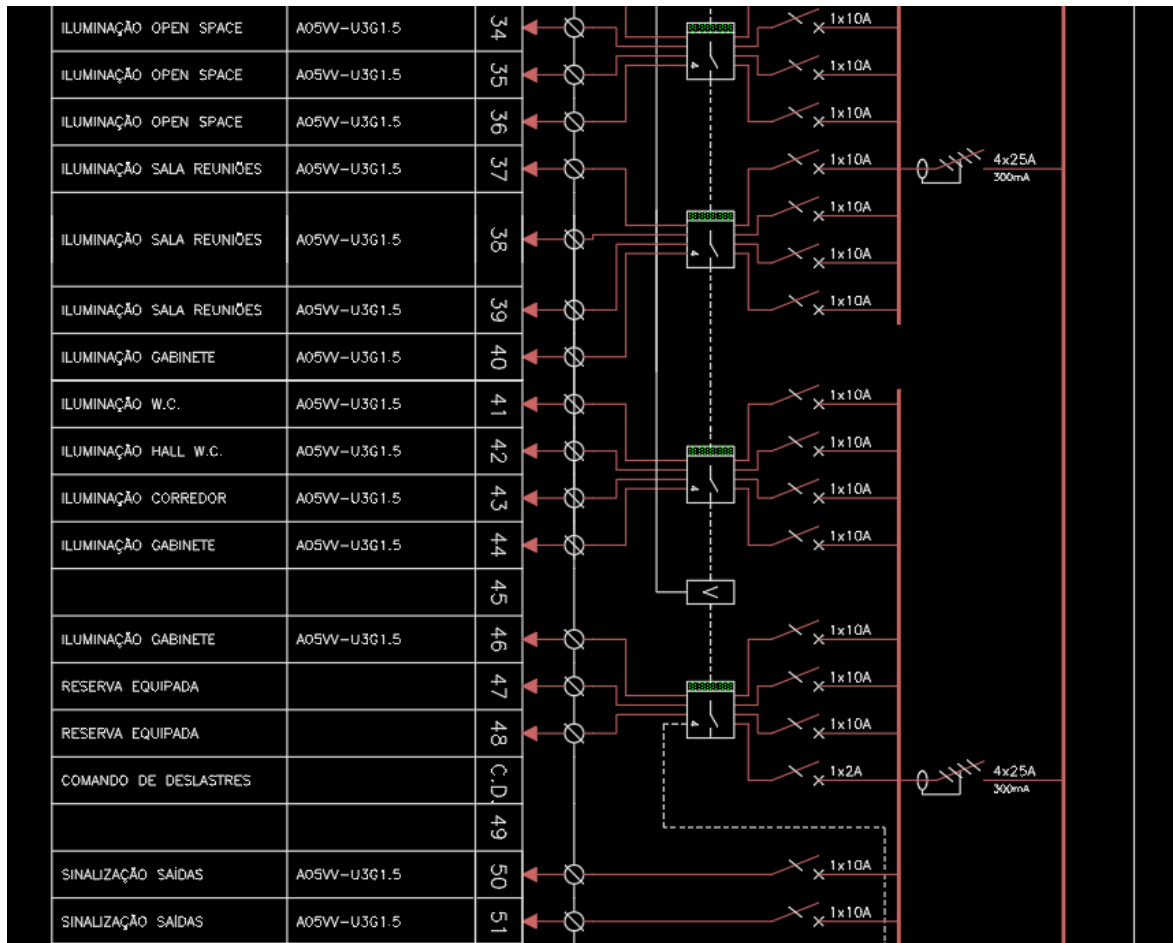


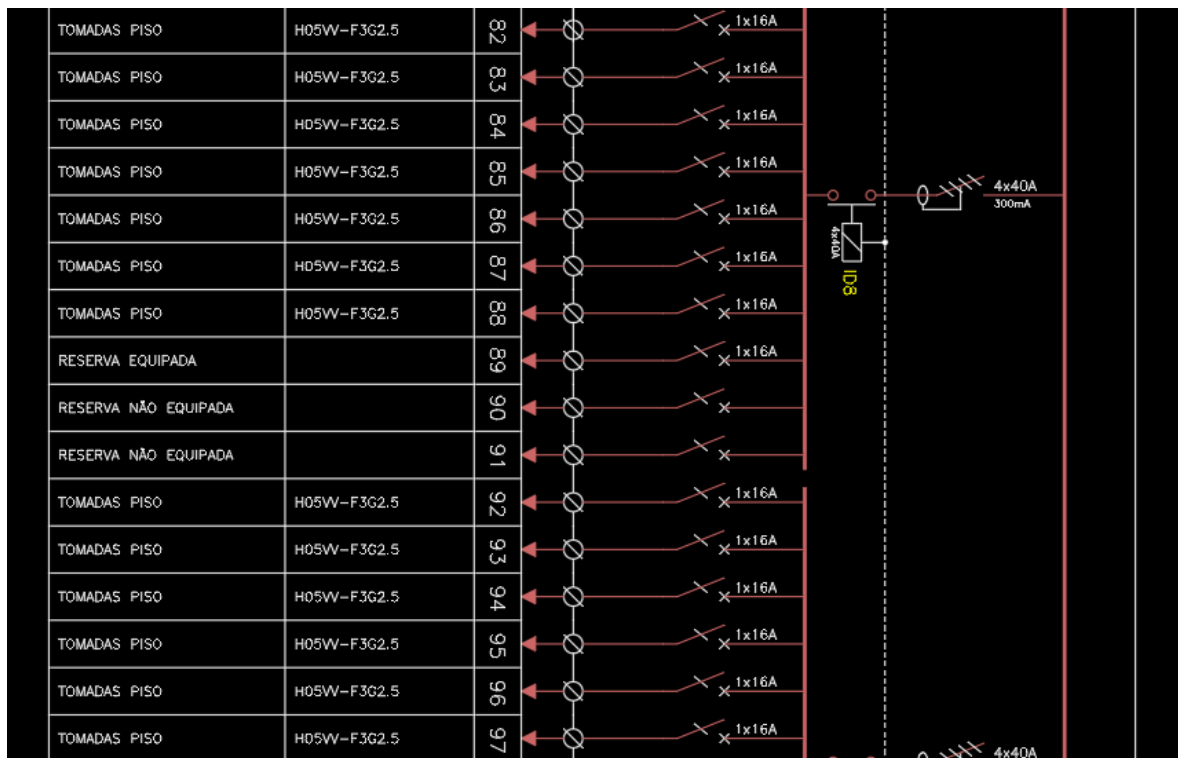
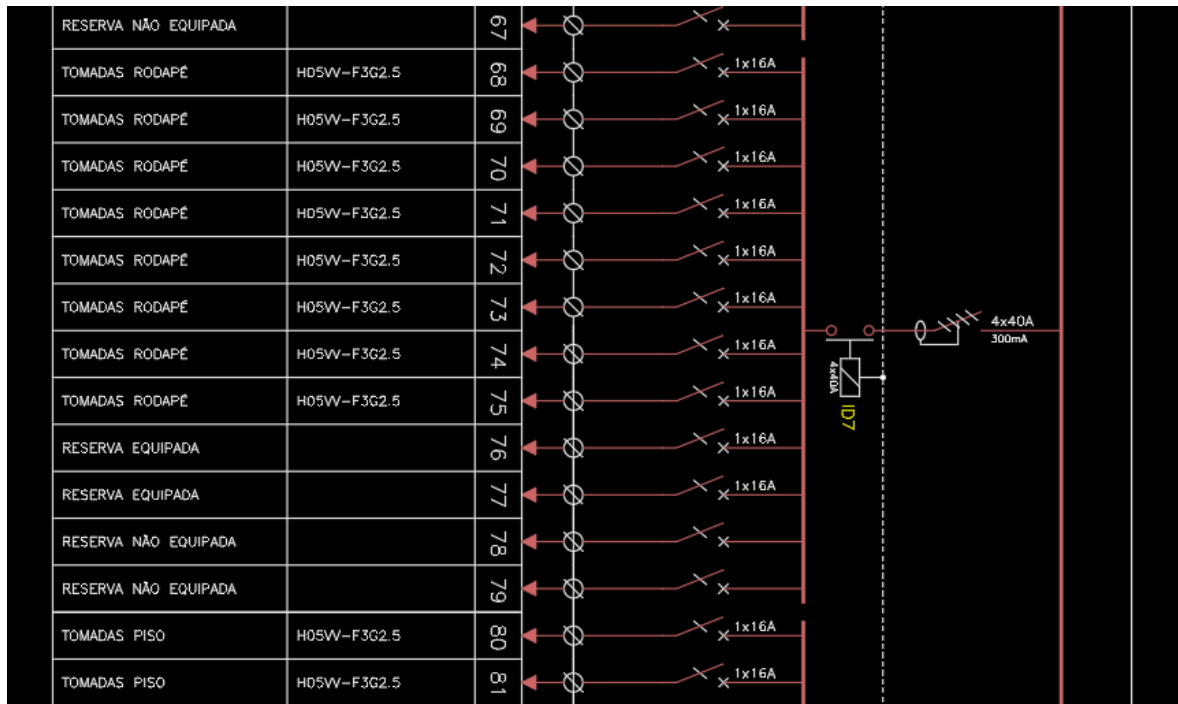


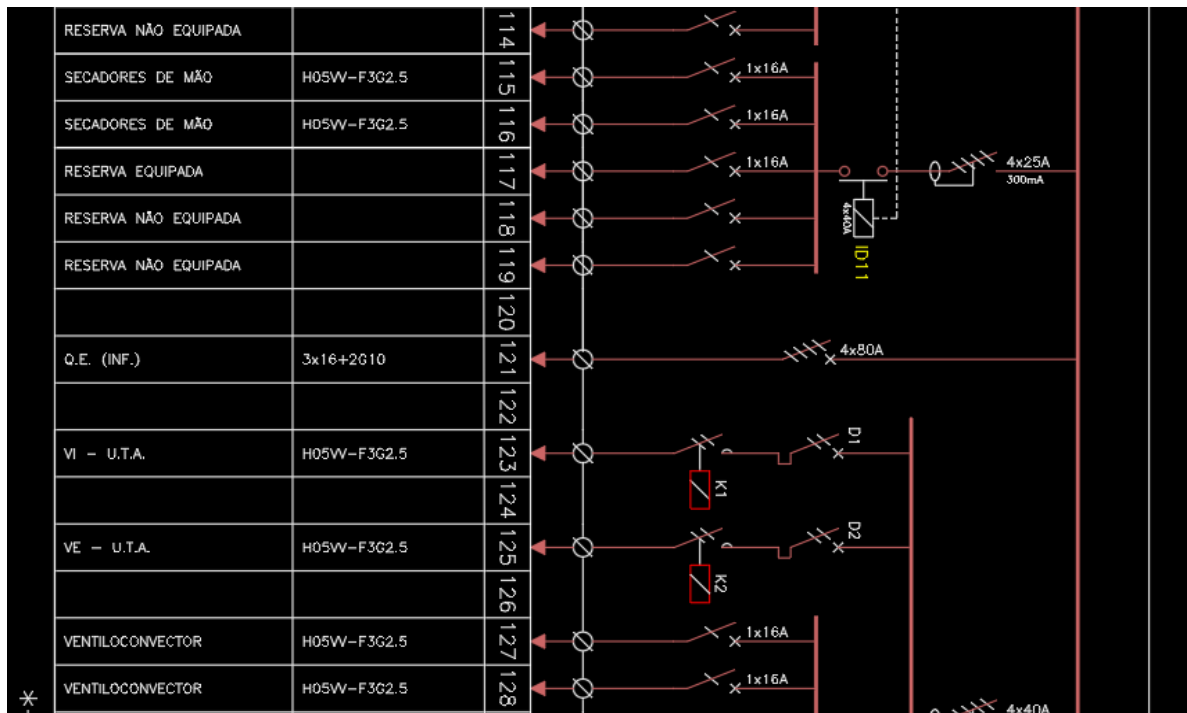
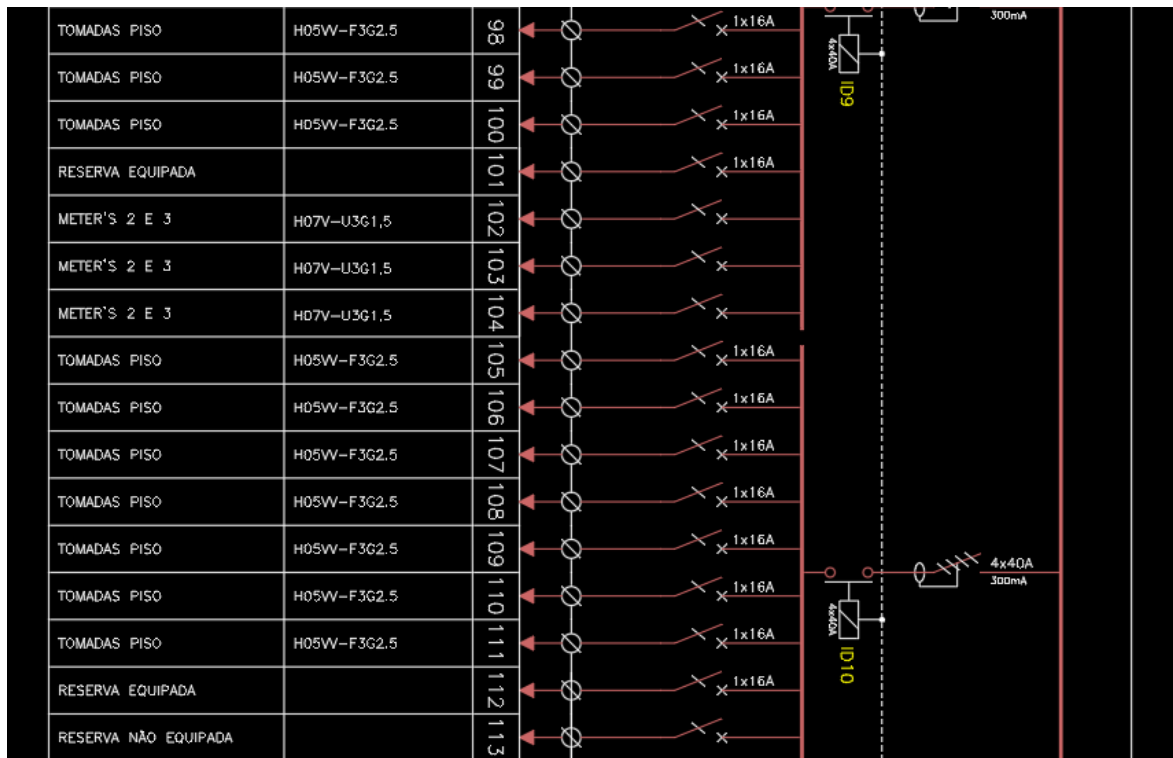


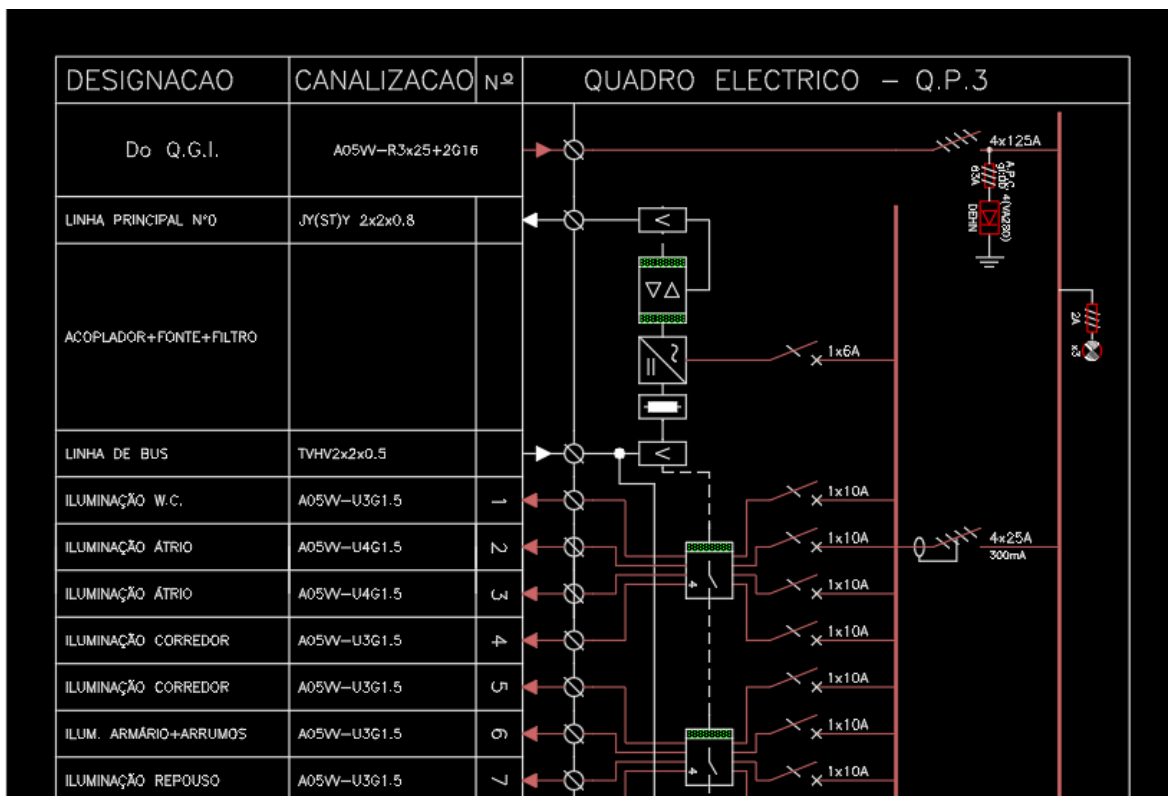
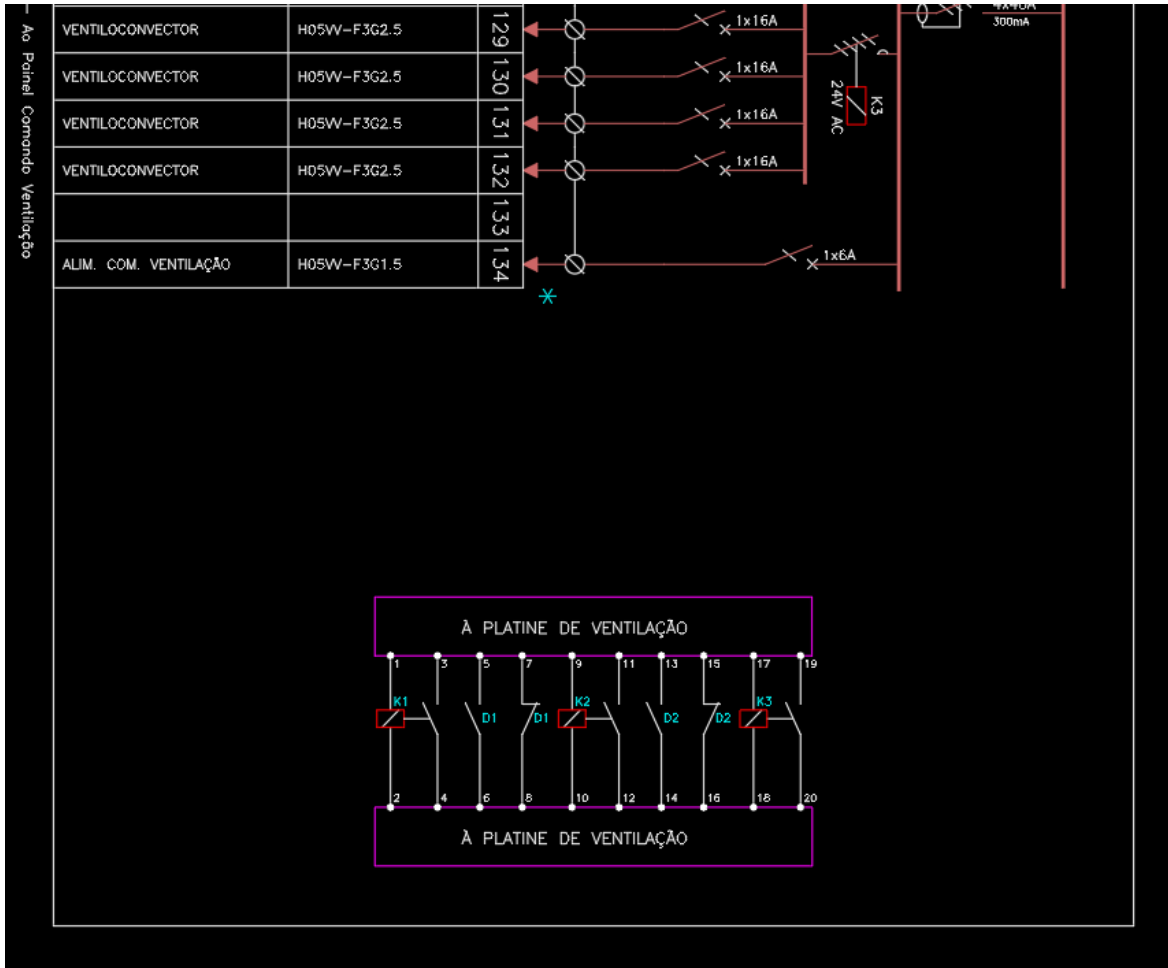


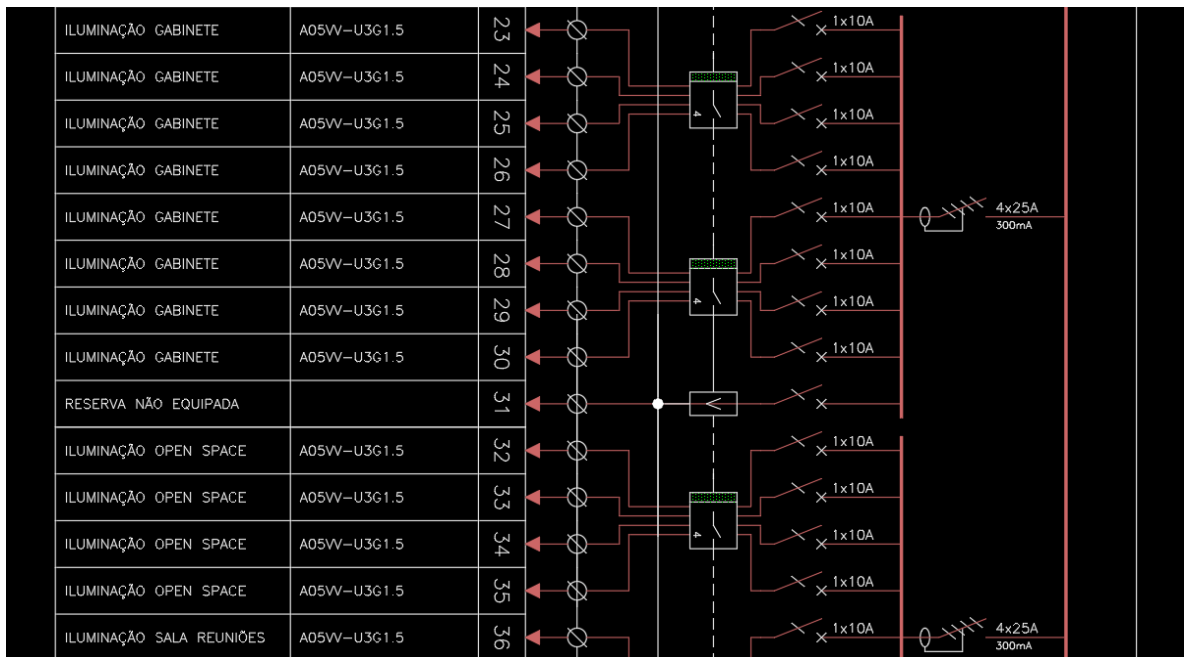
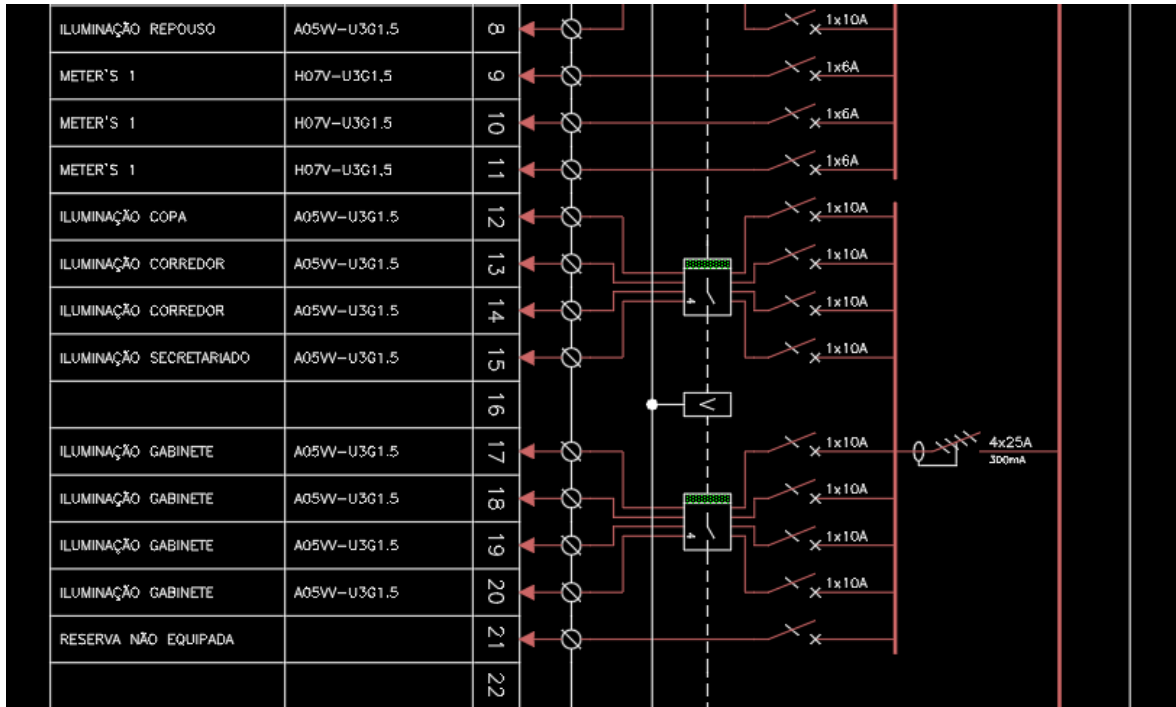


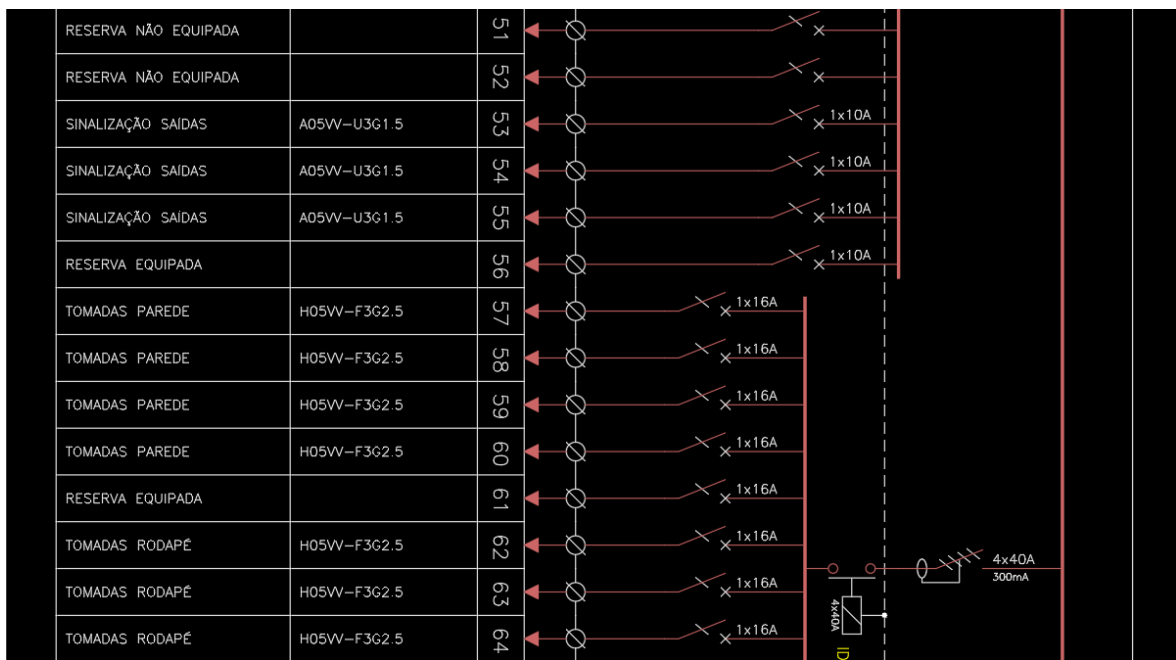
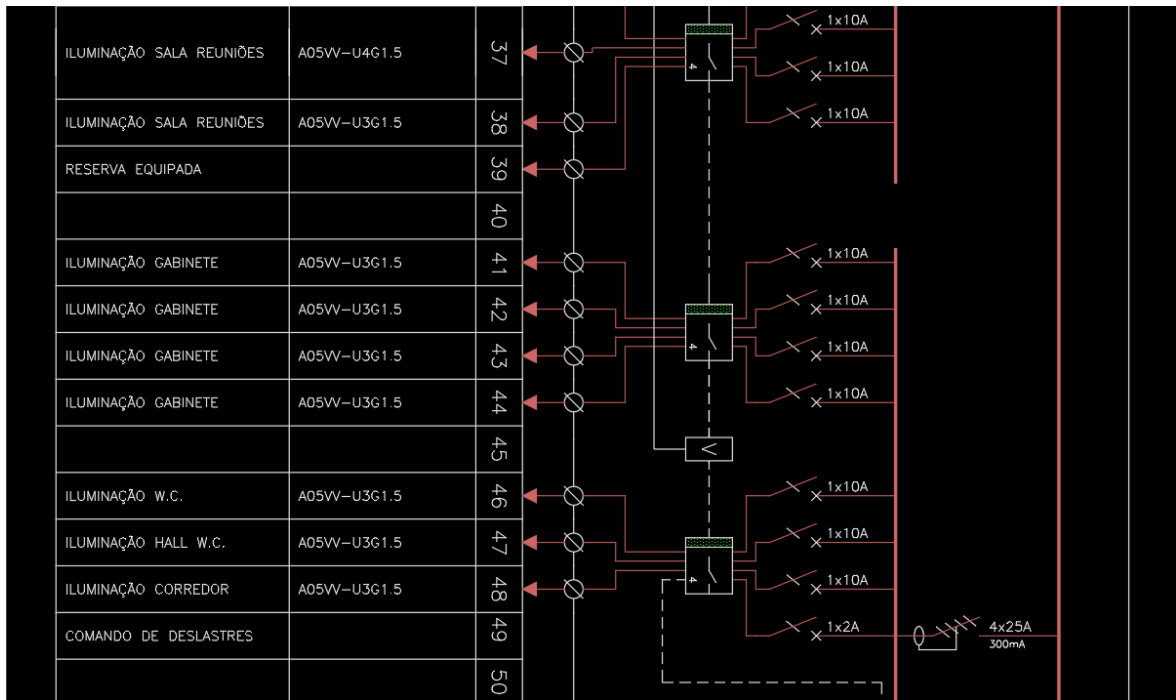


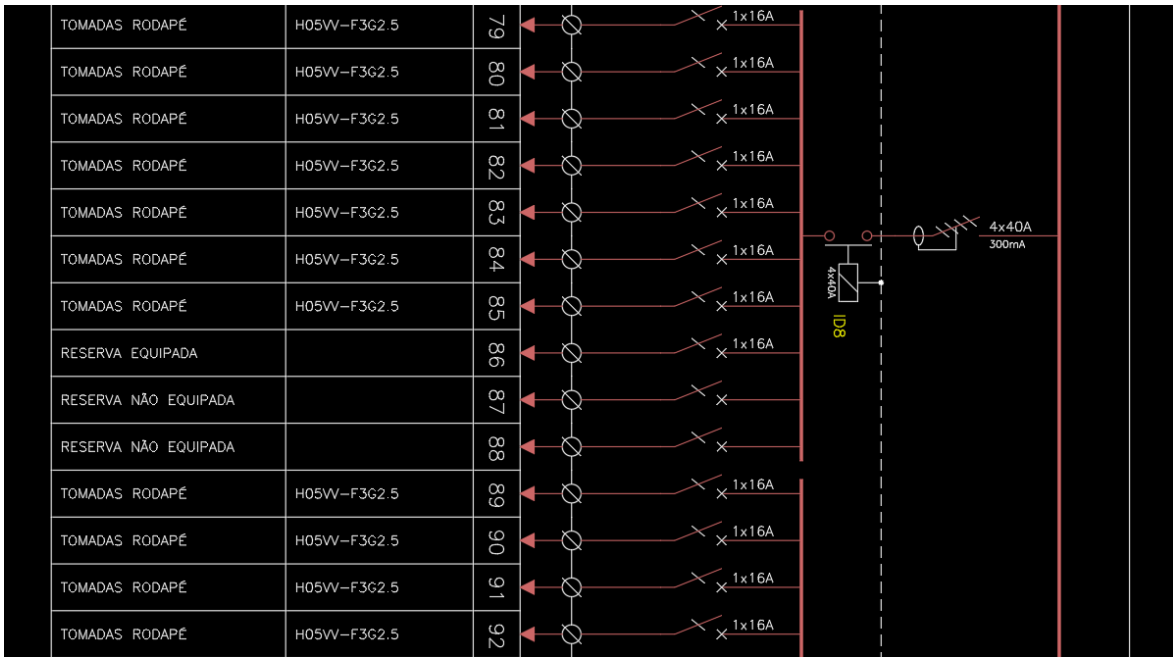
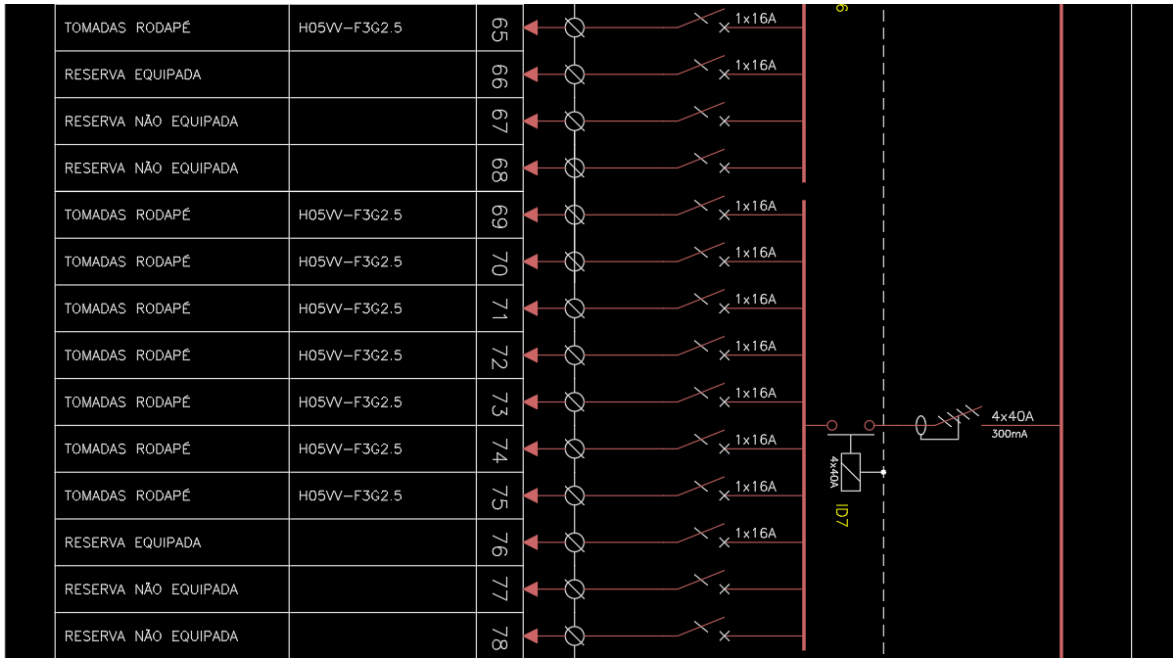


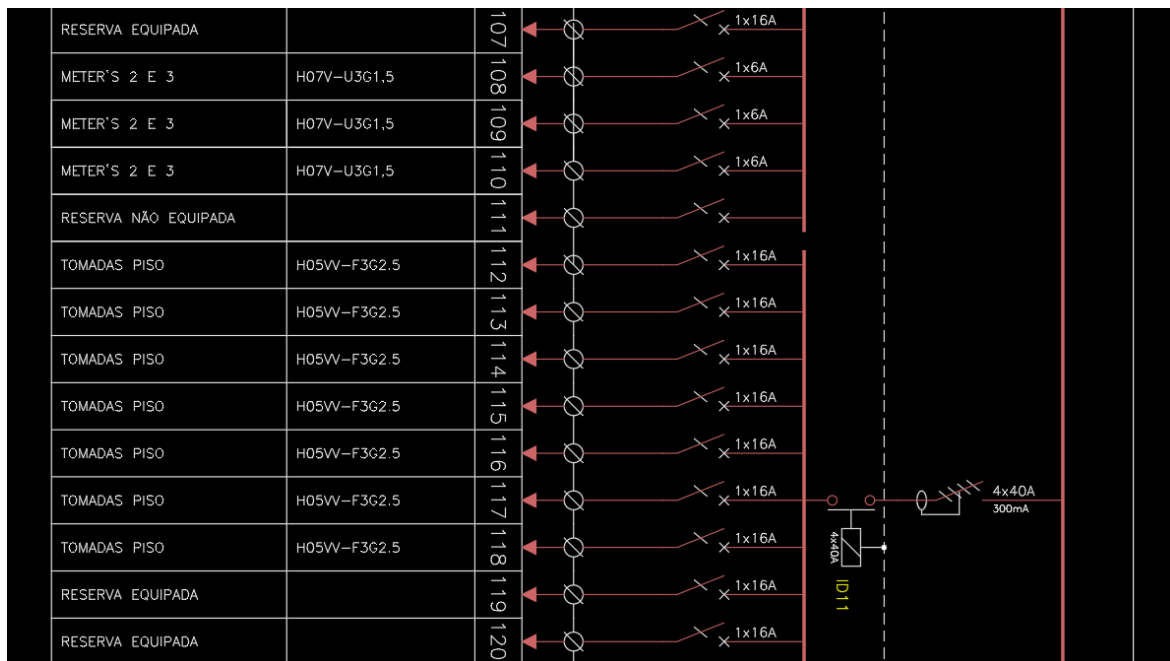
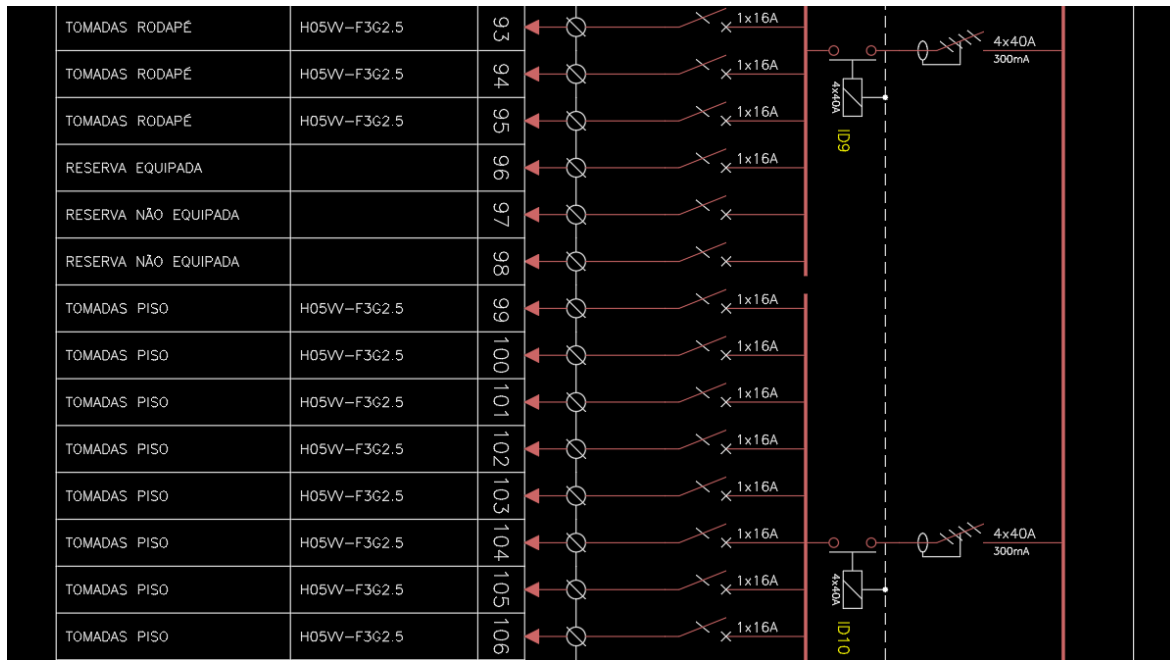


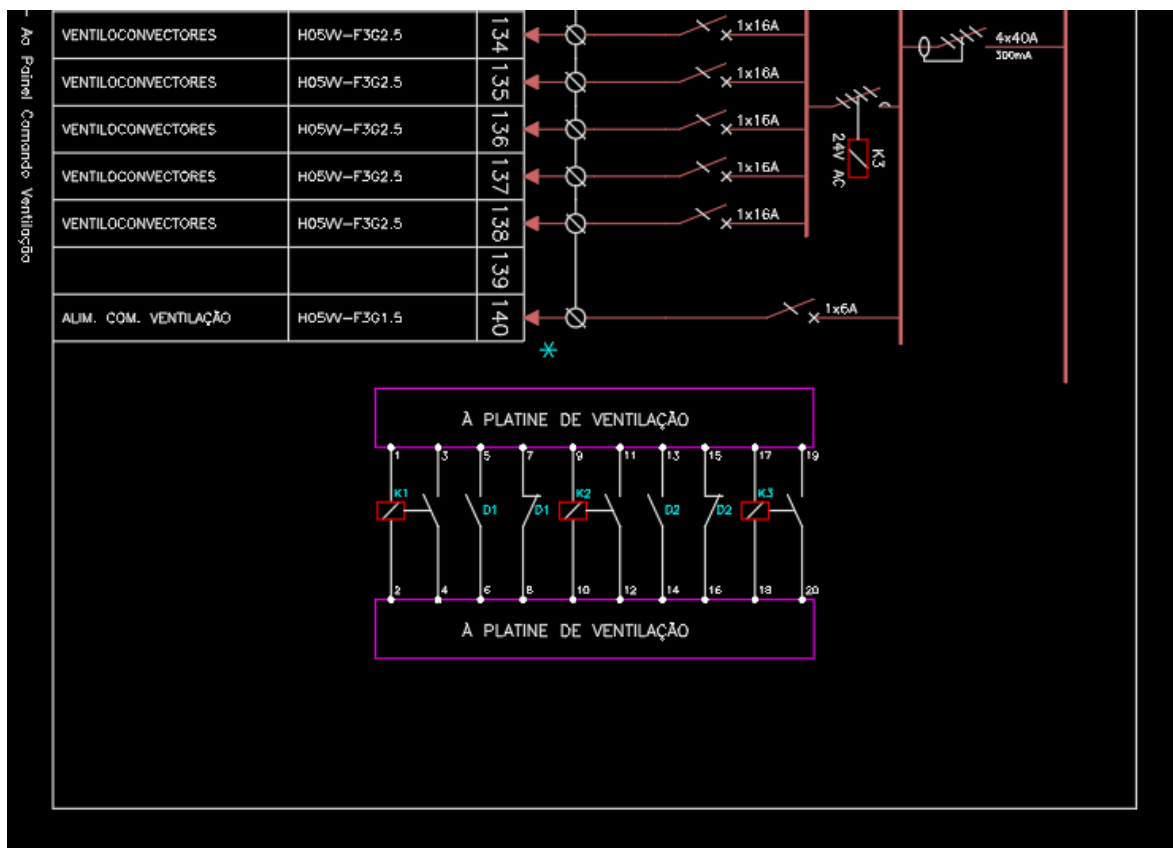
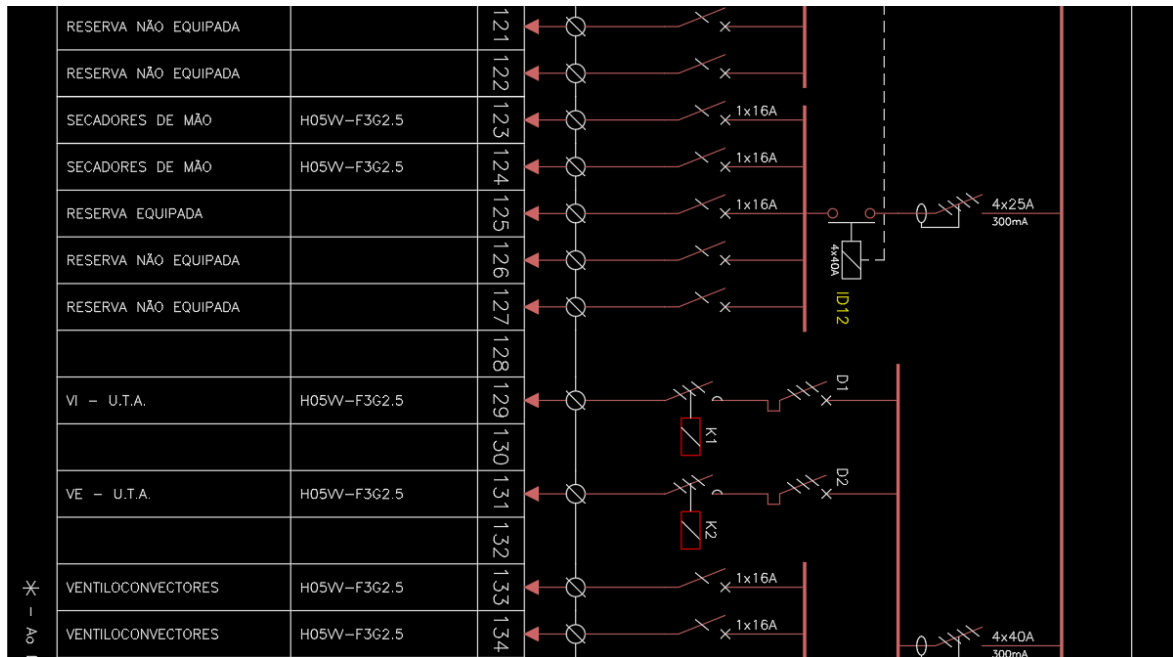


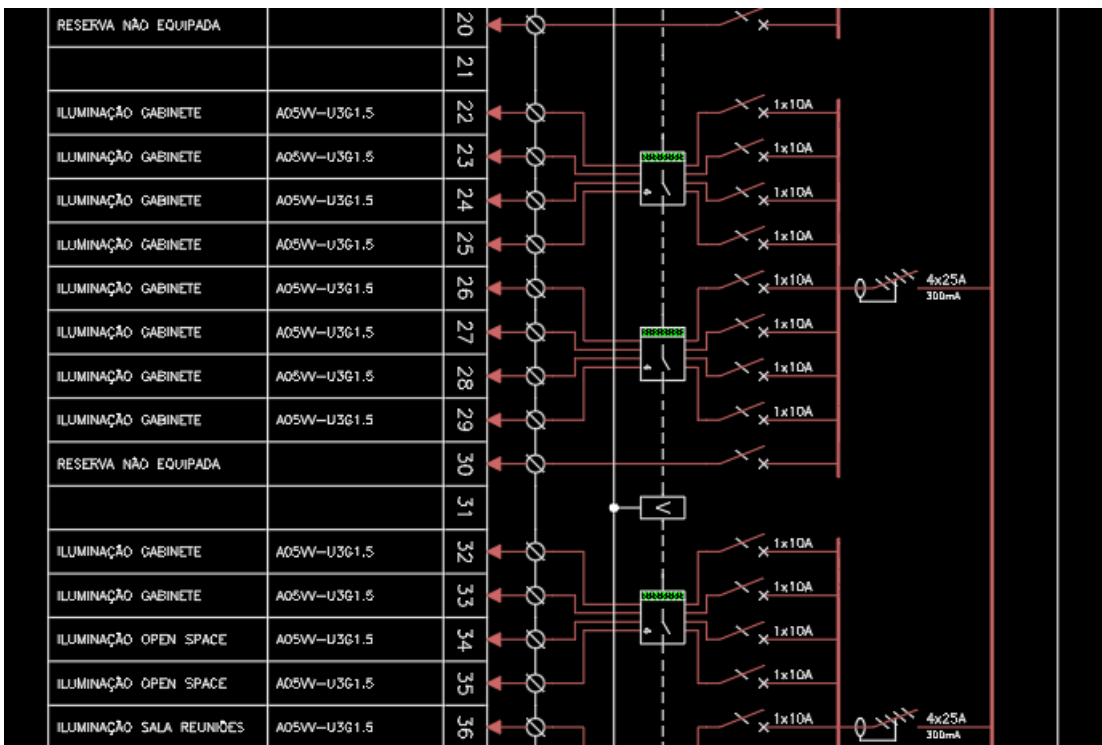
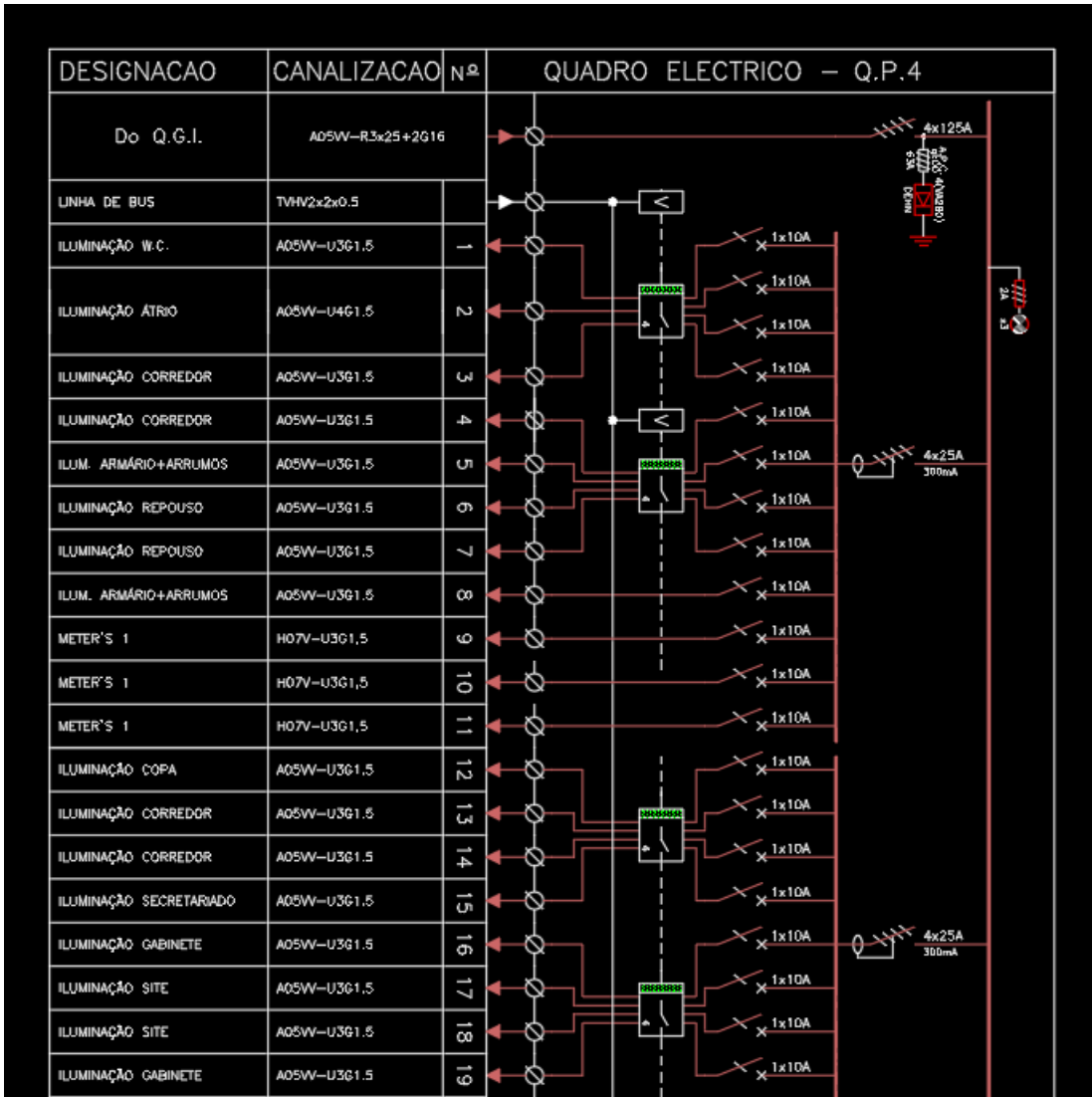


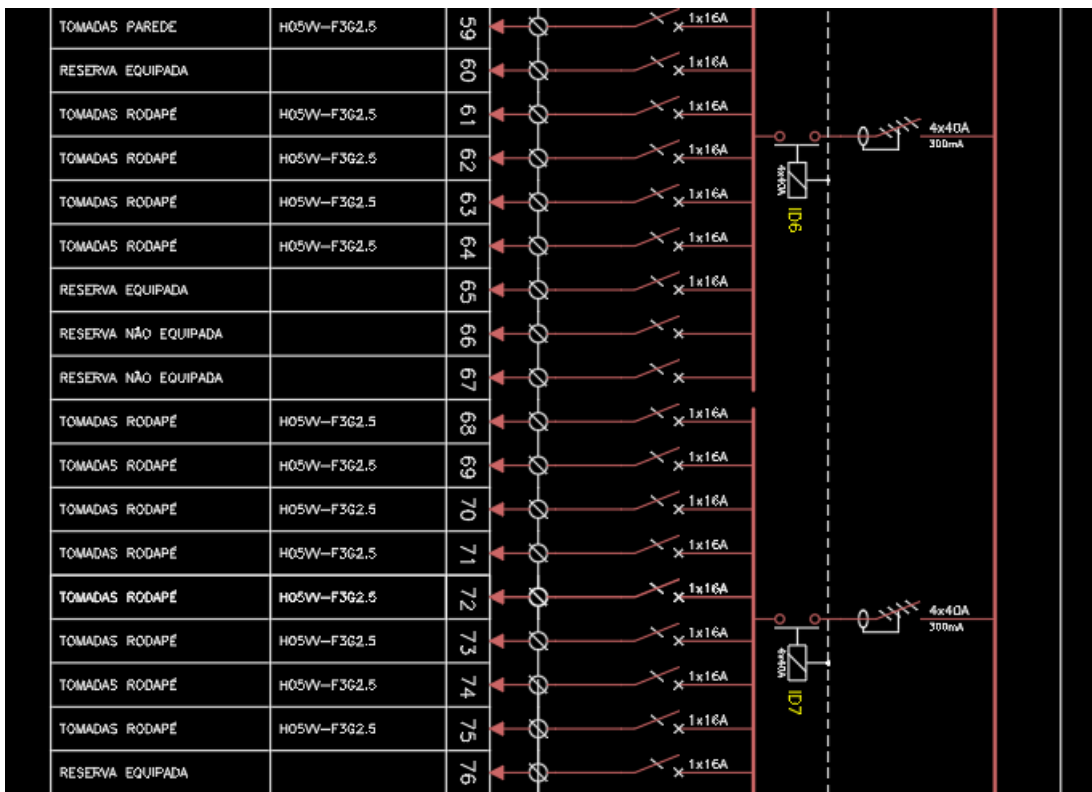
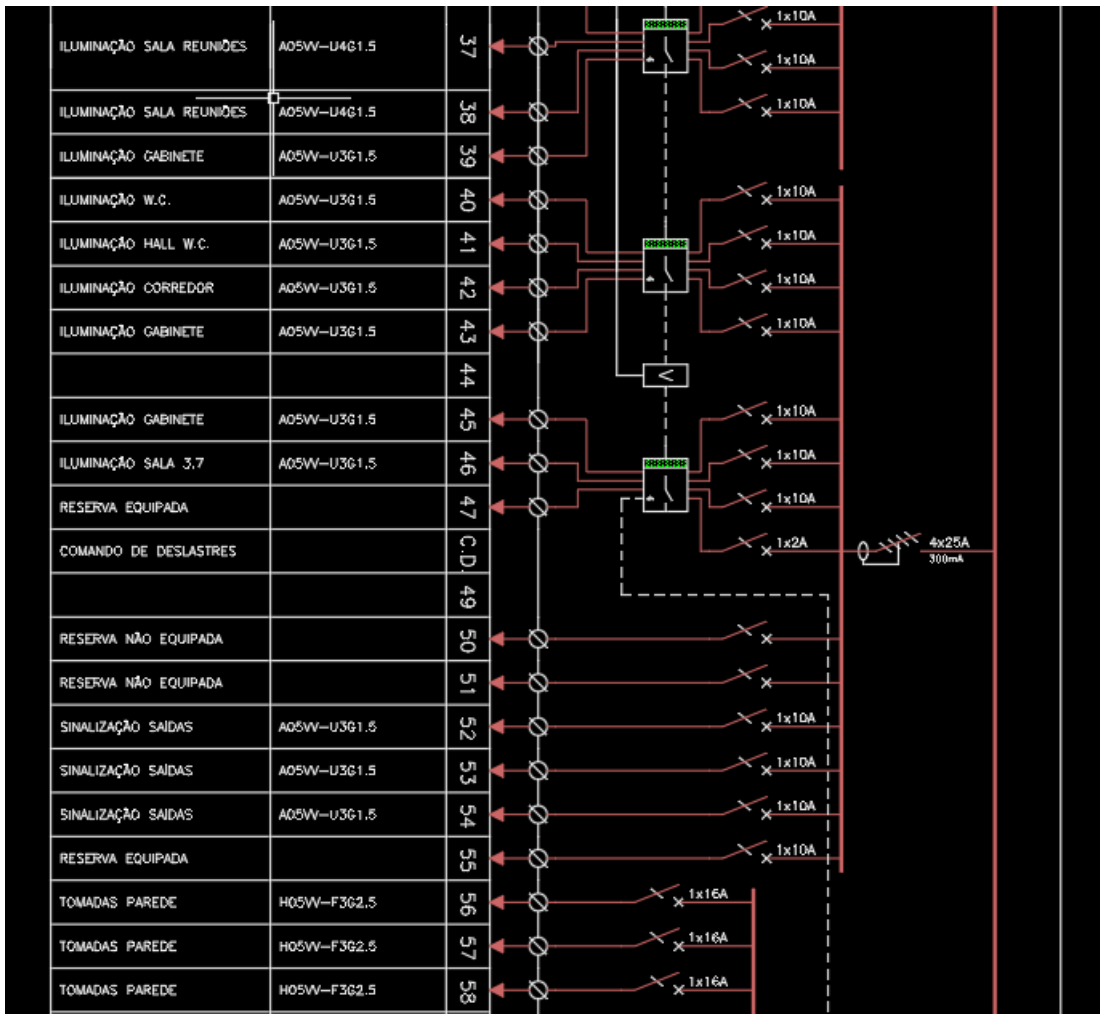


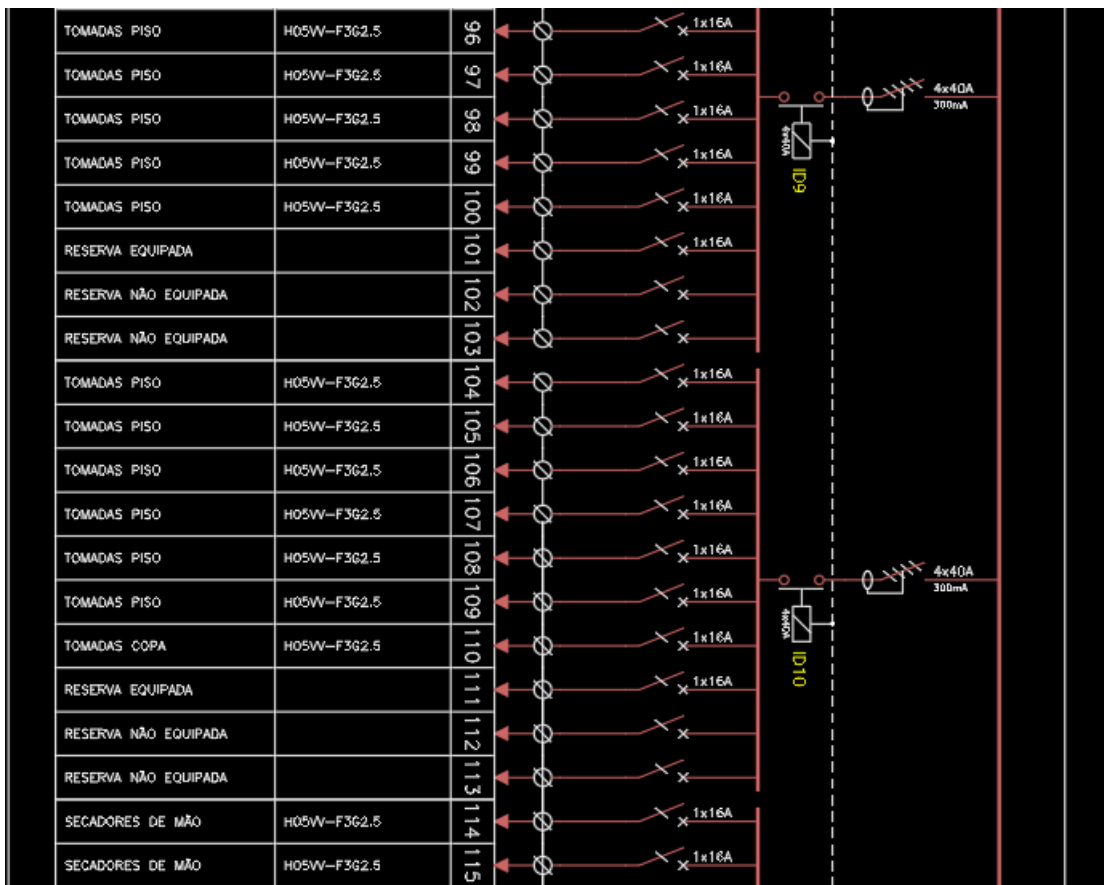
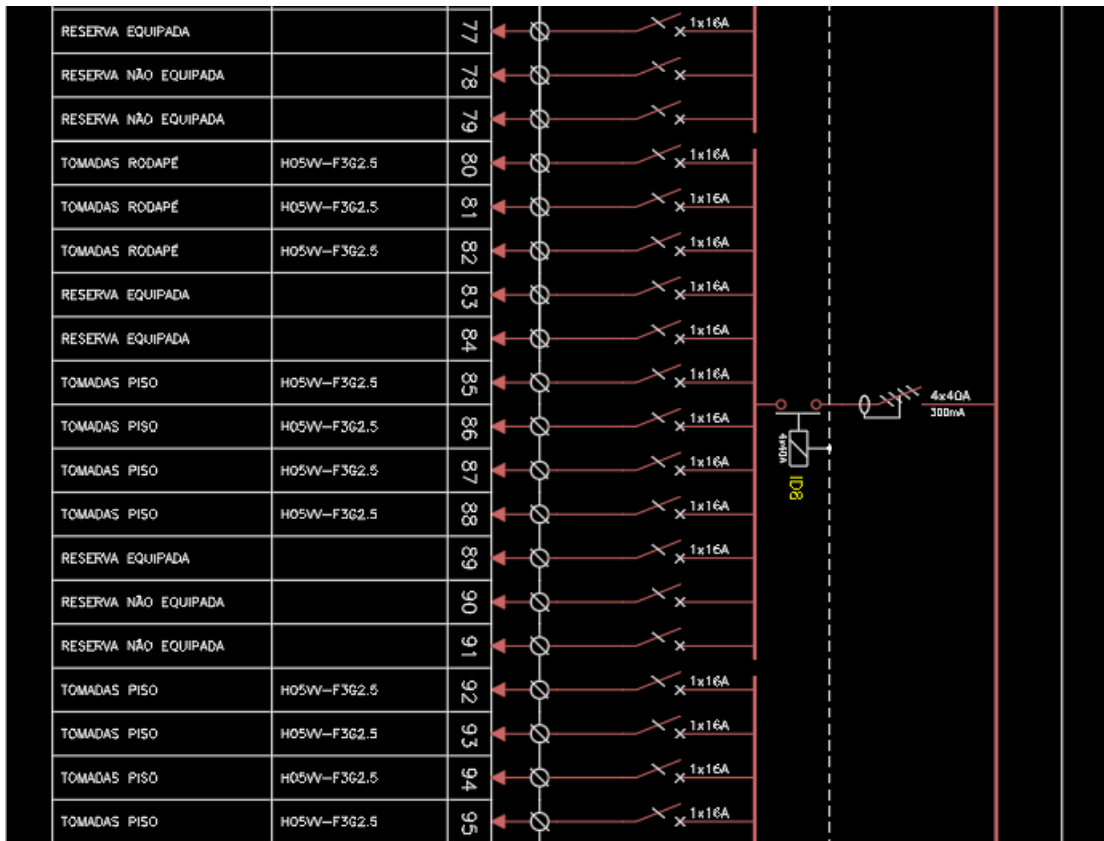


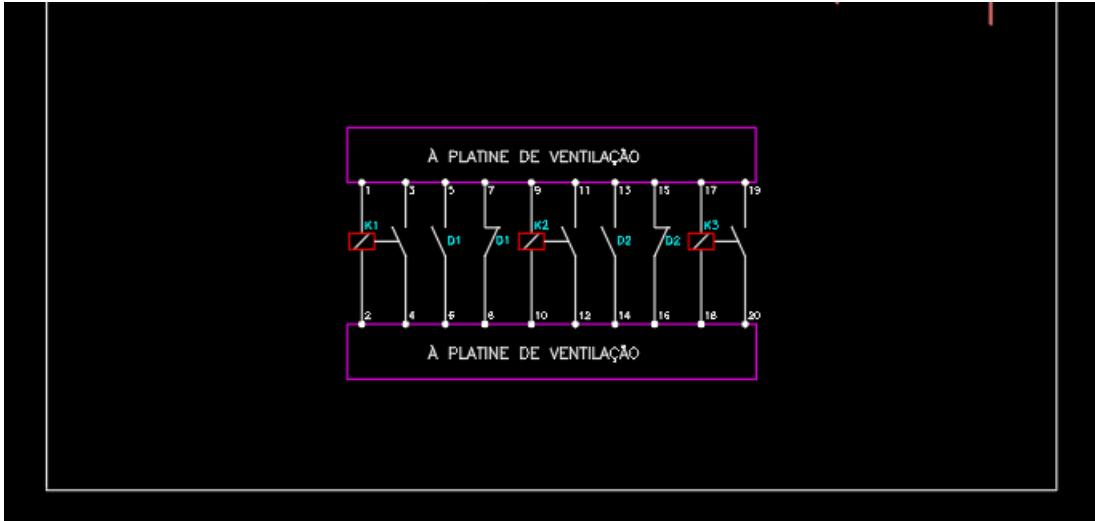
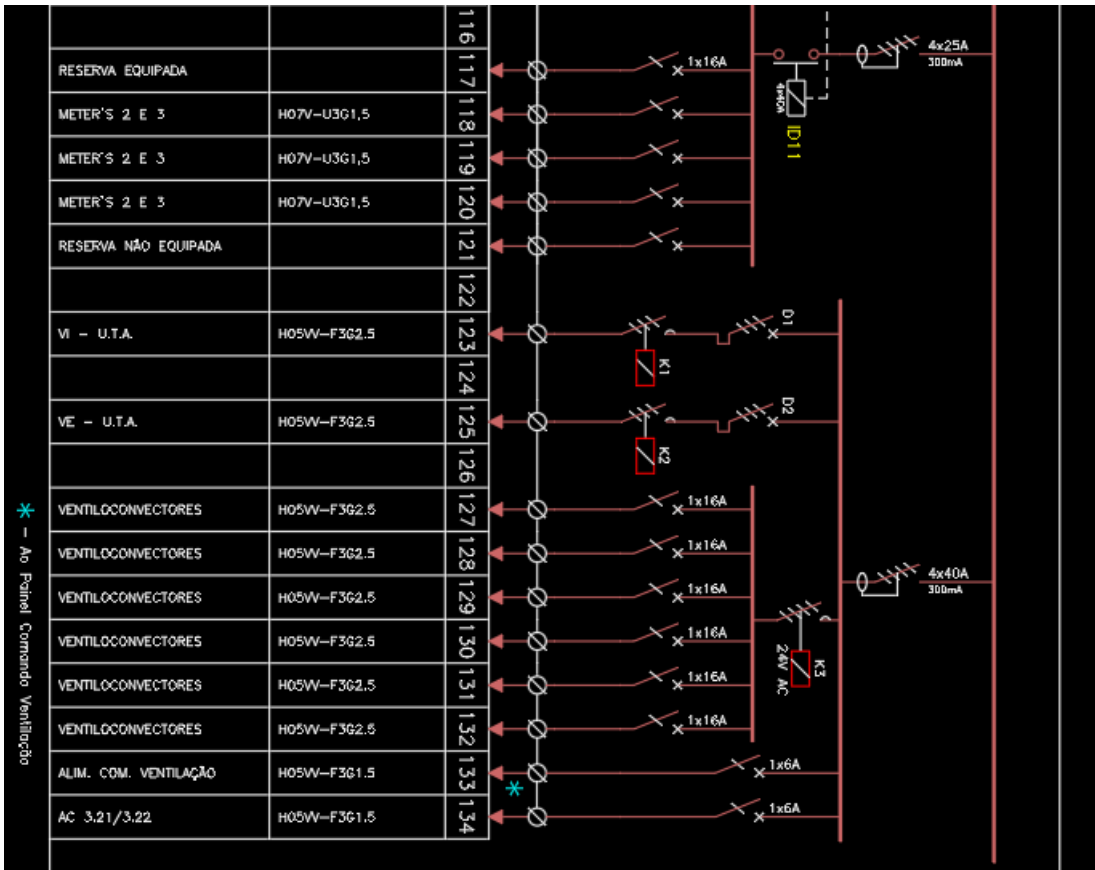


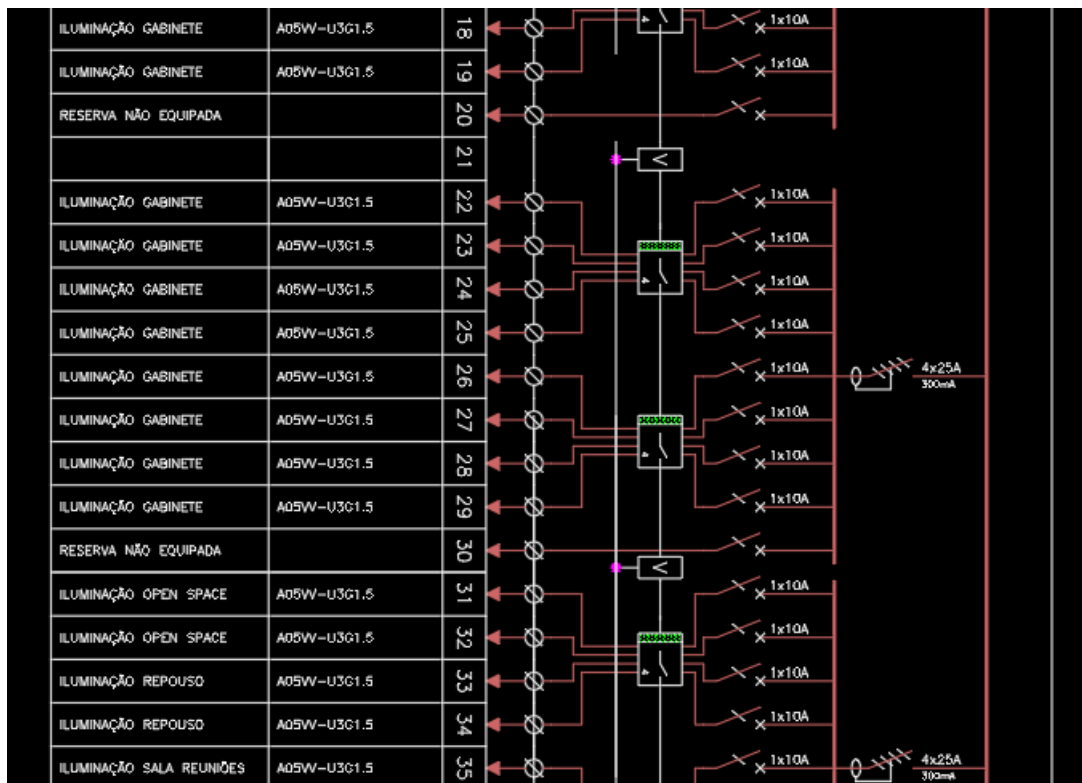
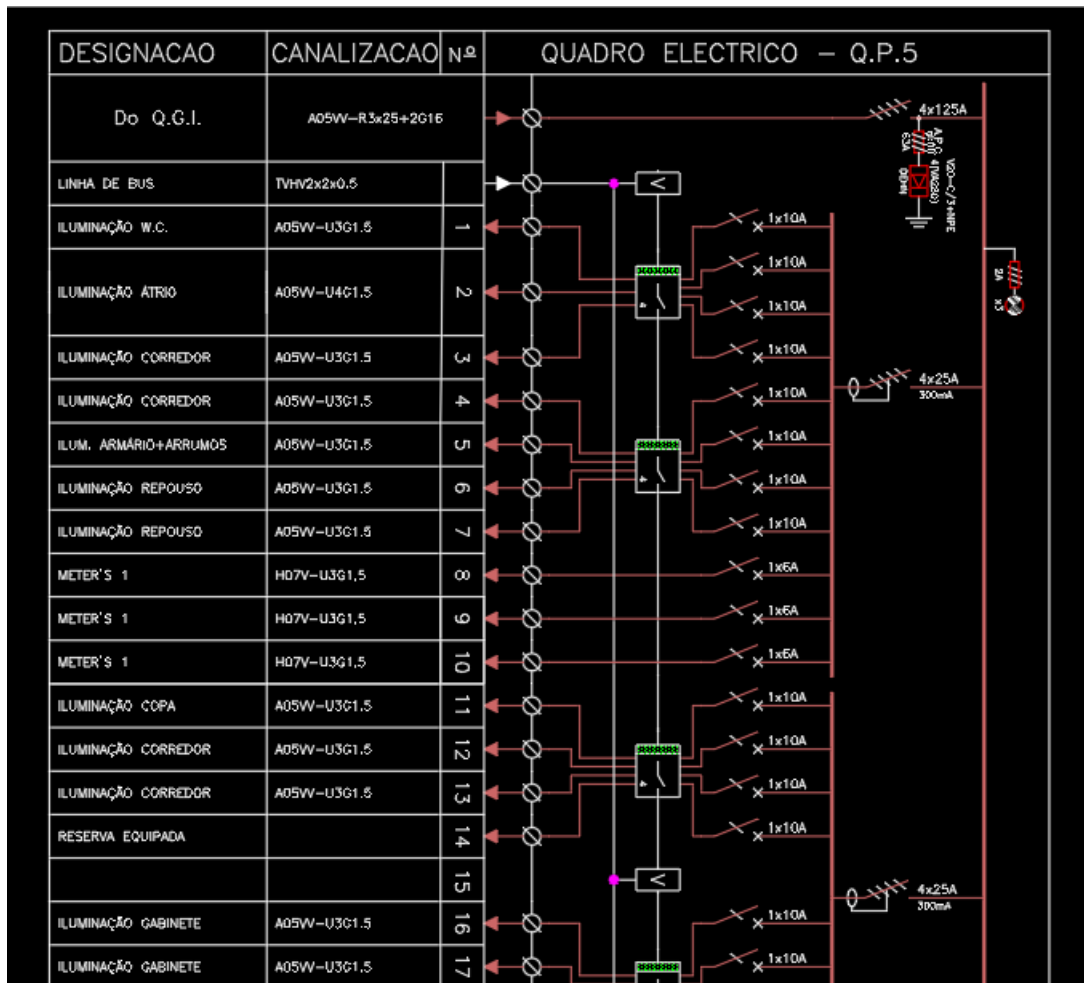


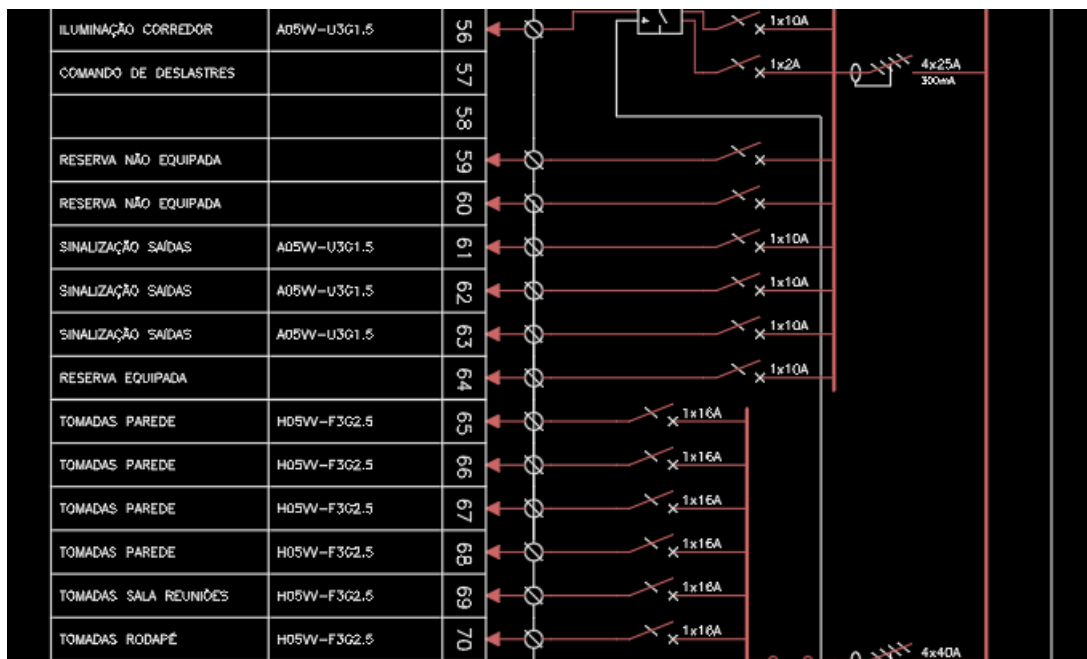
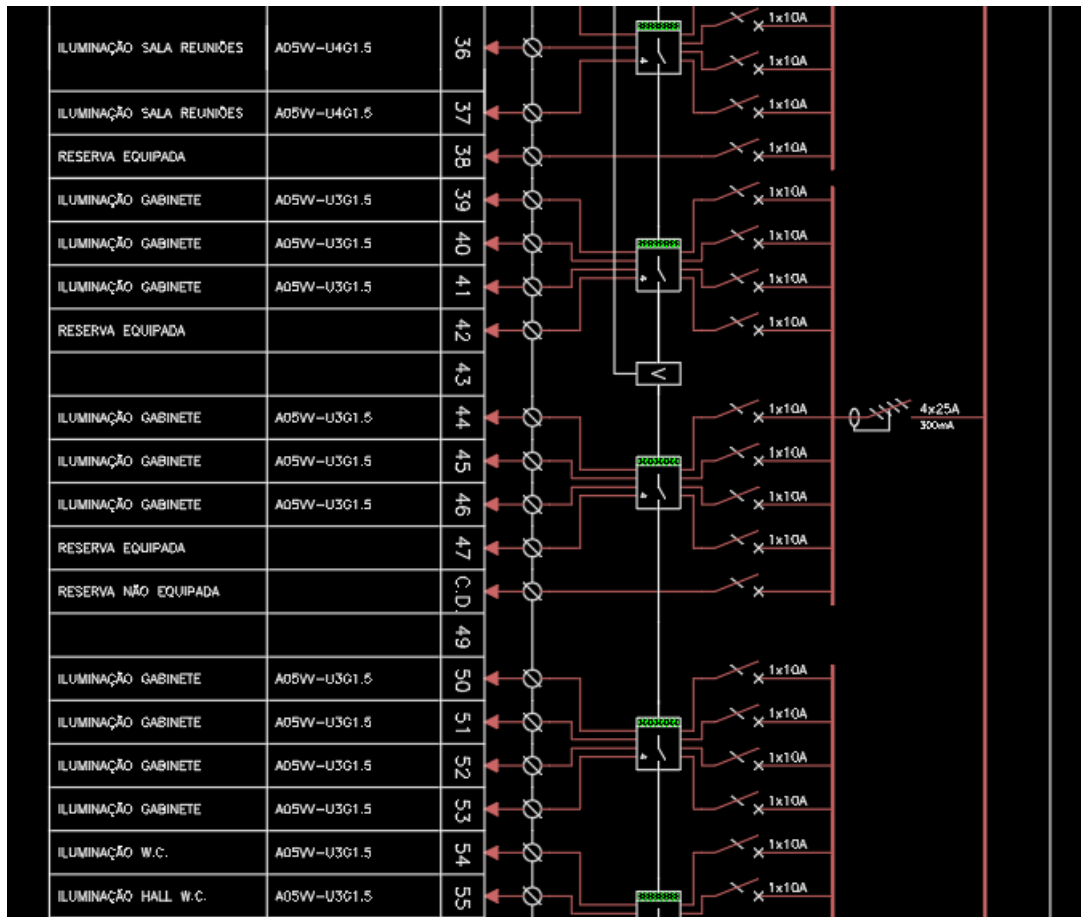


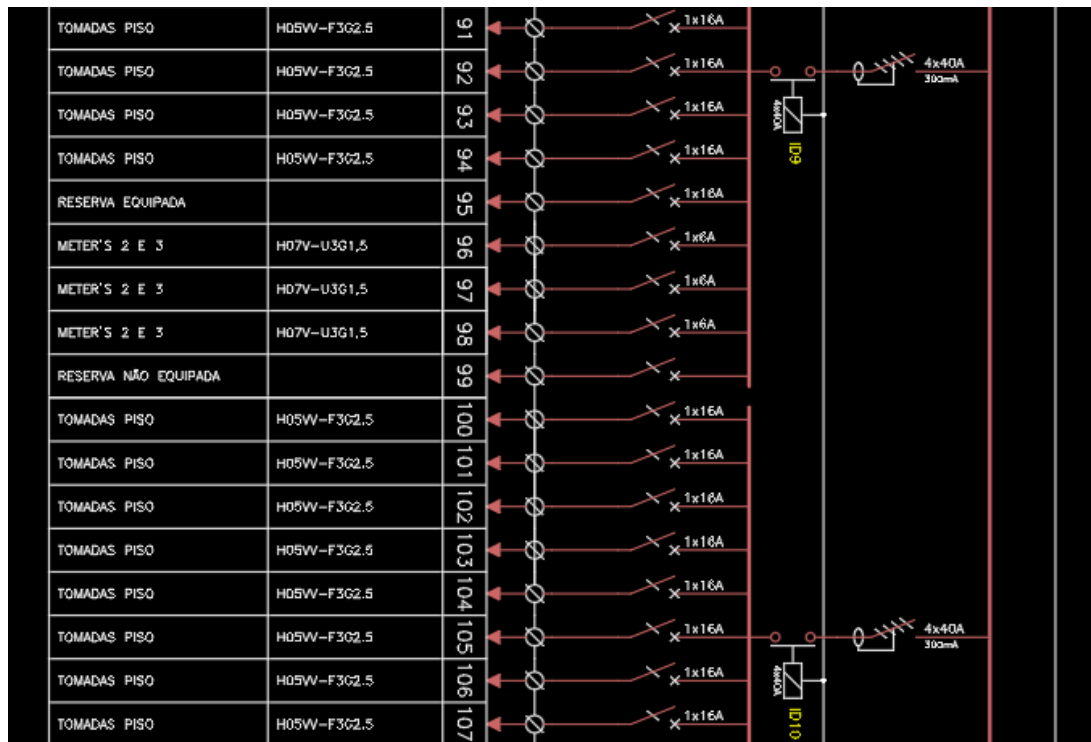
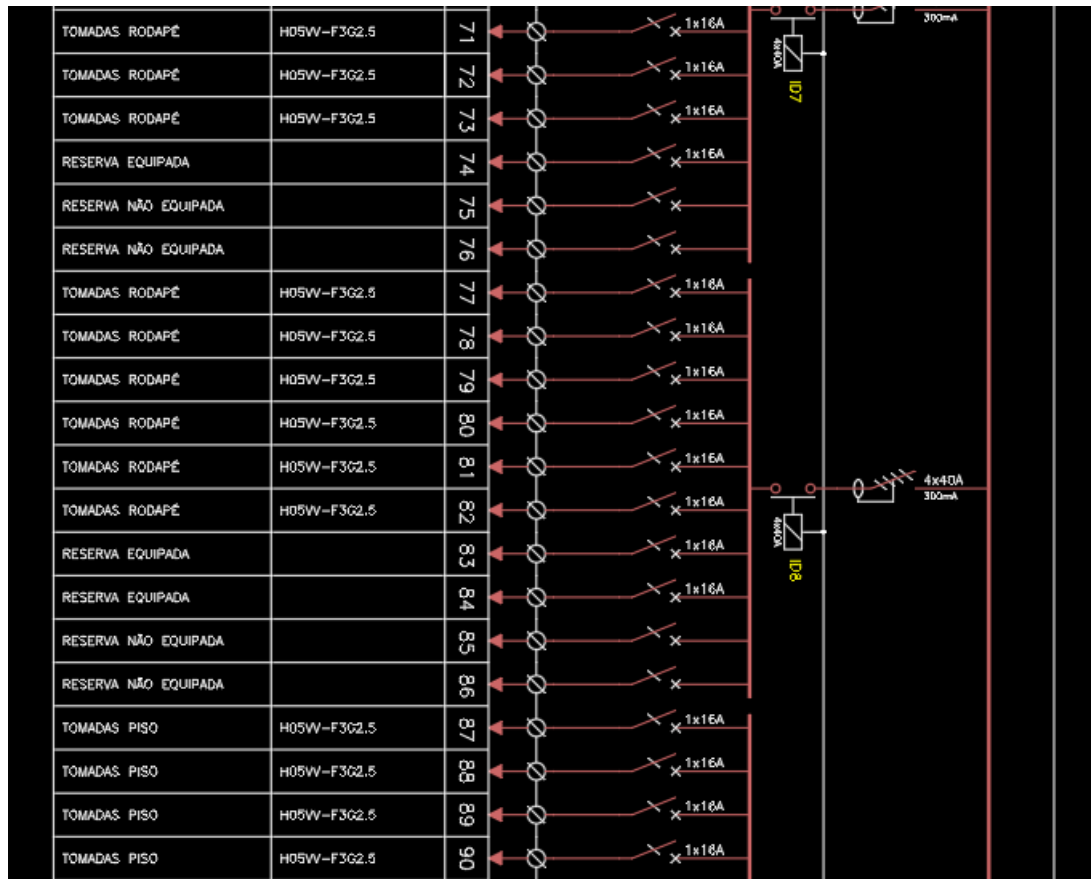


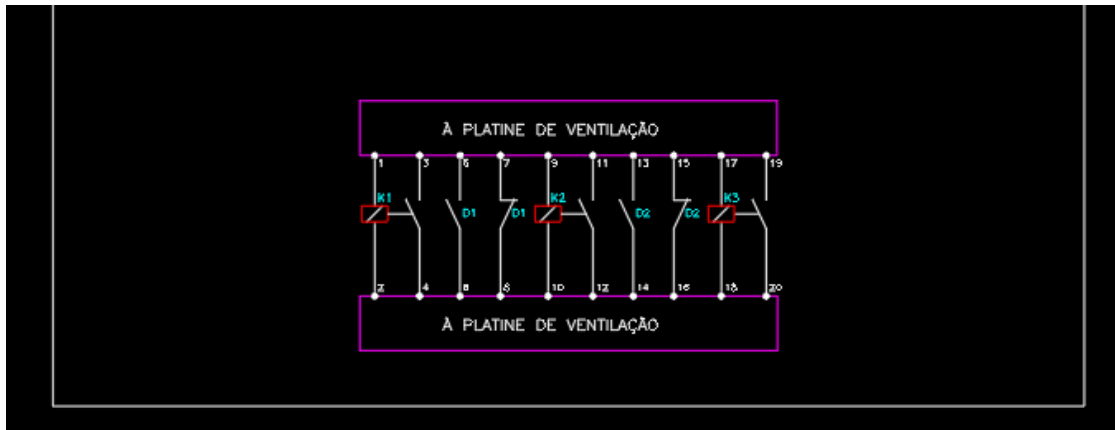
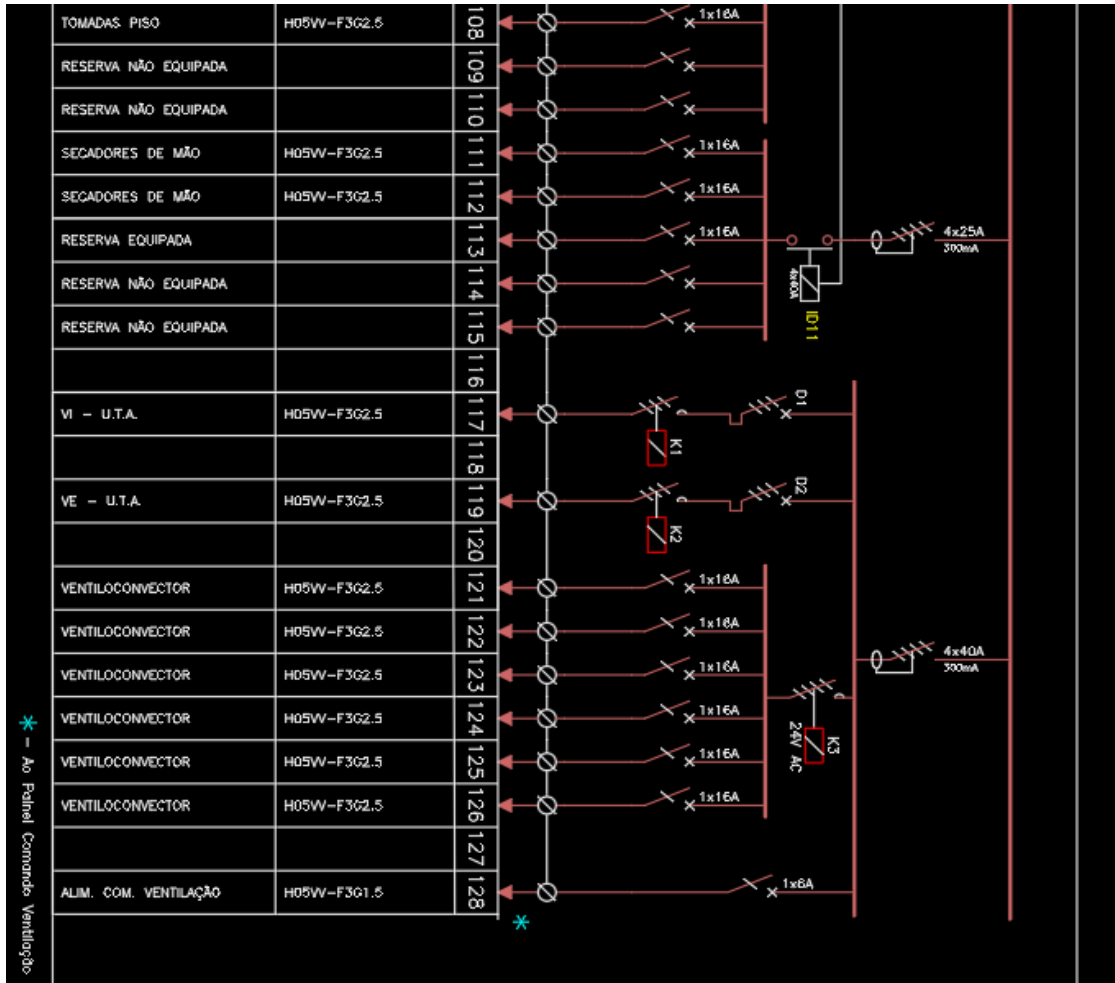


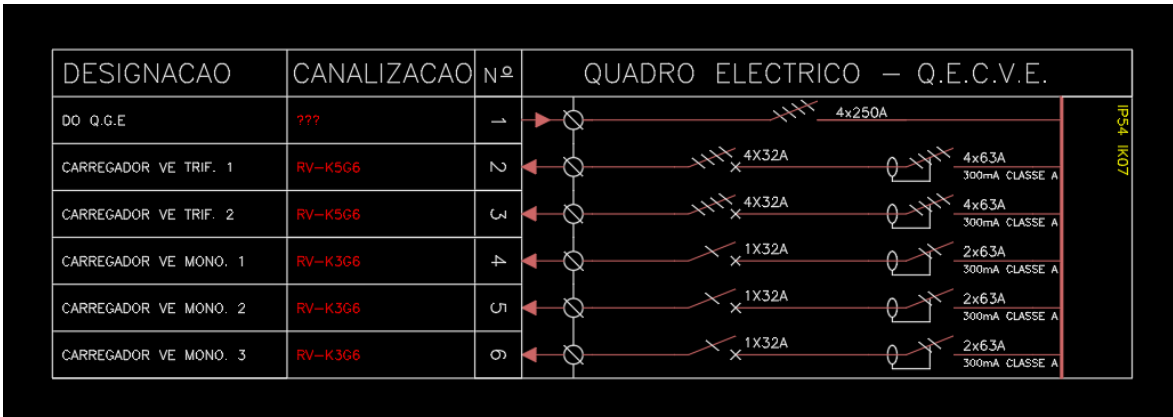




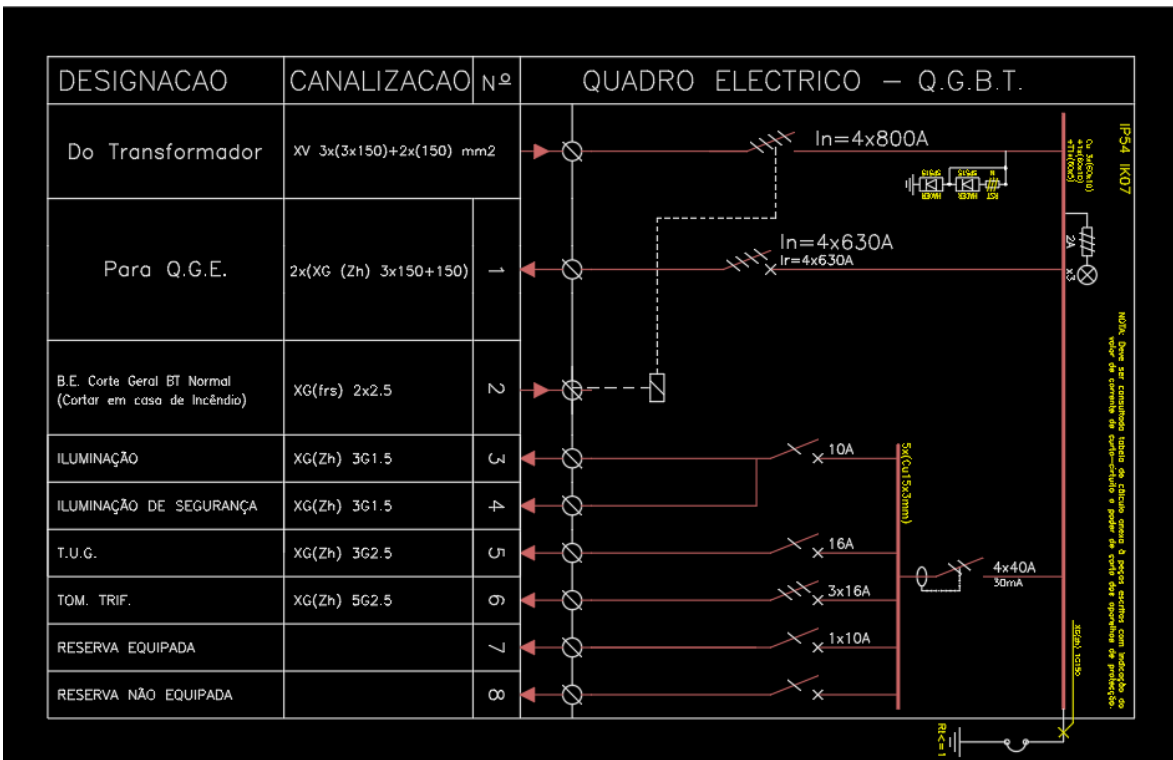


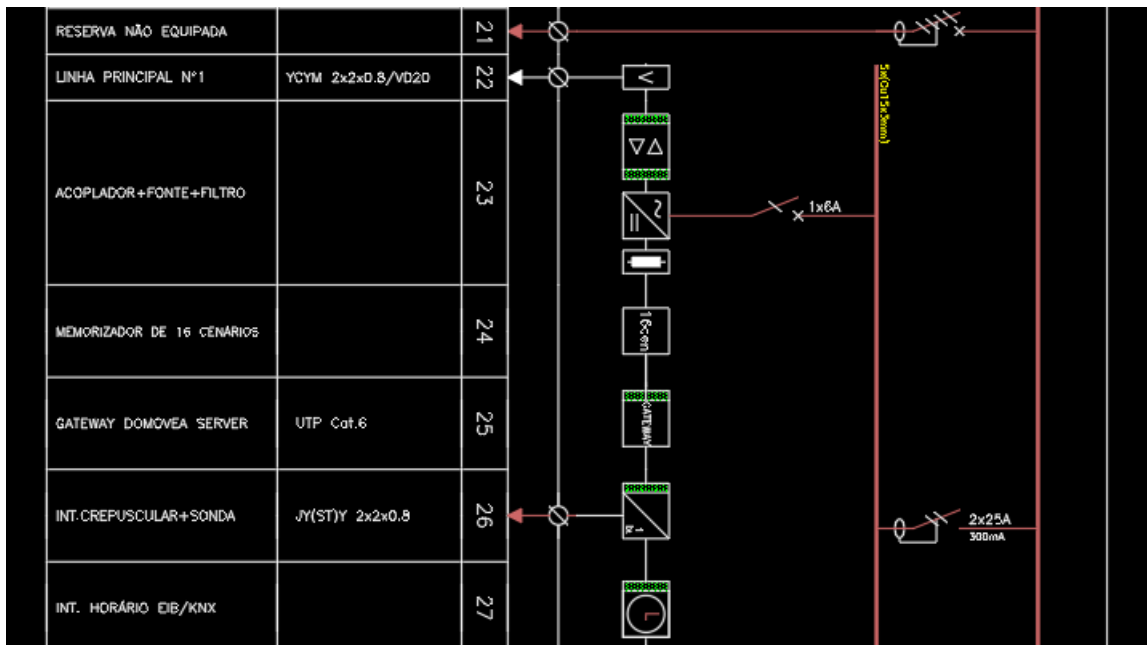
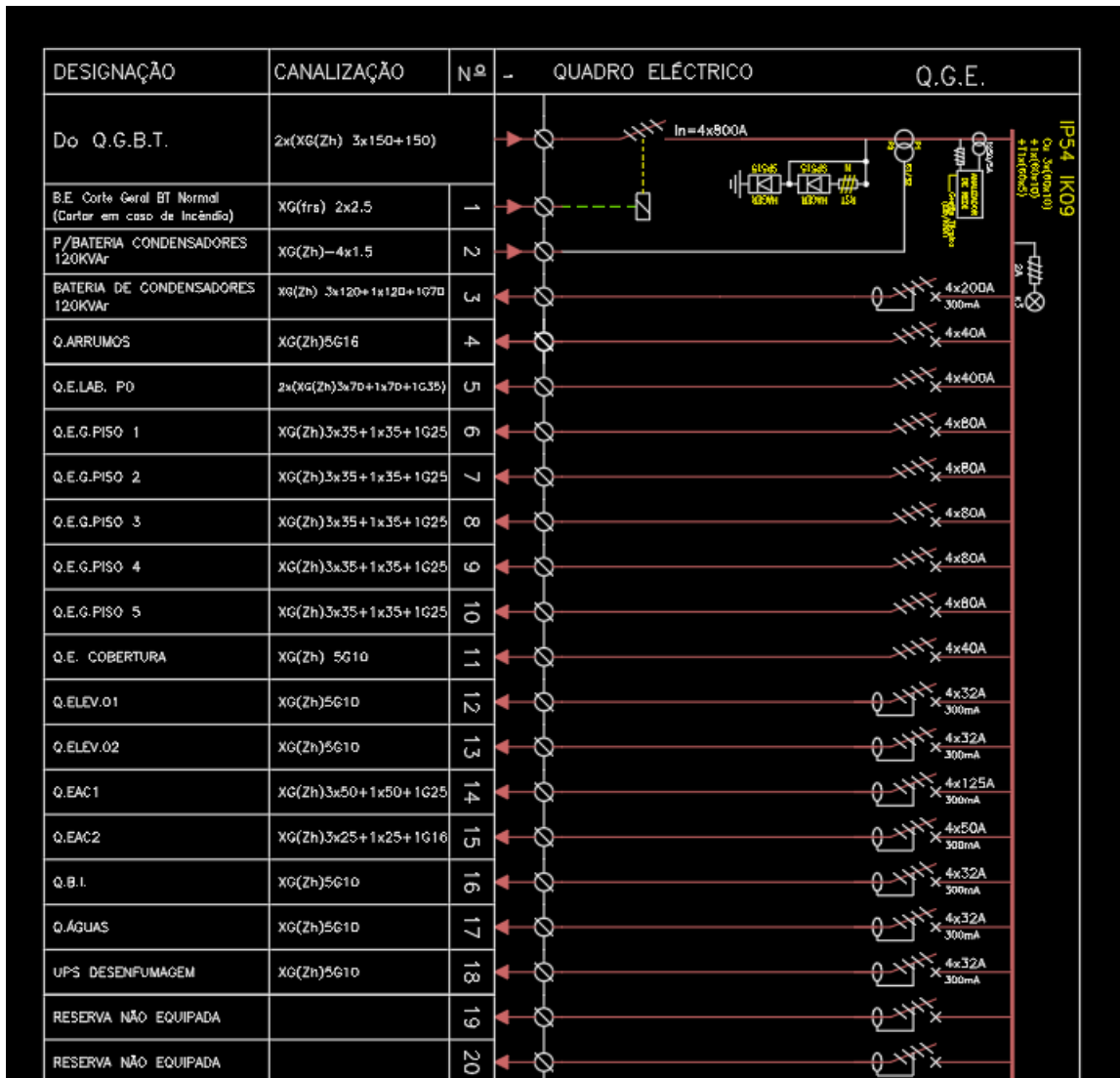


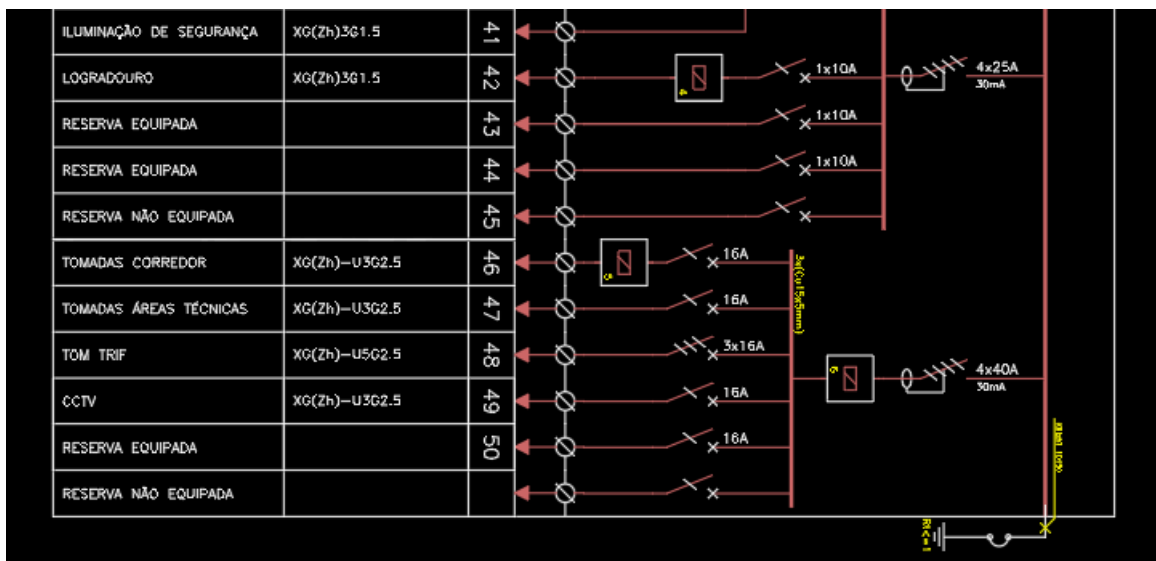
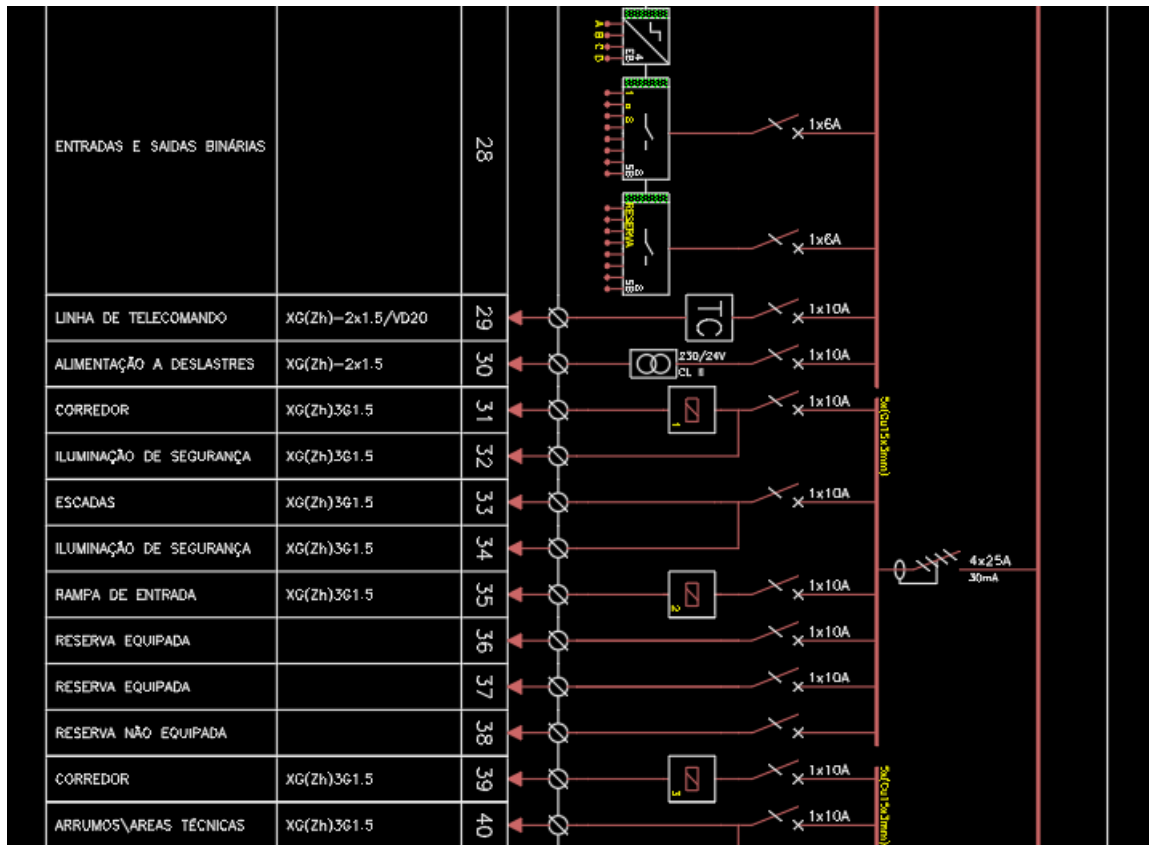


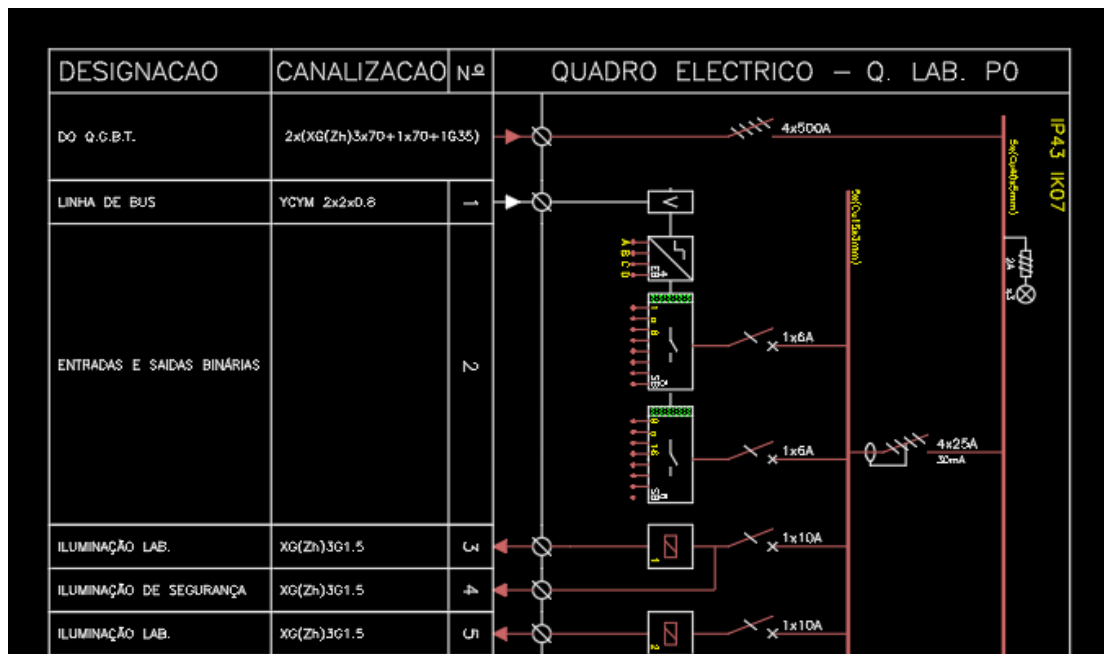
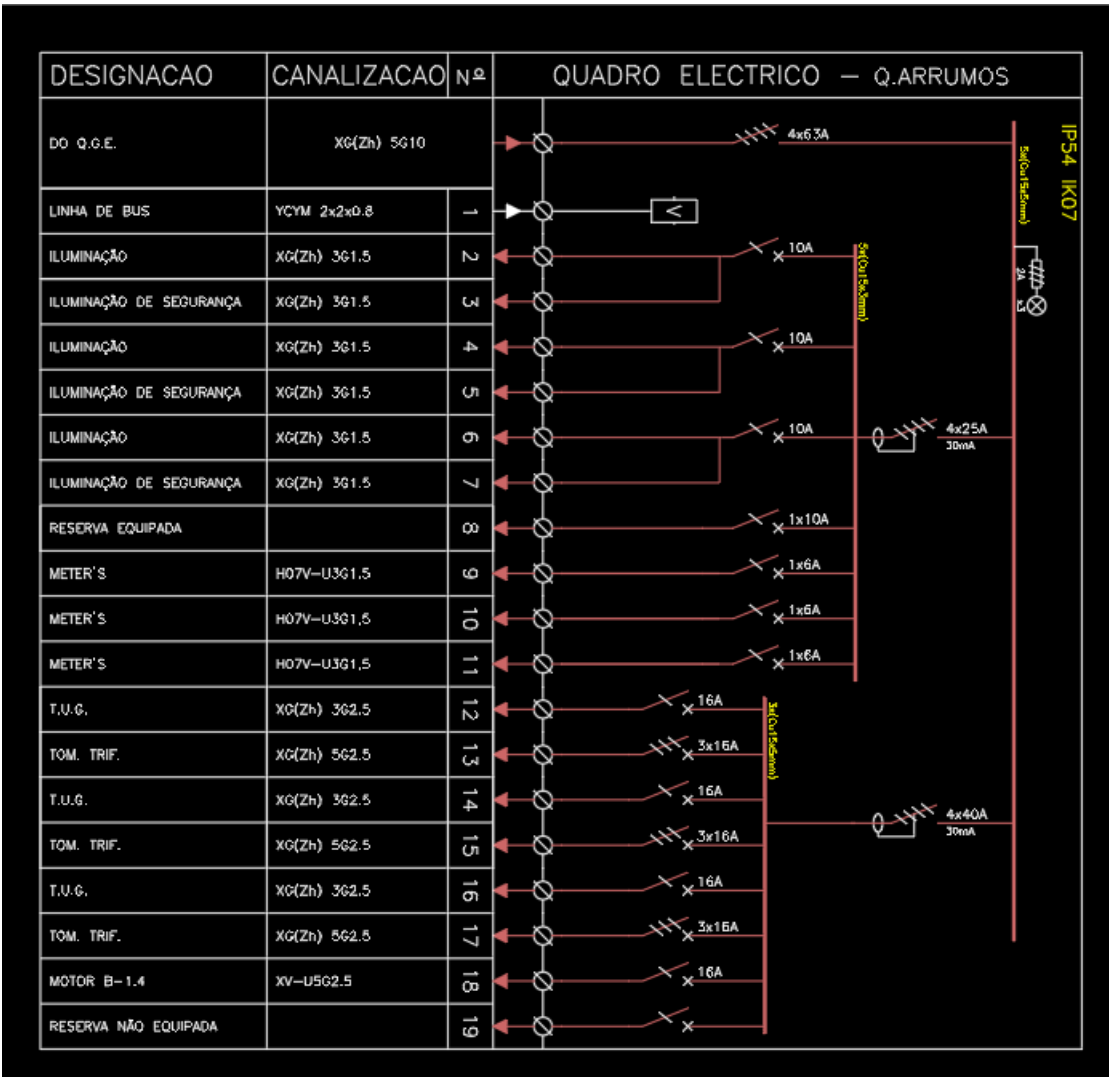


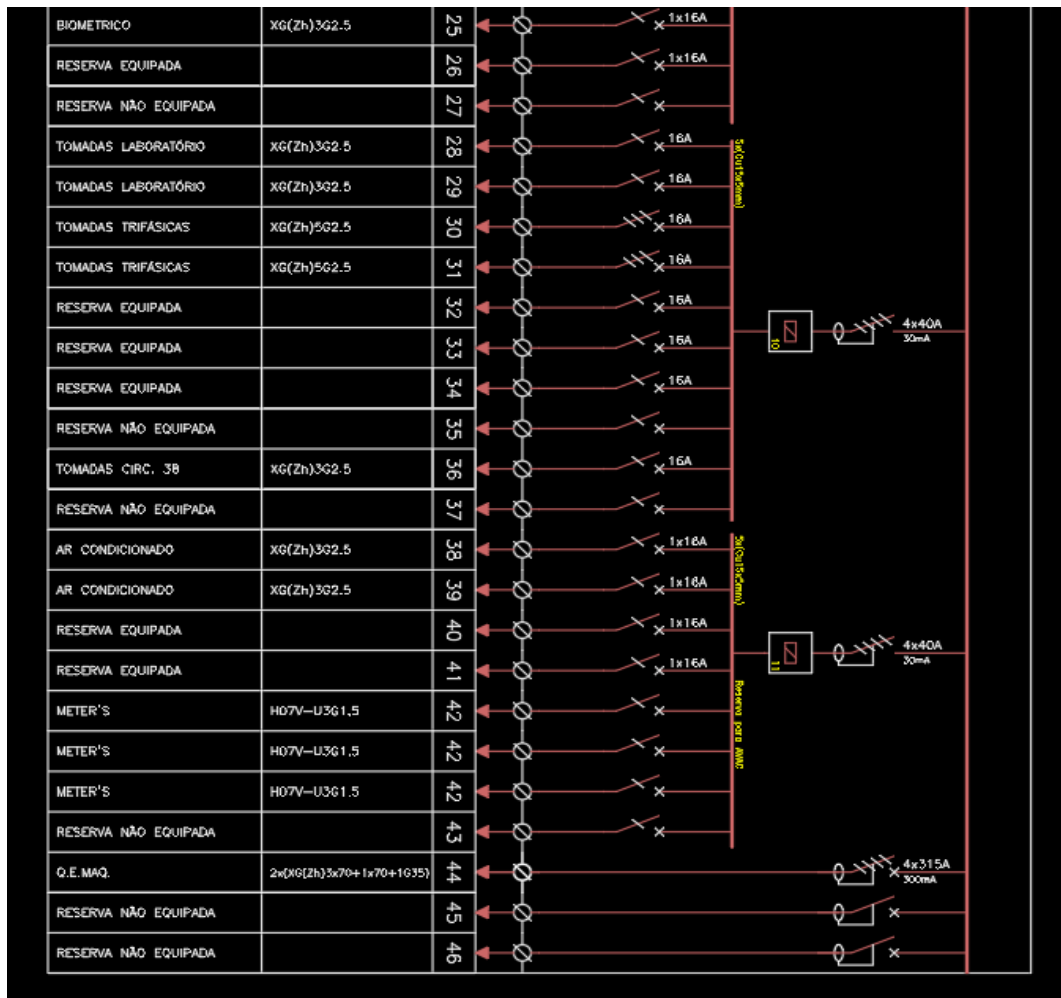
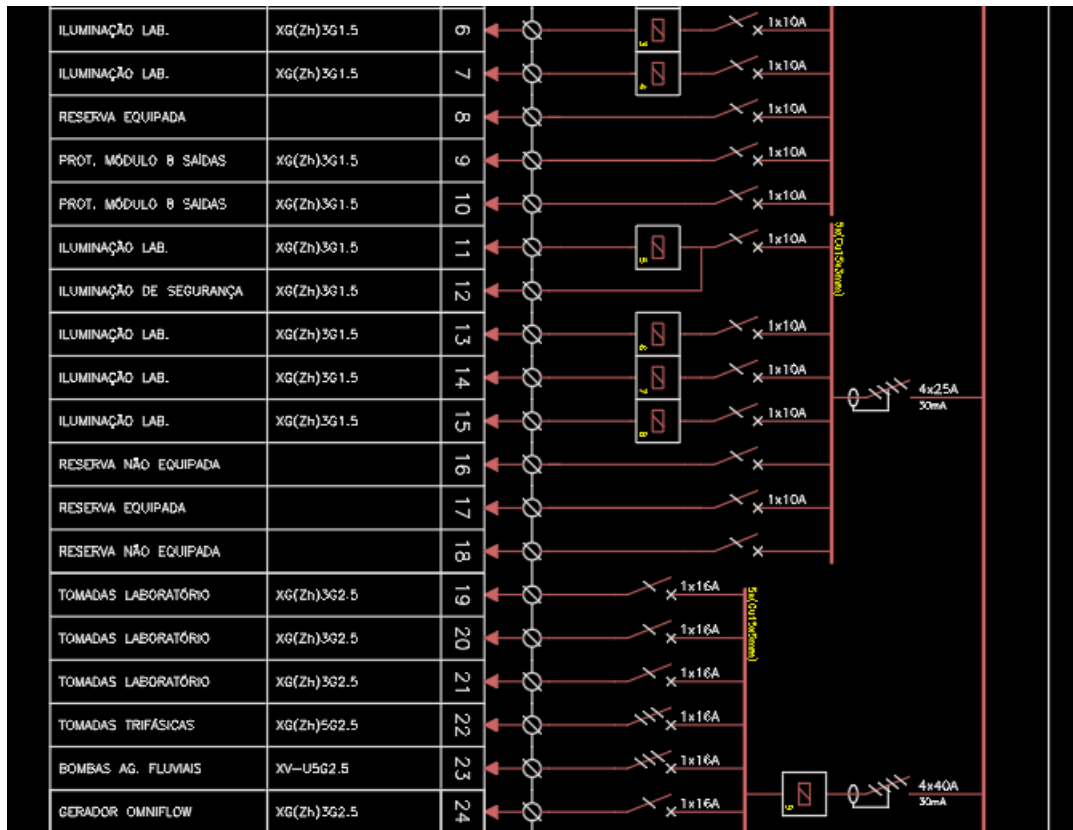
Anexo A.2 – Esquemas unifilares dos quadros elétricos do edifício B do INESC TEC

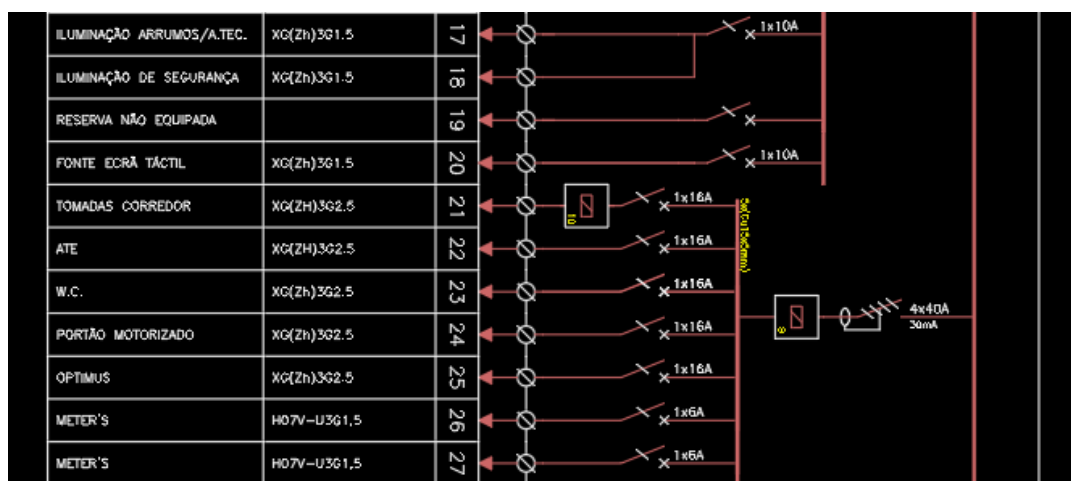
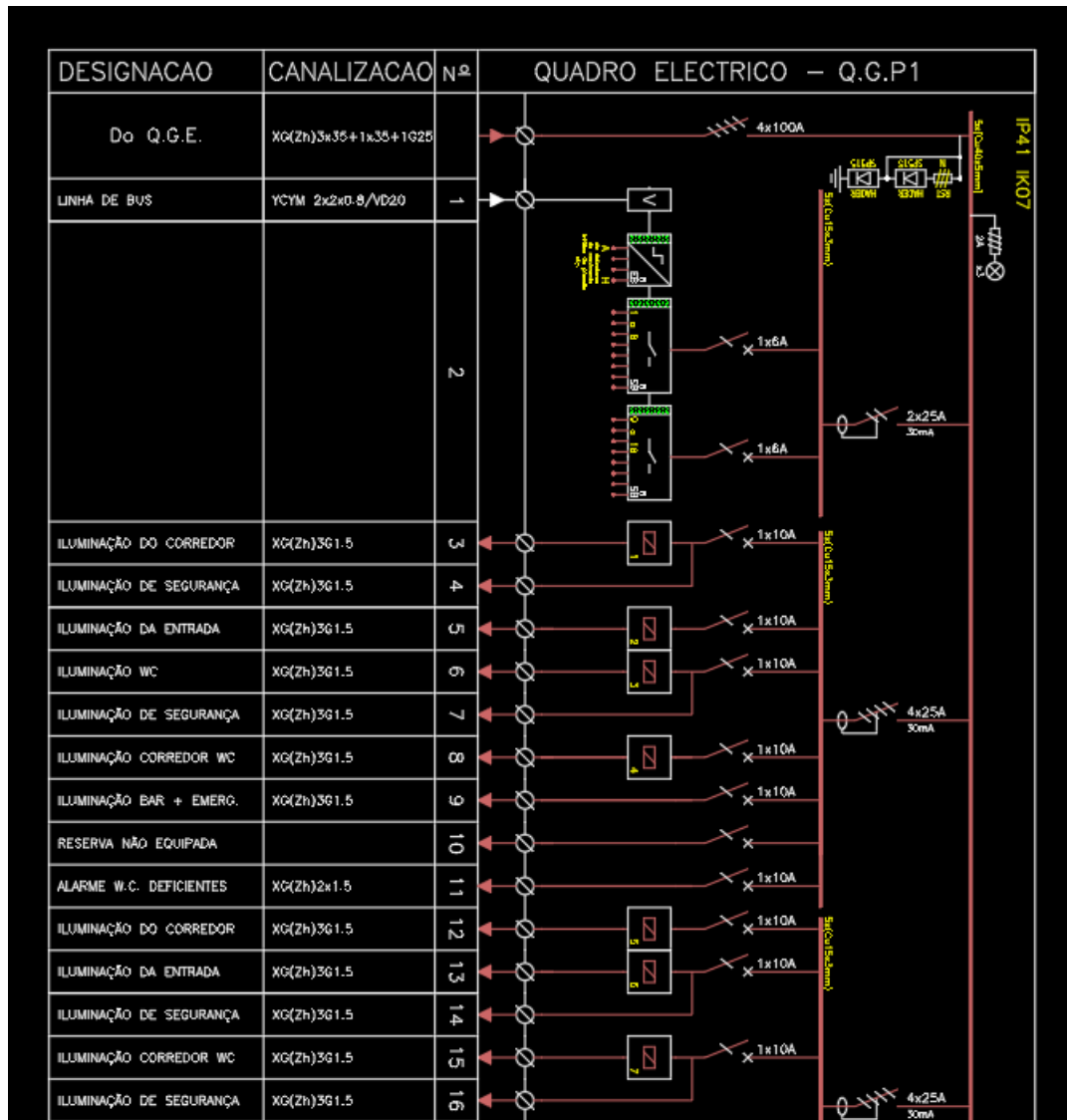


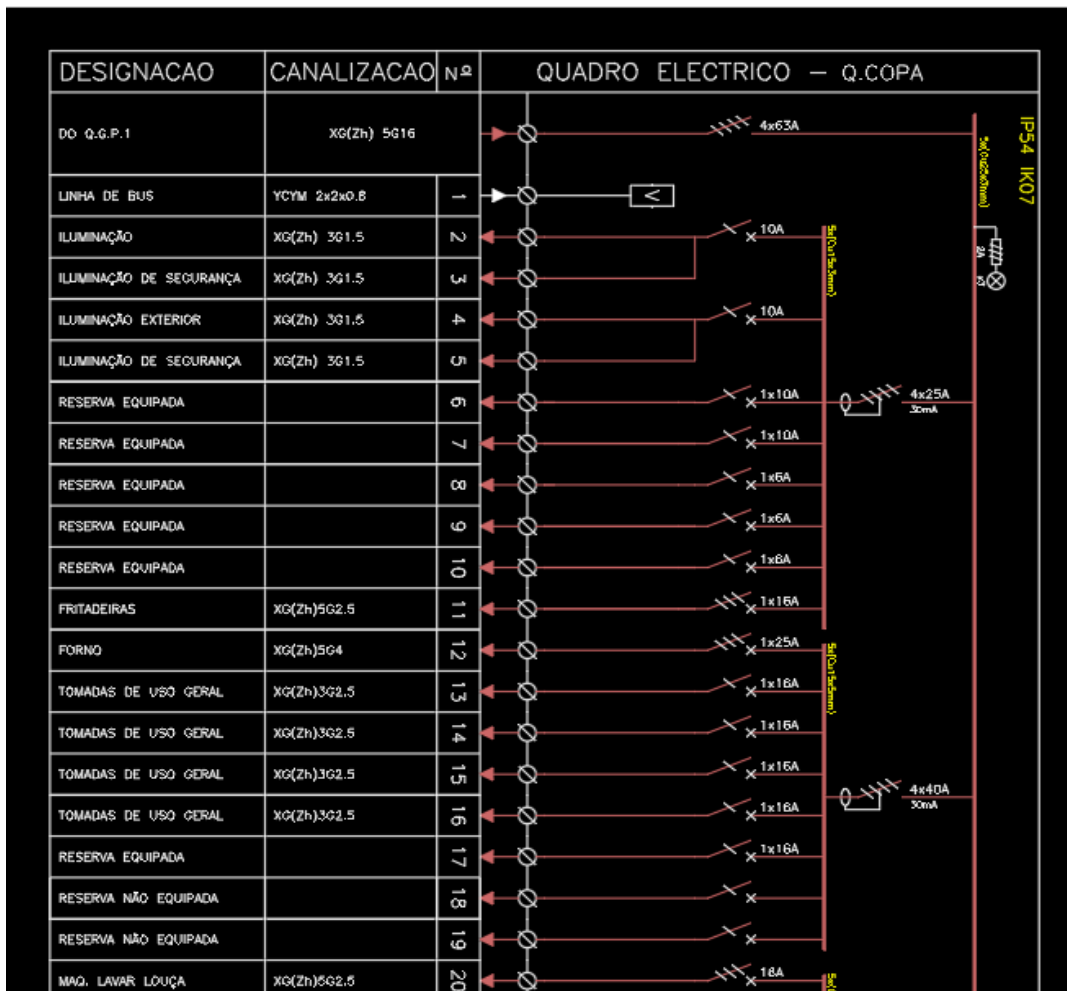
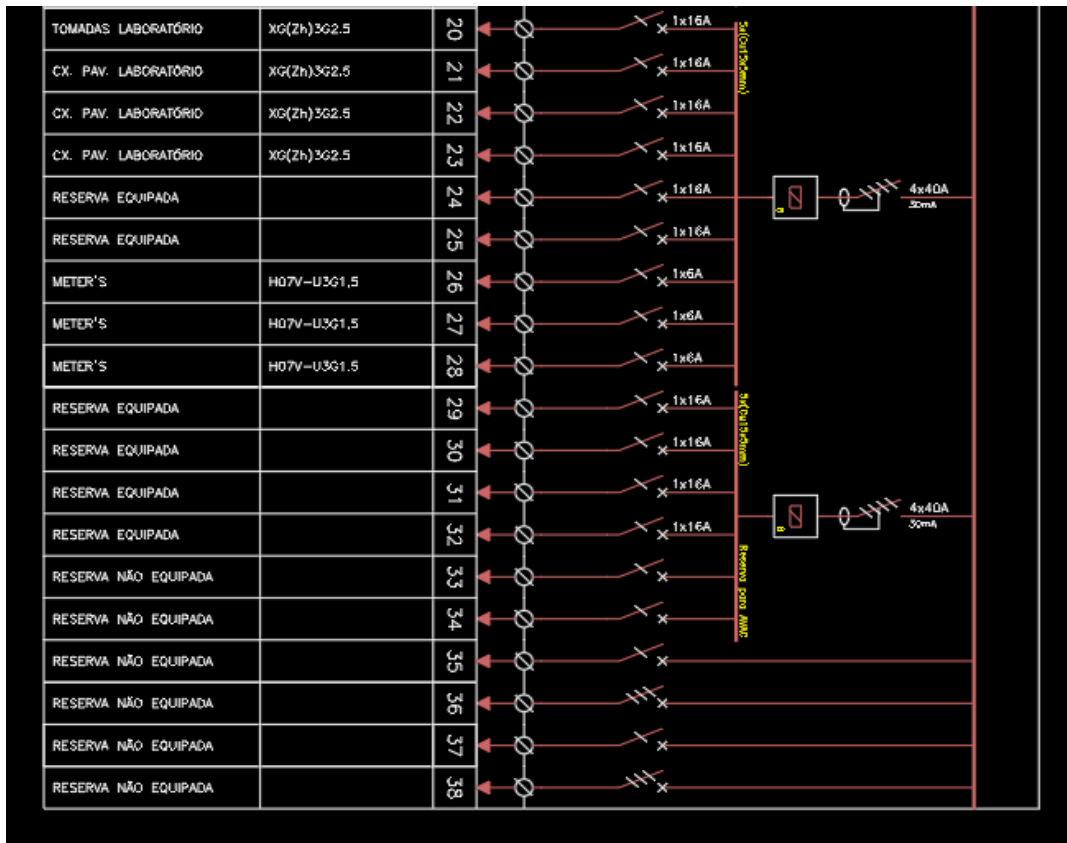


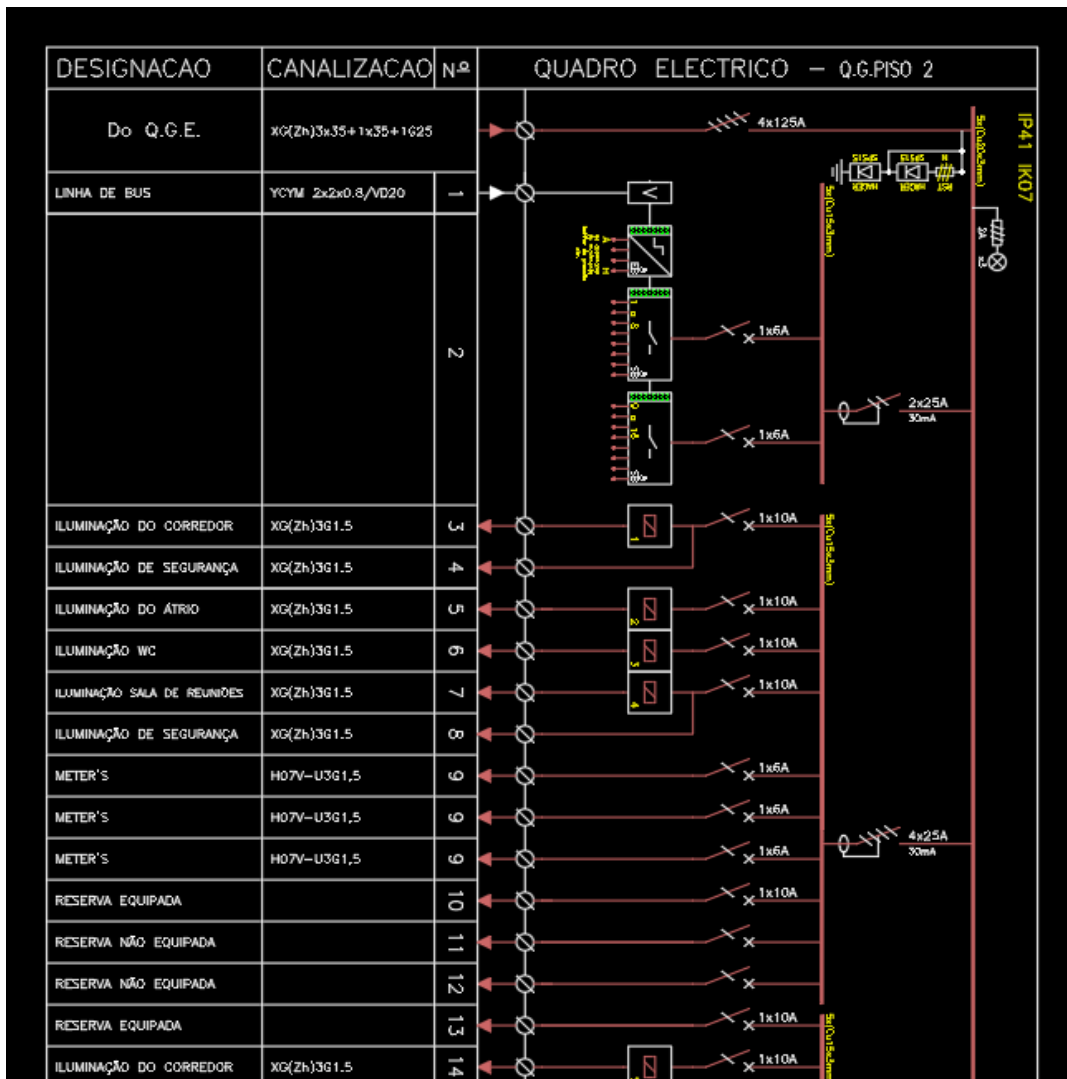
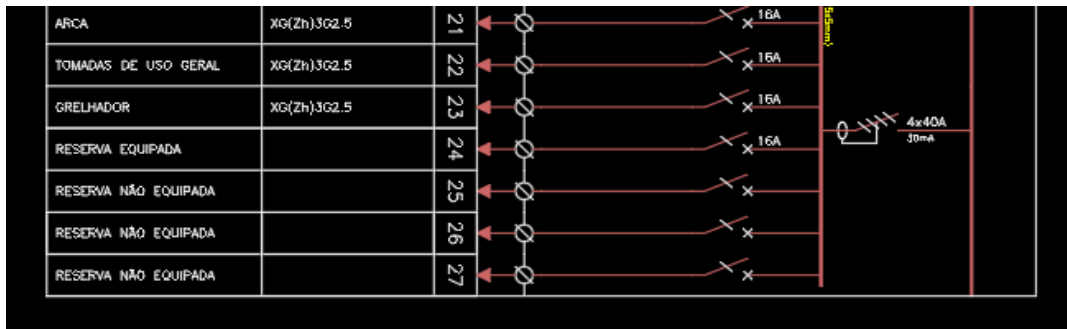


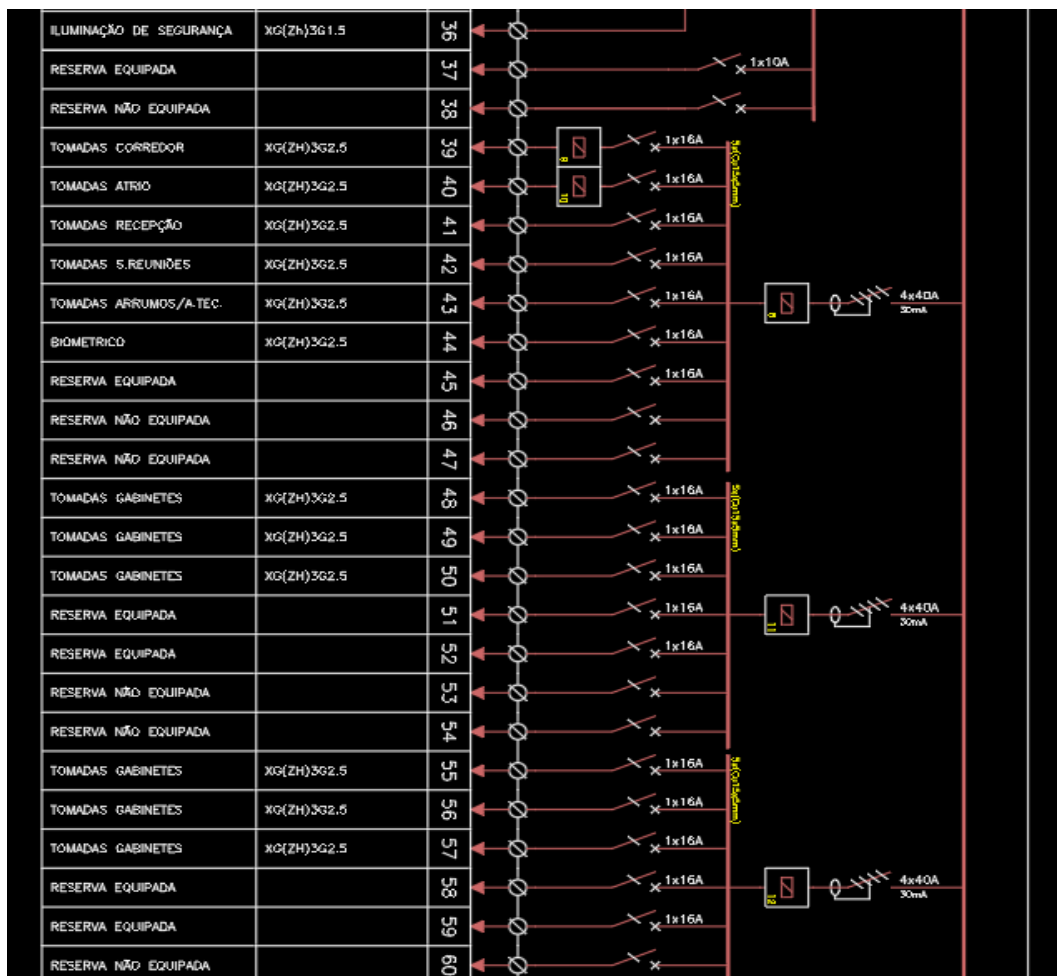
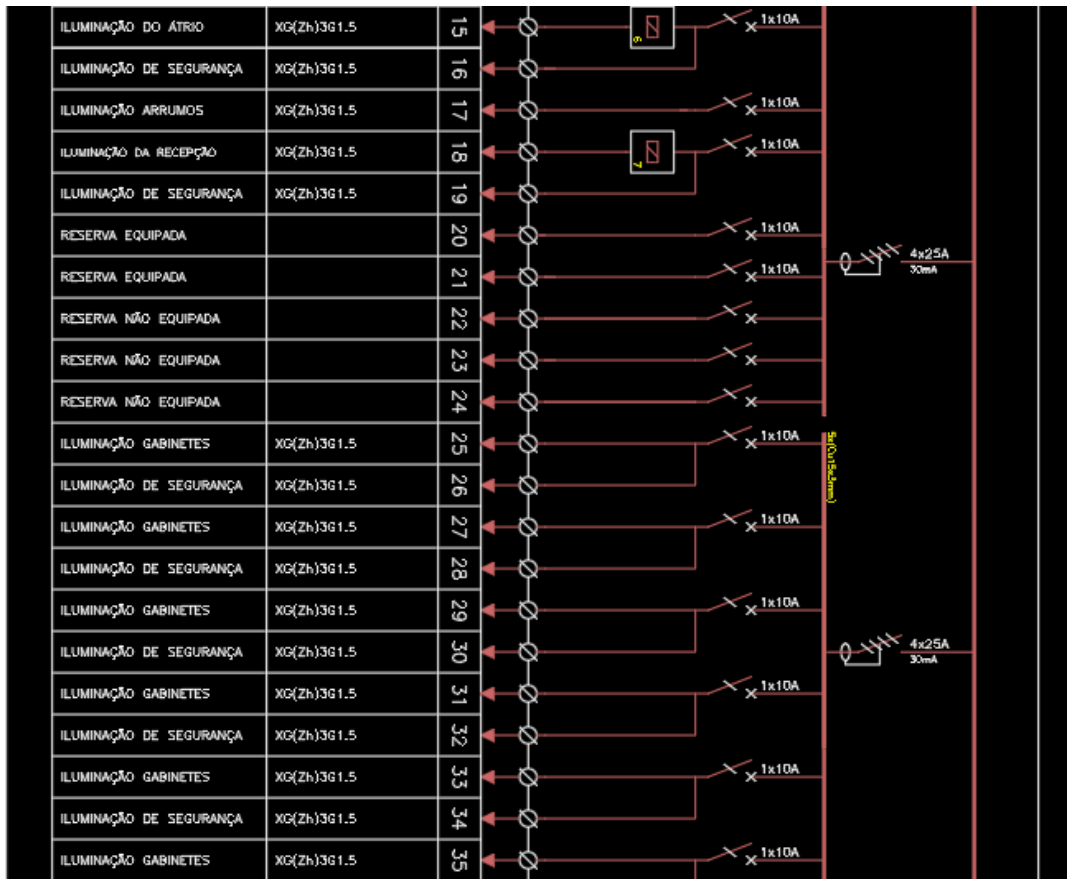


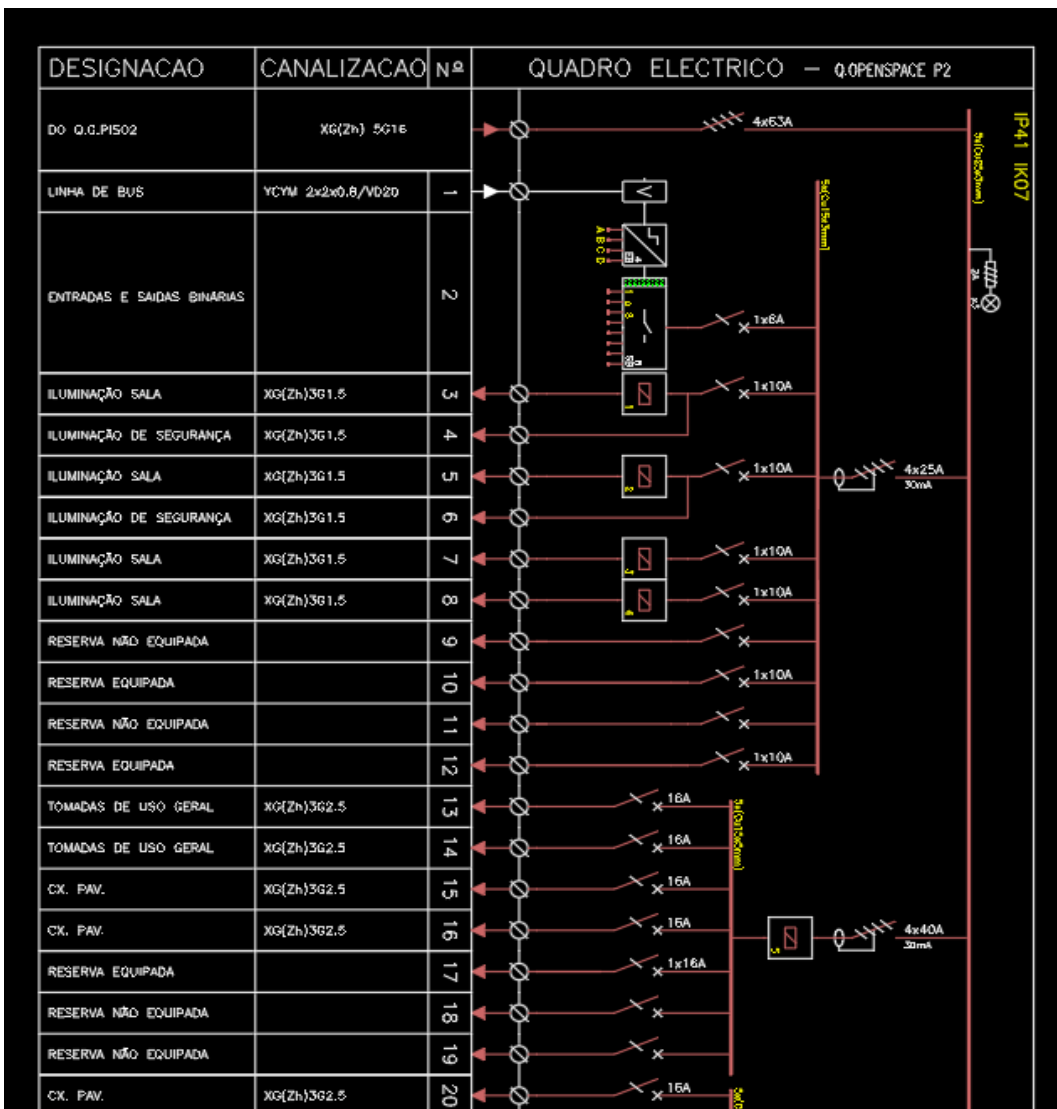
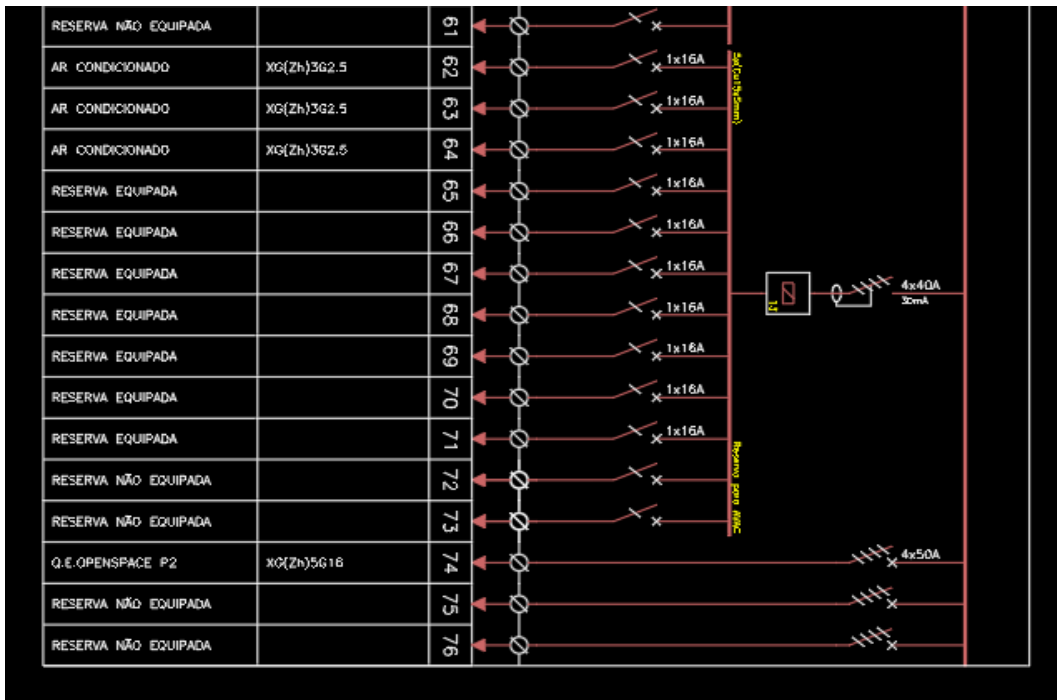


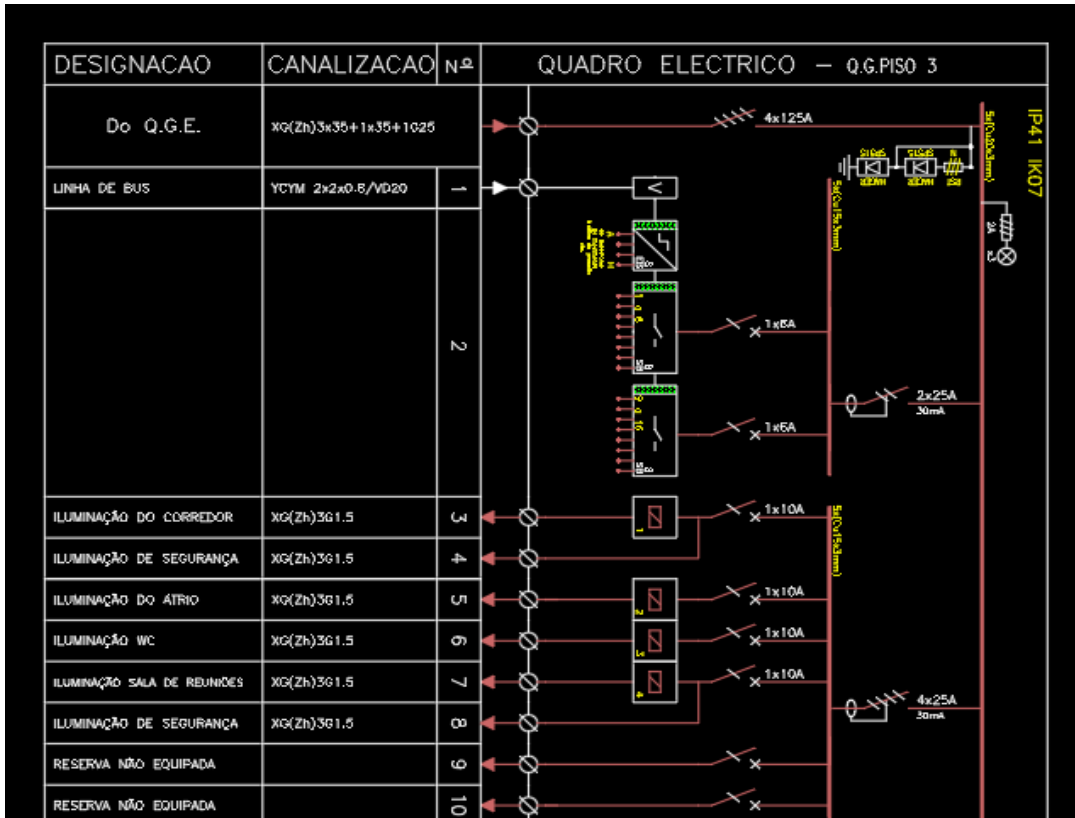
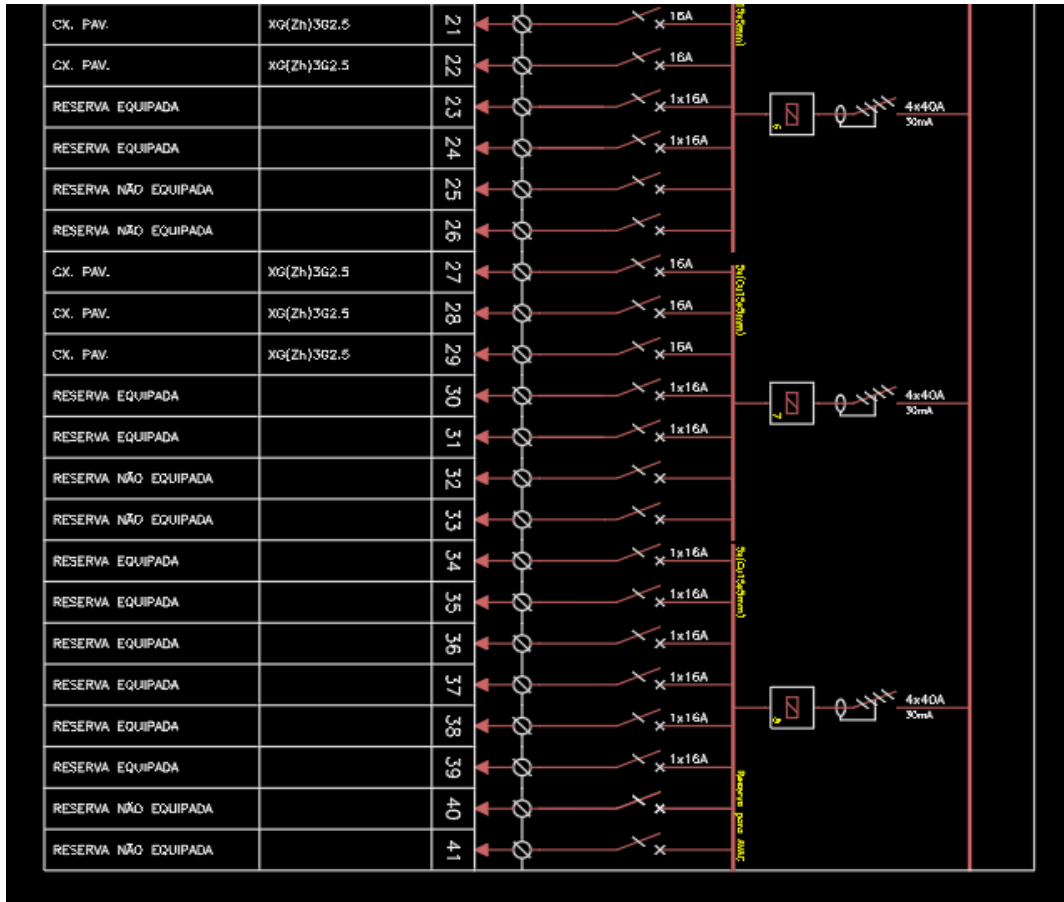


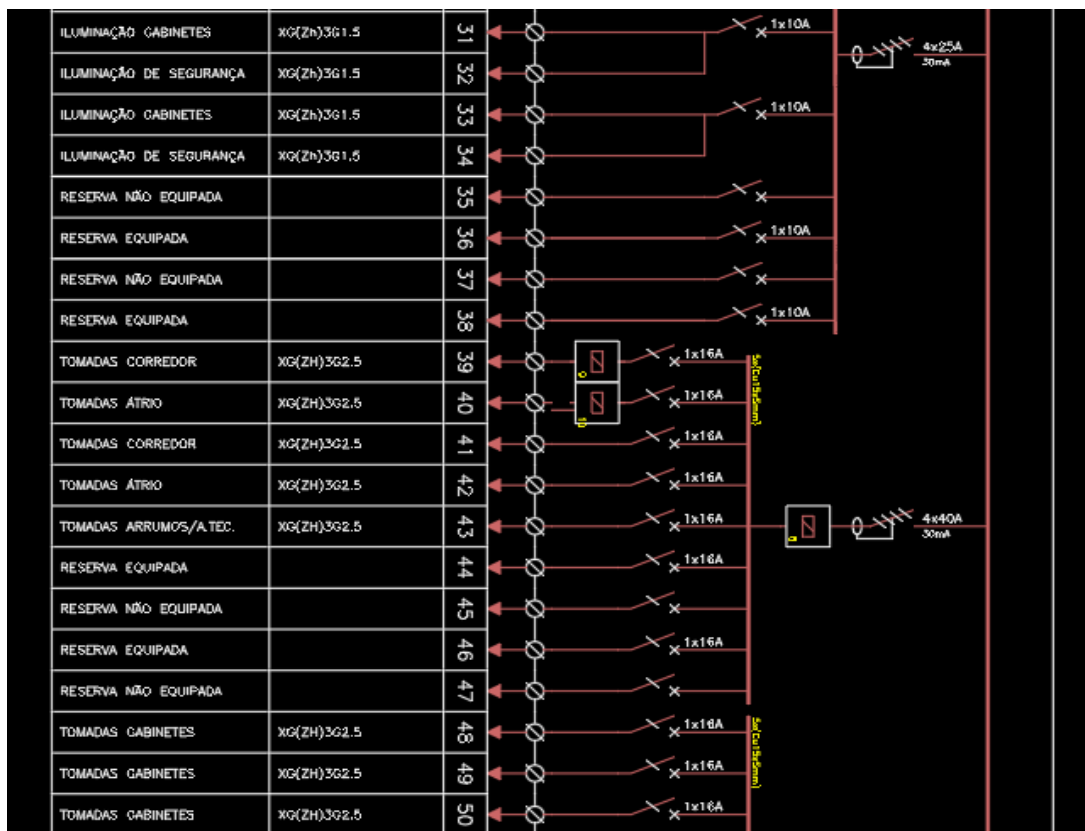
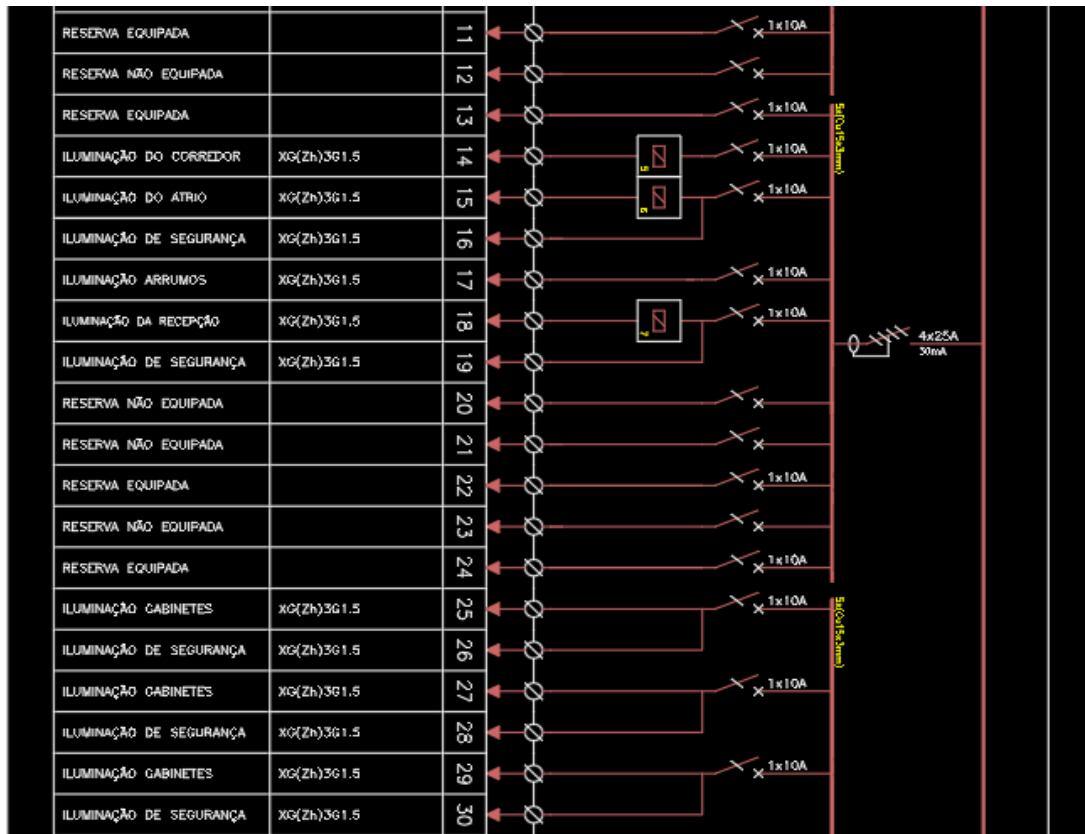


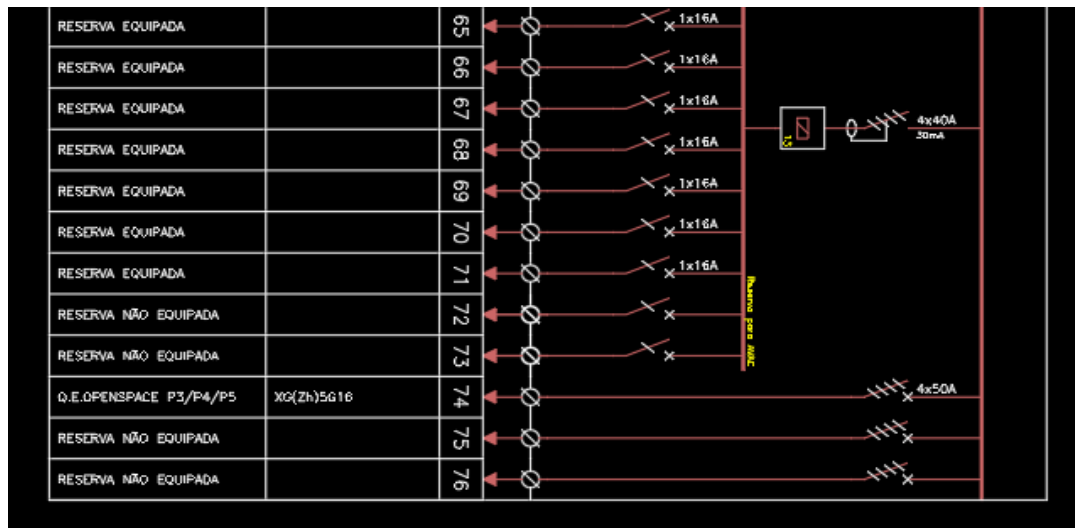
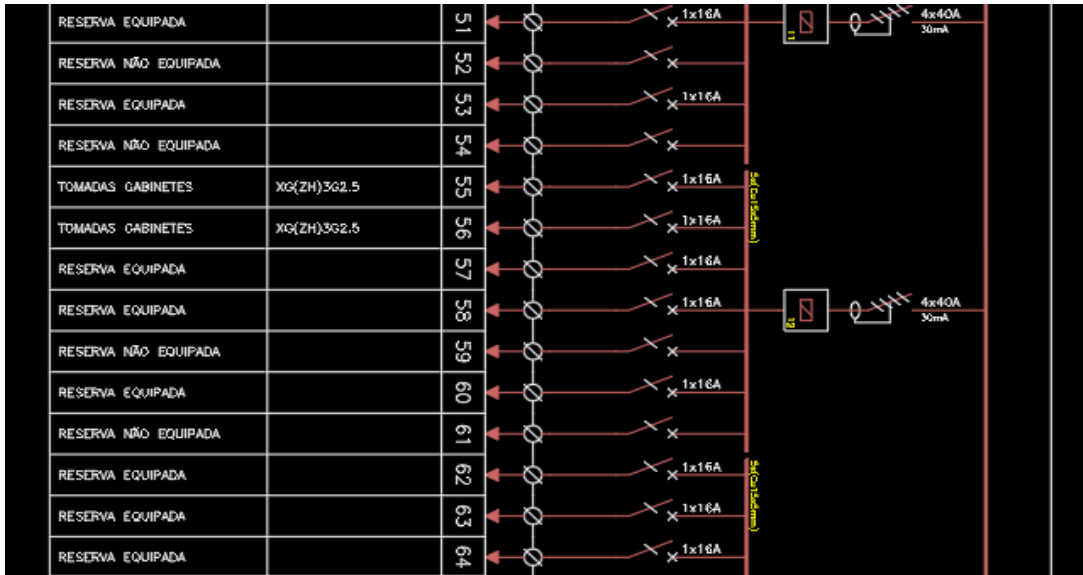


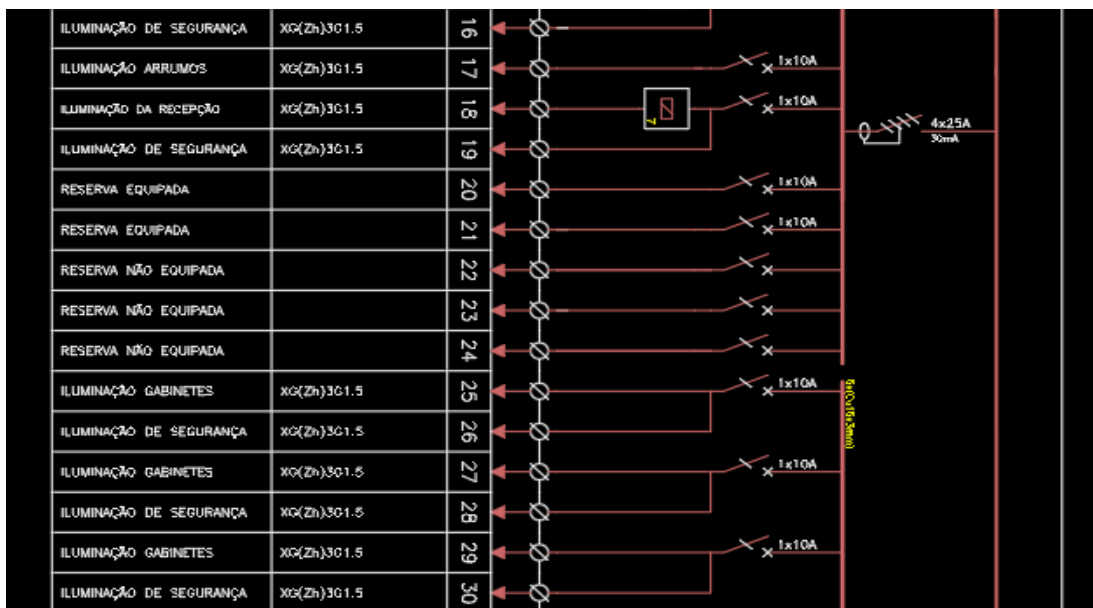
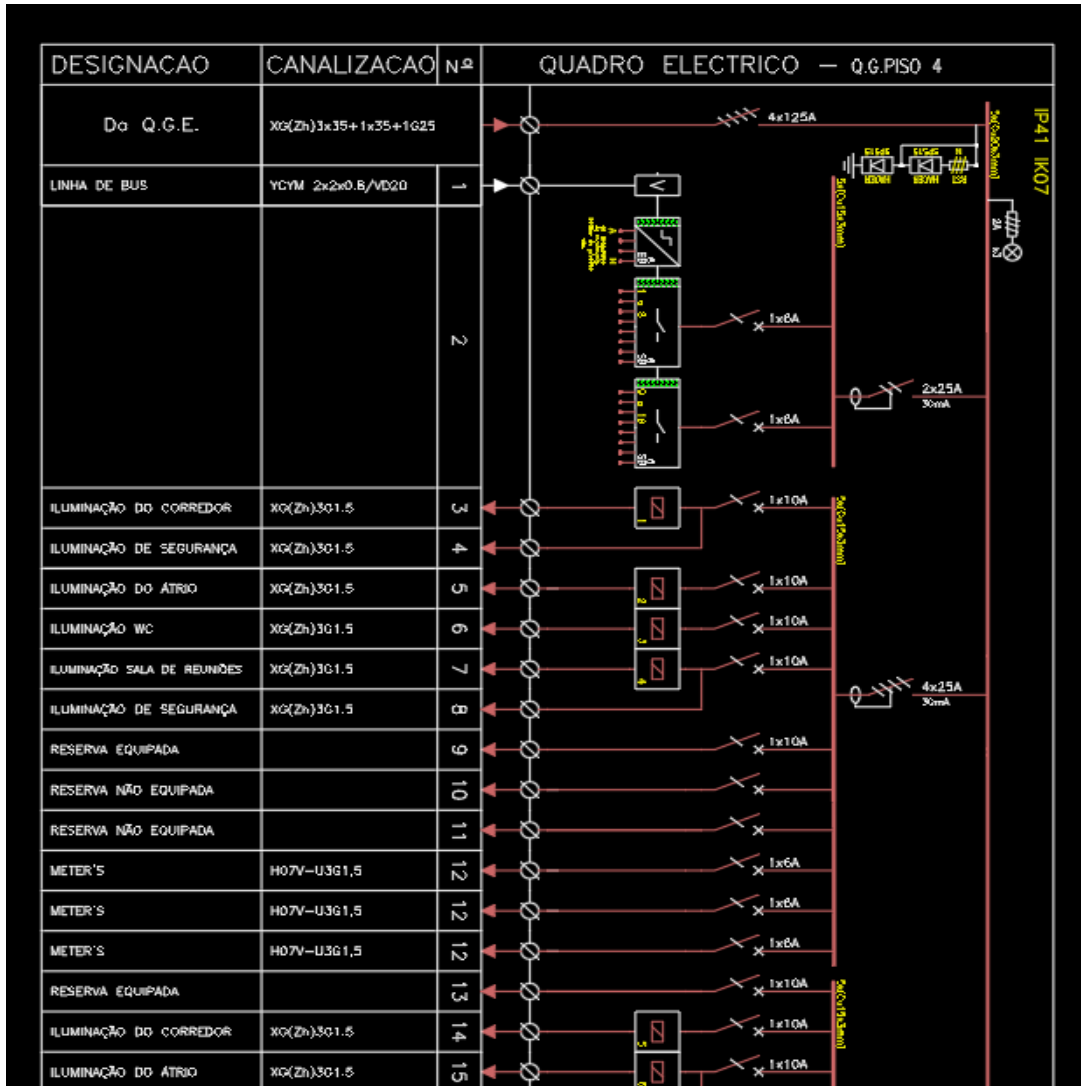


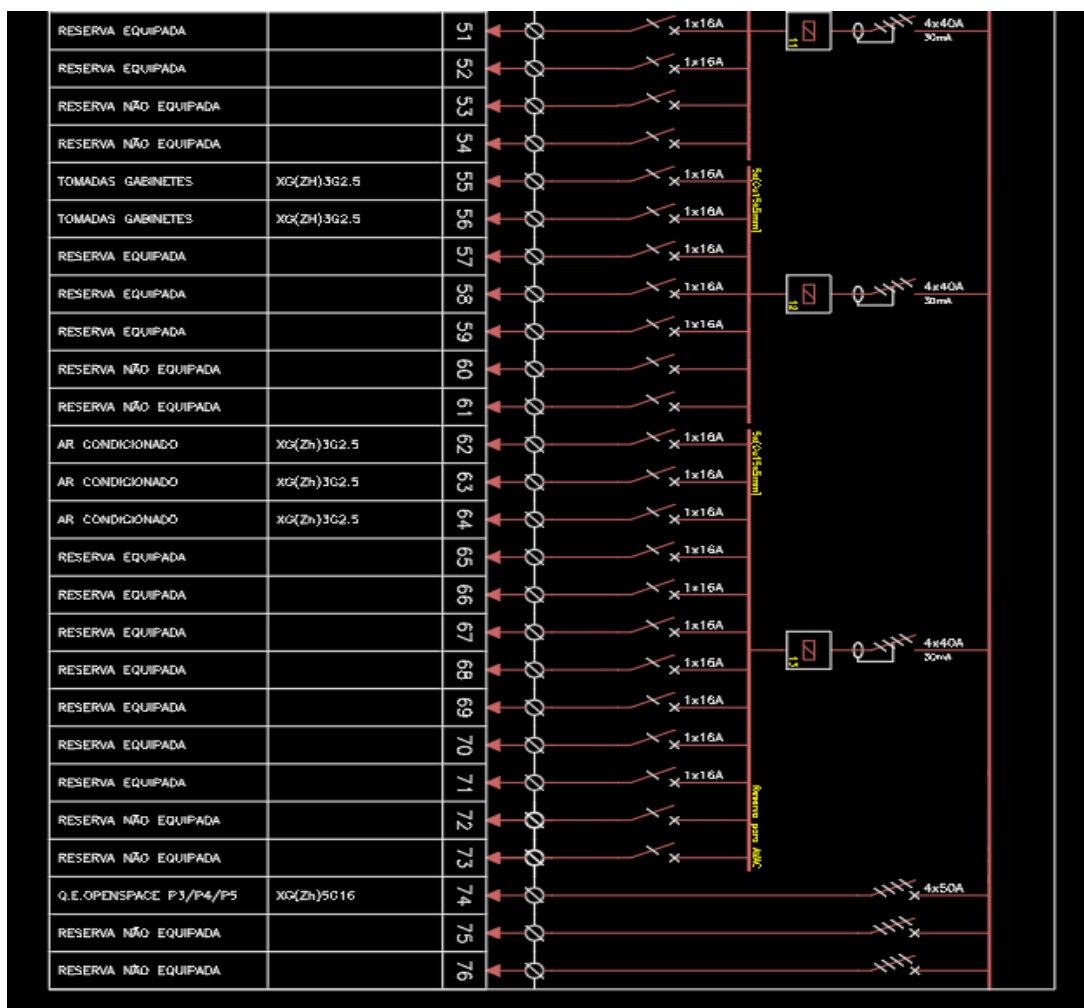
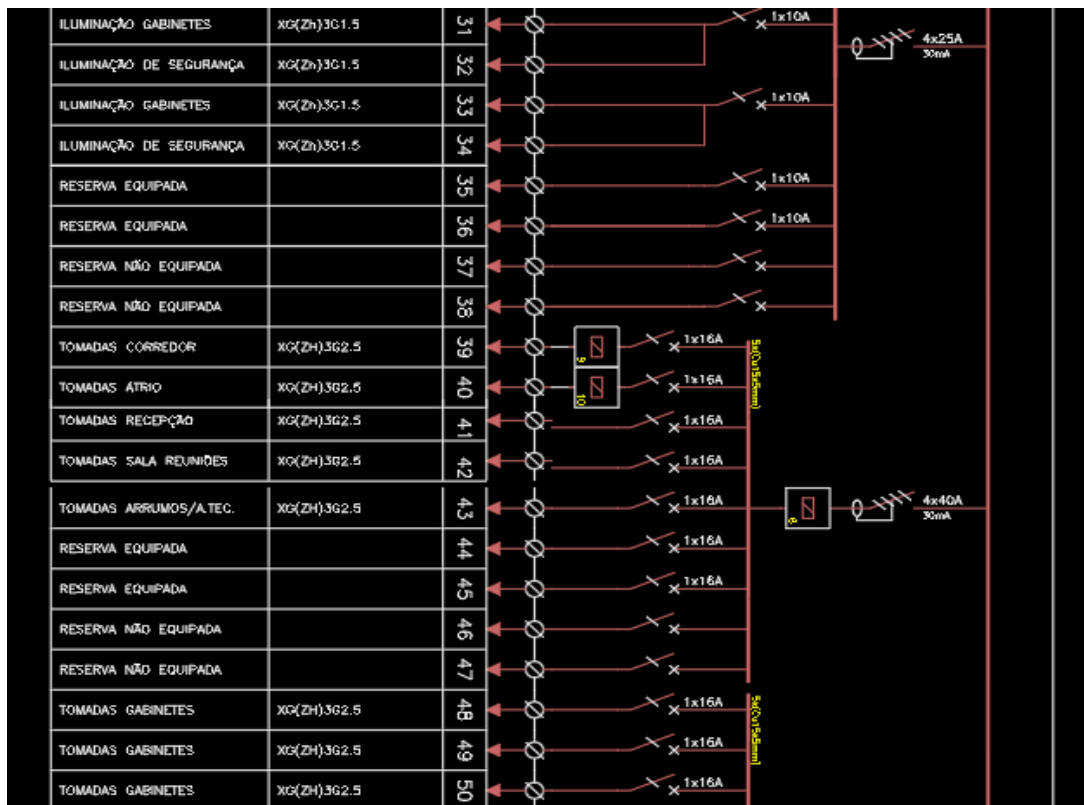


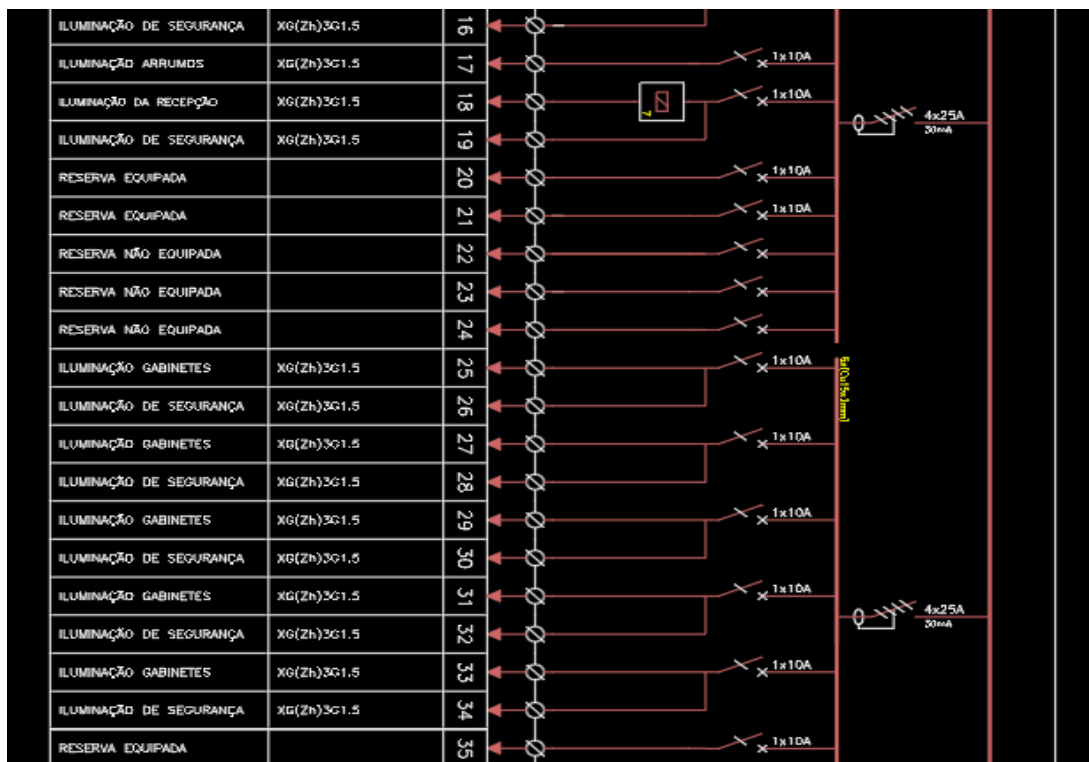
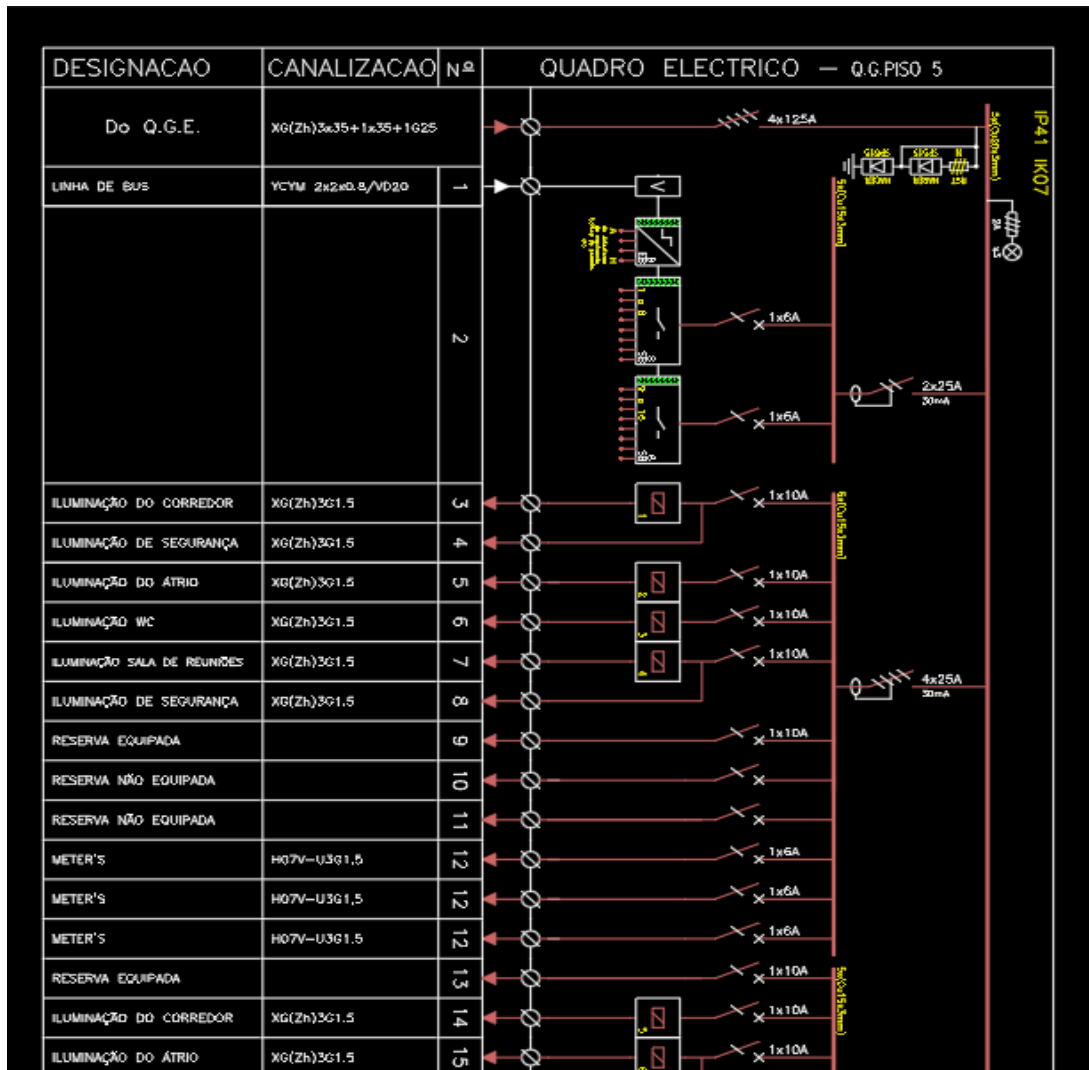


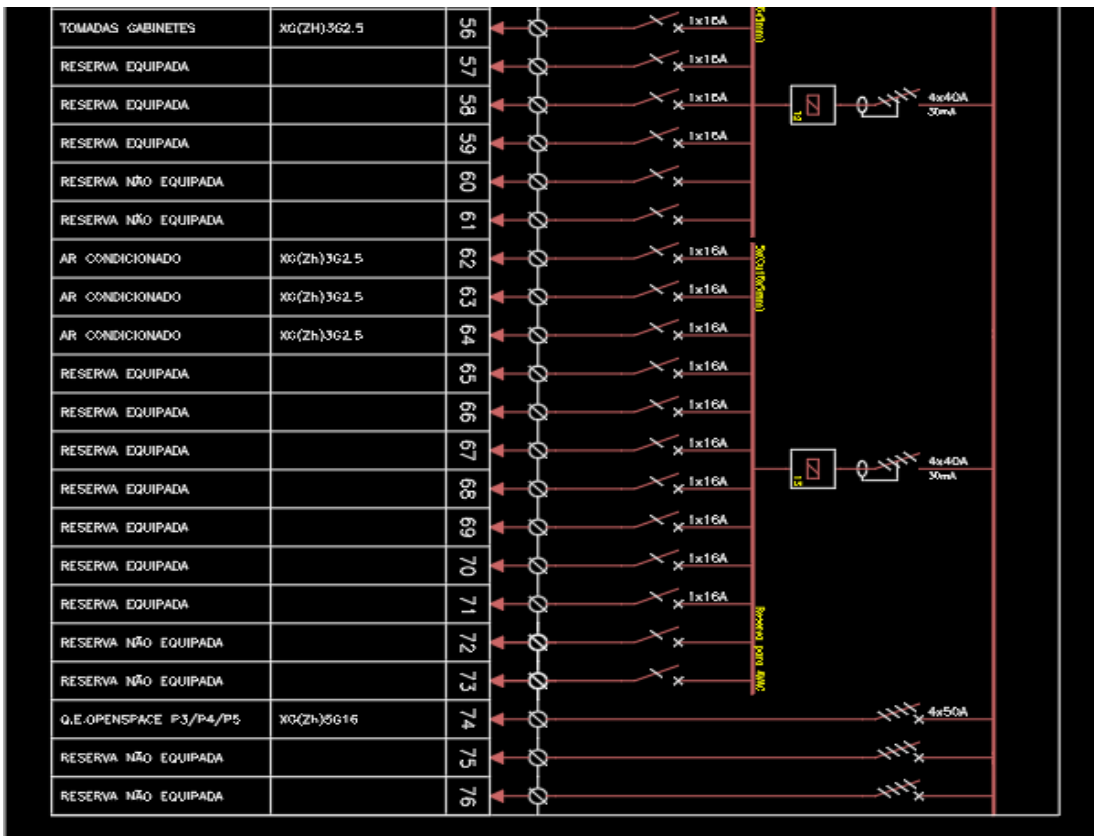


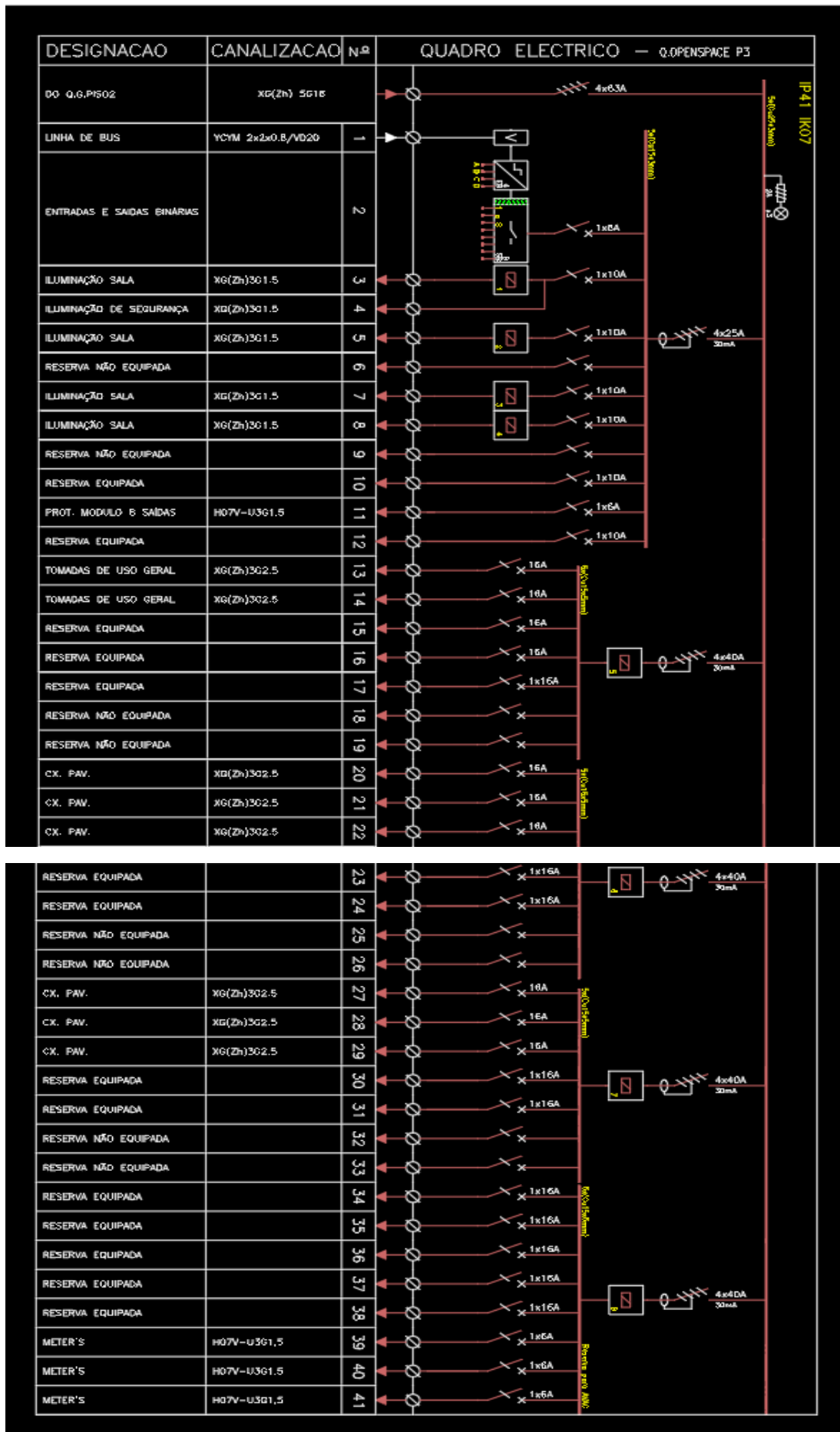


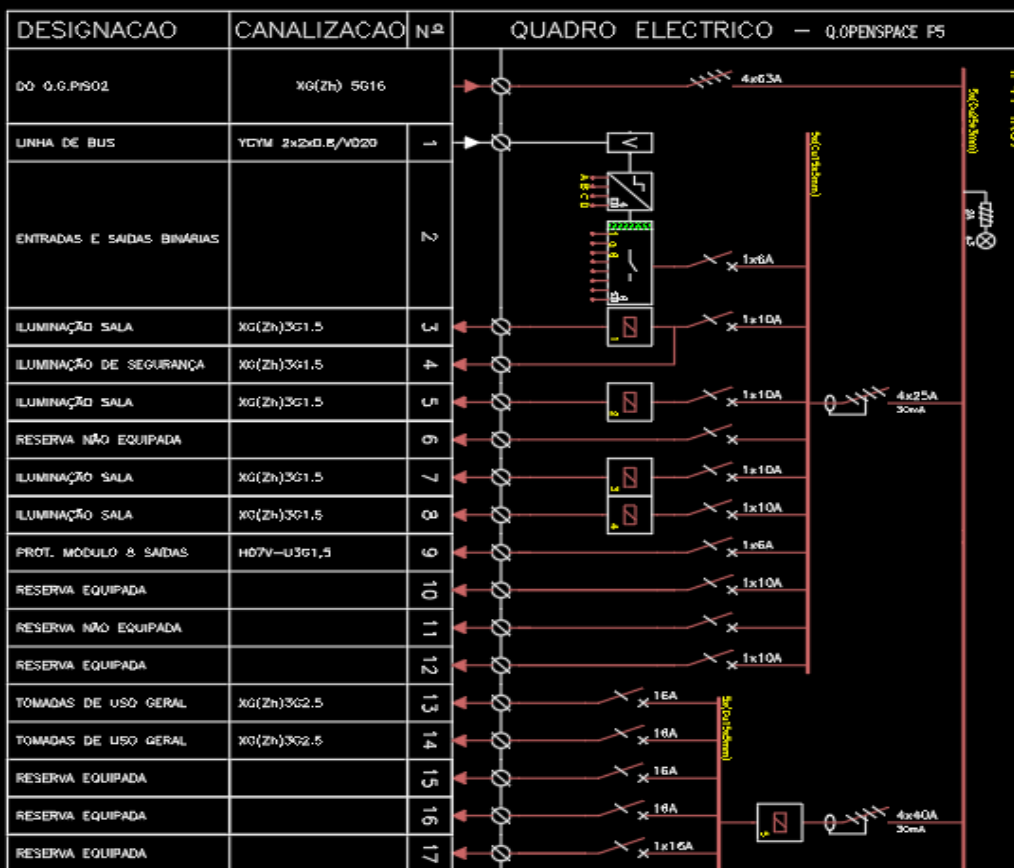
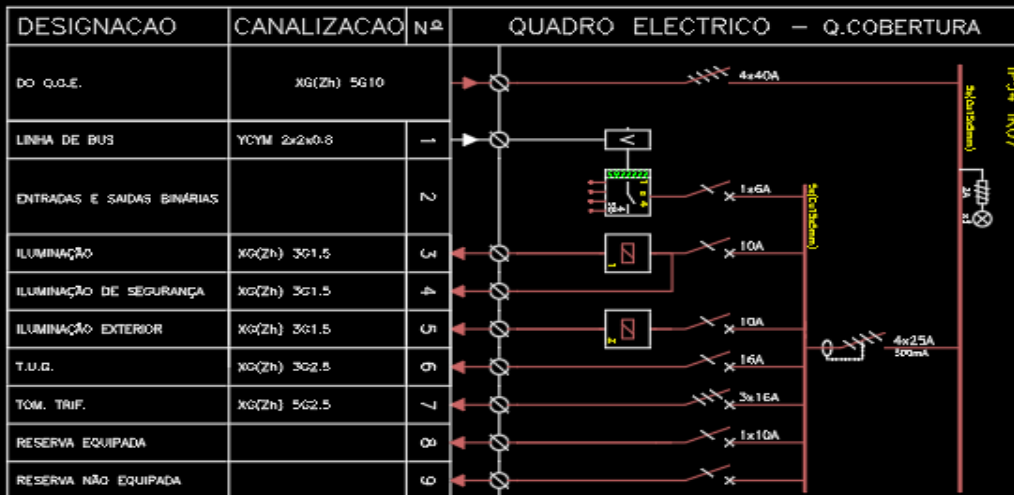


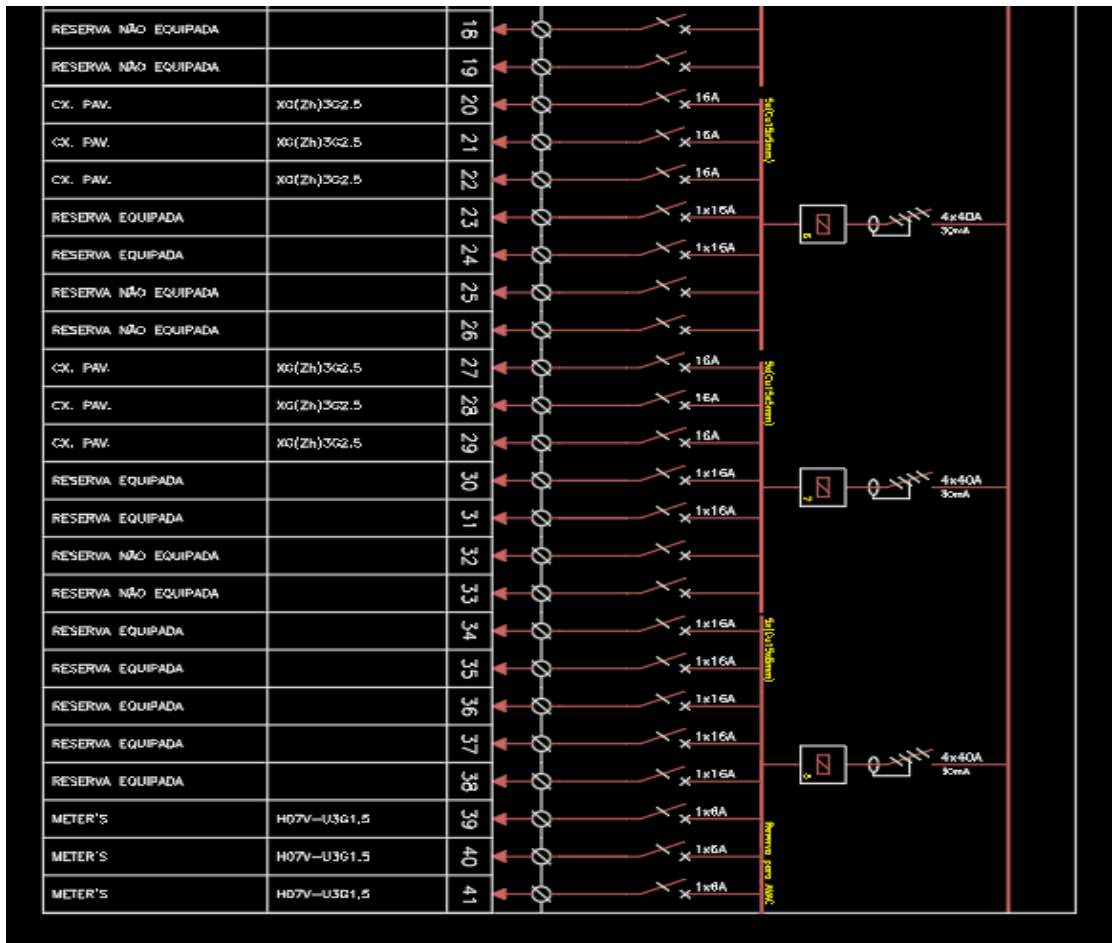












Anexo B – Relatório luminotécnico do caso de Gabinete B 2.9

Data

17/05/2023

DIALux



Estudo Luminotécnico INESC TEC

Análise luminotécnica de um gabinete de escritório padrão do edifício B do 2º andar

Objecto

Portugal, R. Dr. Roberto Frias, Bernardo Fonseca
Porto

Editor

Observações preliminares

Avisos sobre o planeamento:

Os valores de consumo de energia não consideram cenários de iluminação e seus estados reostáticos.

Conteúdo

Capa	1
Observações preliminares	2
Conteúdo	3
Interlocutores	5
Descrição	6
Lista de luminárias	7

Fichas de informação de produto

O/M - U60 Module Prismatic 7,9W 900lm 4000K 559mm (1x O/M U60 Module Prismatic 7,9W 900lm 4000K)	8
--	---

Edifício B

Objectos de cálculo / Cenário de Luz 1	9
INESC / Cenário de Luz 1 / Potência luminosa perpendicular (adaptivo)	11
INESC / Cenário de Luz 1 / Densidade de luminância	12

Edifício B

Edifício 1

Lista de luminárias	13
---------------------	----

Edifício B - Edifício 1

2º Andar

Lista de salas / Cenário de Luz 1	14
Lista de luminárias	16
Objectos de cálculo / Cenário de Luz 1	17

Edifício B - Edifício 1 - 2º Andar

Gabinete B2.9

Resumo / Cenário de Luz 1	24
Esquema de posição de luminárias	26
Lista de luminárias	28
Objectos de cálculo / Cenário de Luz 1	29
Secretária 1 / Cenário de Luz 1 / Potência luminosa perpendicular	36
Secretária 2 / Cenário de Luz 1 / Potência luminosa perpendicular	38
Mesa / Cenário de Luz 1 / Potência luminosa perpendicular	40

Conteúdo

Edifício B - Edifício 1 - 2º Andar

Gabinete B2.9

Ano da avaliação de energia 41

Glossário 42

Interlocutores



Estagiário
Bernardo Fonseca

INESCTEC
Portugal, R. Dr. Roberto Frias,
Porto

T 911830095
bernardo.m.neves@inesctec.pt



Descrição

Estudo luminotécnico de um gabinete de escritórios do INESC TEC situado no Porto.

O gabinete encontra-se no segundo andar do edifício B, que é a edificação mais recente da organização.

Este compartimento tem o propósito de permitir o trabalho de dois engenheiros, onde se enquadram duas secretárias, uma para cada um, uma mesa oval com cadeira para eventuais diálogos e discussões de eventuais ideias ou projetos e mobília equipada com o necessário para albergar documentação necessária para o bom funcionamento do trabalho.

Trata-se de um espaço de dimensões 4,15m x 3.80m x 2.63m cuja identificação é conhecida como "Gabinete B2.9".

As duas luminárias existentes no local são IN90 LED: L3594 / L3588-41W 8050lm- 4000K dispostas paralelamente à mesma distância uma da outra.

Estagiário

Bernardo Fonseca

INESC TEC

Portugal, R. Dr. Roberto Frias,
Porto

T 911830095

bernardo.m.neves@inesctec.pt

Lista de luminárias

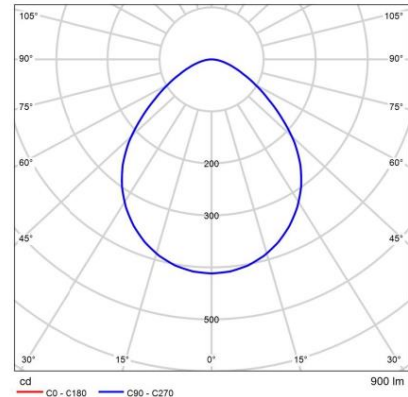
Φ_{total} 9000 lm		P_{total} 92.0 W		Rendimento luminoso 97.8 lm/W		
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ	Rendimento luminoso
10	O/M	63030	U60 Module Prismatic 7,9W 900lm 4000K 559mm	9.2 W	900 lm	97.8 lm/W

Folha de dados do produto

O/M - U60 Module Prismatic 7,9W 900lm 4000K 559mm



Nº do artigo	63030
P	9,2 W
ΦLuminária	900 lm
Rendimento luminoso	97,8 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80

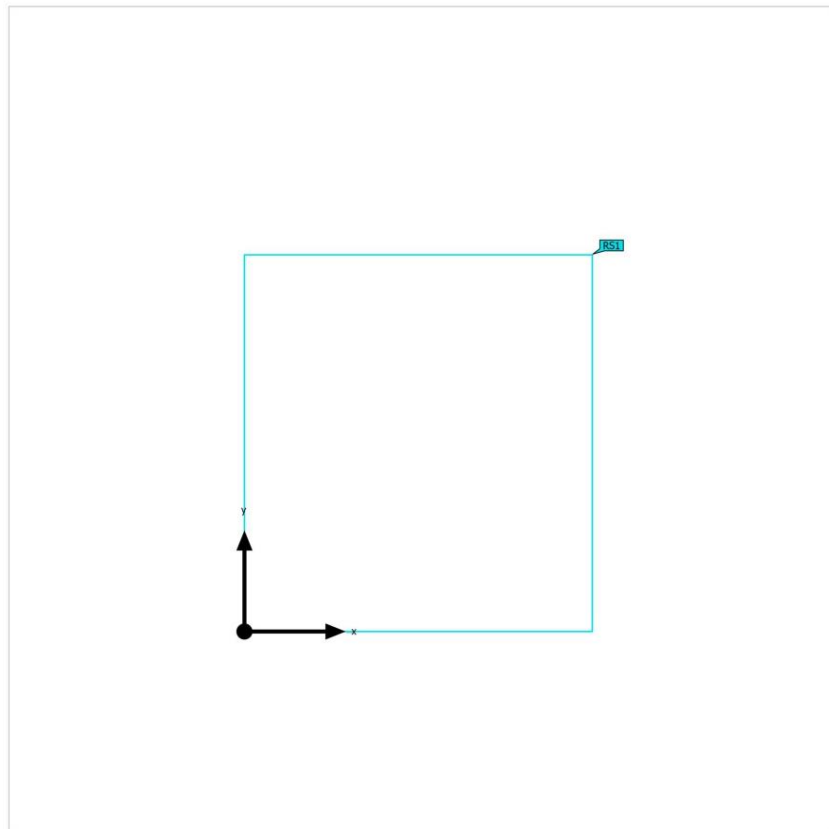


CDL polar

Avaliação de ofuscamento seg. UGR										
μ Tecto	70	75	50	50	30	70	75	50	50	30
μ Direções	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
μ Solo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamanho da sala X Y	Direção transversal do olhar em relação ao eixo da lâmpada					Direção longitudinal do olhar em relação ao eixo da lâmpada				
2H	2H	15,4	16,6	15,7	16,9	17,1	17,0	18,2	17,3	18,5
	3H	15,8	16,9	16,2	17,2	17,5	17,6	18,7	18,0	19,0
	4H	15,9	17,0	16,3	17,2	17,5	17,9	18,9	18,2	19,2
	6H	16,0	16,9	16,3	17,2	17,5	18,0	18,9	18,3	19,2
	8H	16,0	16,9	16,3	17,2	17,5	18,0	18,9	18,4	19,2
	12H	15,9	16,8	16,3	17,1	17,5	18,0	18,9	18,4	19,2
4H	2H	15,7	16,8	16,1	17,0	17,3	17,1	18,1	17,4	18,4
	3H	16,3	17,1	16,6	17,4	17,8	17,9	18,7	18,2	19,0
	4H	16,4	17,2	16,8	17,5	17,9	18,1	18,9	18,5	19,3
	6H	16,5	17,2	16,9	17,6	18,0	18,3	19,0	18,7	19,4
	8H	16,5	17,1	16,9	17,5	17,9	18,4	19,0	18,8	19,4
	12H	16,5	17,1	16,9	17,5	17,9	18,4	19,0	18,8	19,4
8H	4H	16,5	17,1	16,9	17,5	17,9	18,1	18,7	18,5	19,1
	6H	16,6	17,1	17,1	17,5	18,0	18,4	18,9	18,9	19,3
	8H	16,6	17,1	17,1	17,5	18,0	18,4	18,9	18,9	19,3
	12H	16,6	17,0	17,1	17,5	18,0	18,5	18,9	19,0	19,3
12H	4H	16,4	17,0	16,9	17,4	17,9	18,1	18,7	18,5	19,1
	6H	16,6	17,1	17,1	17,5	18,0	18,3	18,8	18,8	19,2
	8H	16,6	17,0	17,1	17,5	18,0	18,4	18,8	18,9	19,3

Diagrama UGR (SHR: 0.25)

Edifício B (Cenário de Luz 1)
Objectos de cálculo



Edifício B (Cenário de Luz 1)

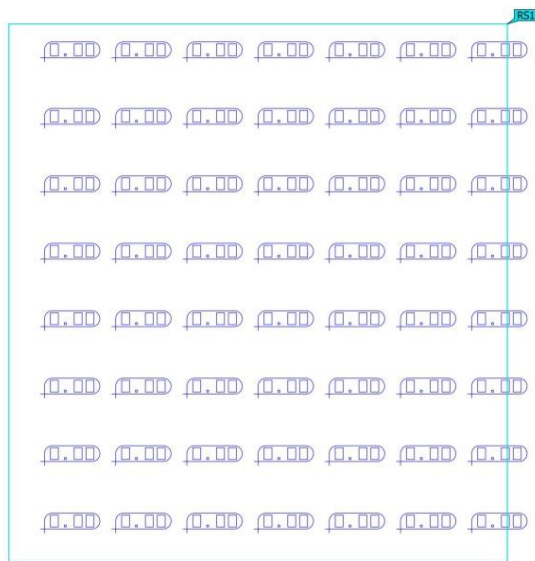
Objectos de cálculo

Objetos de resultado de superfície

Propriedades	Ø	min	máx	U _o (g ₁)	g ₂	Índice
INESC Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 3.000 m	0.00 lx	0.00 lx	0.00 lx	-	-	RS1
INESC Densidade de luminância Altura: 3.000 m	0.00 cd/m ²	0.00 cd/m ²	0.00 cd/m ²	-	-	RS1

Perfil de utilização: Configuração DIALux (5.1.4 Padrão (área de tráfego ao ar livre))

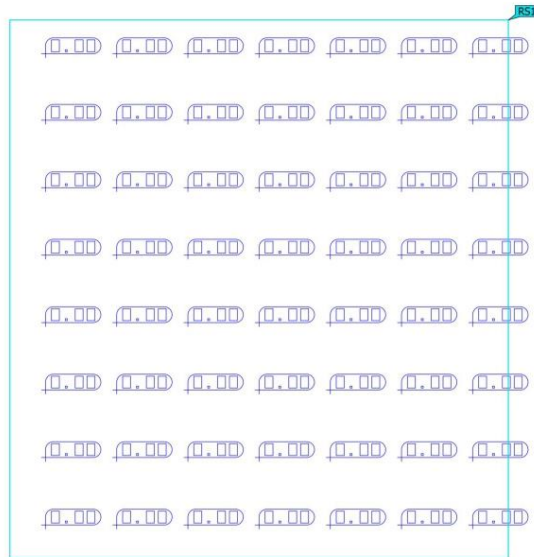
Edifício B (Cenário de Luz 1)
INESC



Propriedades	E	E_{min}	E_{max}	U_0 (g_1)	g_2	Índice
INESC Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 3.000 m	0.00 lx	0.00 lx	0.00 lx	-	-	RS1

Perfil de utilização: Configuração DIALux (5.1.4 Padrão (área de tráfego ao ar livre))

Edifício B (Cenário de Luz 1)
INESC



Propriedades	Ø	min	máx	U ₀ (g ₁)	g ₂	Índice
INESC Densidade de luminância Altura: 3.000 m	0.00 cd/m ²	0.00 cd/m ²	0.00 cd/m ²	-	-	RS1

Perfil de utilização: Configuração DIALux (5.1.4 Padrão (área de tráfego ao ar livre))

Edifício 1

Lista de luminárias Φ_{total}
9000 lm P_{total}
92.0 WRendimento luminoso
97.8 lm/W

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ	Rendimento luminoso
10	O/M	63030	U60 Module Prismatic 7,9W 900lm 4000K 559mm	9.2 W	900 lm	97.8 lm/W

Edifício 1 · 2º Andar (Cenário de Luz 1)

Lista de salas

Gabinete B2.9

Edifício 1 · 2º Andar (Cenário de Luz 1)

Lista de salas

Gabinete B2.9

P_{total} 92.0 W	A_{sala} 15.77 m ²	Potência de ligação específica 5.83 W/m ² (Sala)
------------------------------------	---	---

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ _{Luminária}
10	O/M	63030	U60 Module Prismatic 7,9W 900lm 4000K 559mm	9.2 W	900 lm

Edifício 1 · 2º Andar

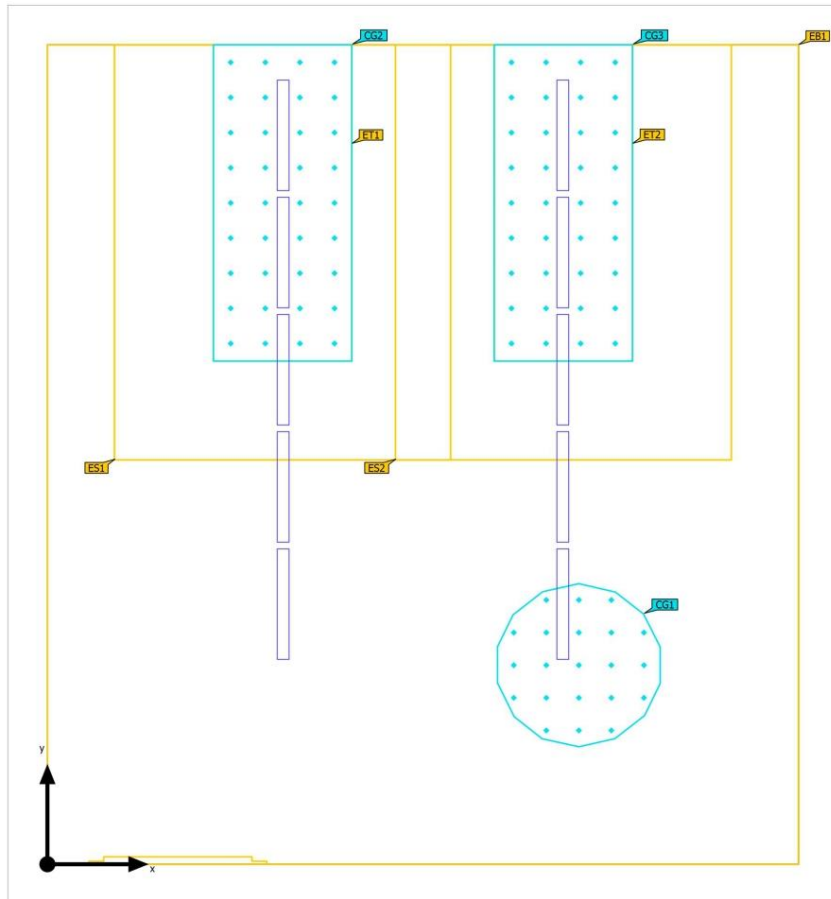
Lista de luminárias

Φ_{total} 9000 lm	P_{total} 92.0 W	Rendimento luminoso 97.8 lm/W
---------------------------	-----------------------	----------------------------------

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ	Rendimento luminoso
10	O/M	63030	U60 Module Prismatic 7,9W 900lm 4000K 559mm	9.2 W	900 lm	97.8 lm/W

Edifício 1 · 2º Andar (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo



Edifício 1 · 2º Andar (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo

Áreas da tarefa visual

Propriedades	E (Nominal)	E_{min}	E_{max}	$U_0 (g_1)$ (Nominal)	g_2	Índice
Secretária 1 Potência luminosa perpendicular Altura: 0.720 m, Arredores: 0.500 m	568 lx (≥ 500 lx) ✓	418 lx	692 lx	0.74 (≥ 0.60) ✓	0.60	ET1
Arredores Secretária 1 Potência luminosa perpendicular Altura: 0.720 m	549 lx (≥ 300 lx) ✓	321 lx	701 lx	0.58 (≥ 0.40) ✓	0.46	ES1
Pavimento Potência luminosa perpendicular Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.500 m	246 lx (≥ 100 lx) ✓	60.6 lx	477 lx	0.25 (≥ 0.10) ✓	0.13	EB1
Secretária 2 Potência luminosa perpendicular Altura: 0.720 m, Arredores: 0.500 m	570 lx (≥ 500 lx) ✓	425 lx	697 lx	0.75 (≥ 0.60) ✓	0.61	ET2
Arredores Secretária 2 Potência luminosa perpendicular Altura: 0.720 m	549 lx (≥ 300 lx) ✓	312 lx	703 lx	0.57 (≥ 0.40) ✓	0.44	ES2
Pavimento Potência luminosa perpendicular Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.500 m	246 lx (≥ 100 lx) ✓	59.2 lx	477 lx	0.24 (≥ 0.10) ✓	0.12	EB1

Superfícies de cálculo

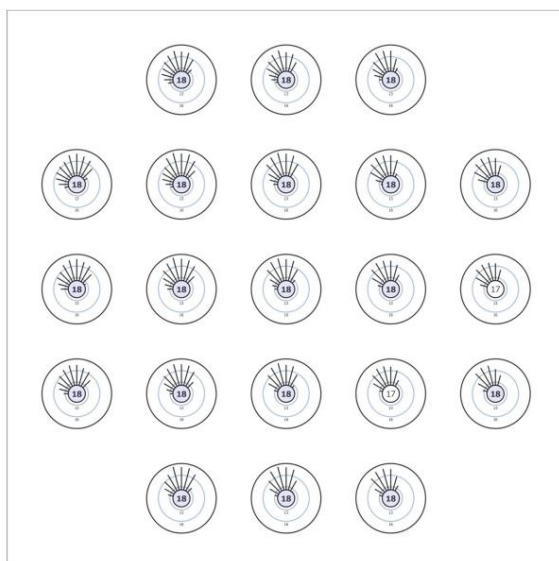
Propriedades	E	E_{min}	E_{max}	$U_0 (g_1)$	g_2	Índice
Mesa Potência luminosa perpendicular Altura: 0.700 m	397 lx	296 lx	512 lx	0.75	0.58	CG1

Edifício 1 · 2º Andar (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo

Mesa (UGR)

Encadeamento máximo com	105°
máx	18.5
Nominal	≤19.0
Área do ângulo de vista	0° - 360°
Amplitude de passo	15°
Altura	1.200 m
Índice	CG1



Edifício 1 · 2º Andar (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo

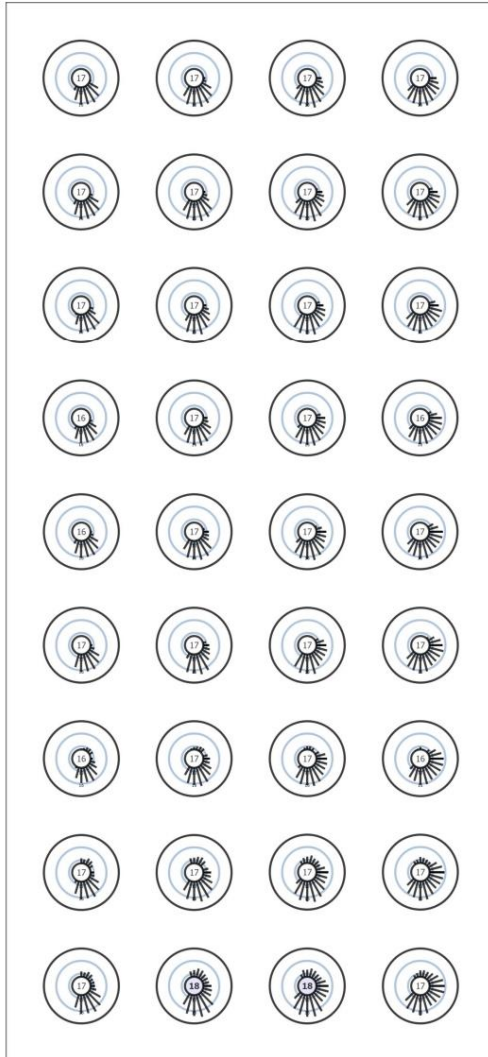
Secretária 1 (UGR)

Encadeamento máximo com	285°
máx	17.6
Nominal	≤19.0
Área do ângulo de vista	0° - 360°
Amplitude de passo	15°
Altura	1.220 m
Índice	CG2

Edifício 1 · 2º Andar (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo

Secretária 1 (UGR)



Edifício 1 · 2º Andar (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo

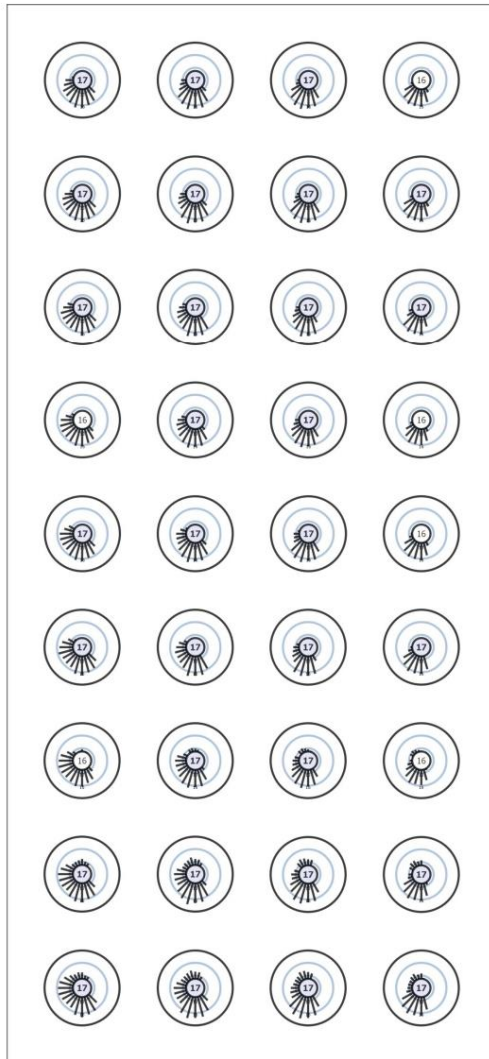
Secretária 2 (UGR)

Encadeamento máximo com	255°
máx	17.5
Nominal	≤19.0
Área do ângulo de vista	0° - 360°
Amplitude de passo	15°
Altura	1.220 m
Índice	CG3

Edifício 1 · 2º Andar (Cenário de Luz 1)

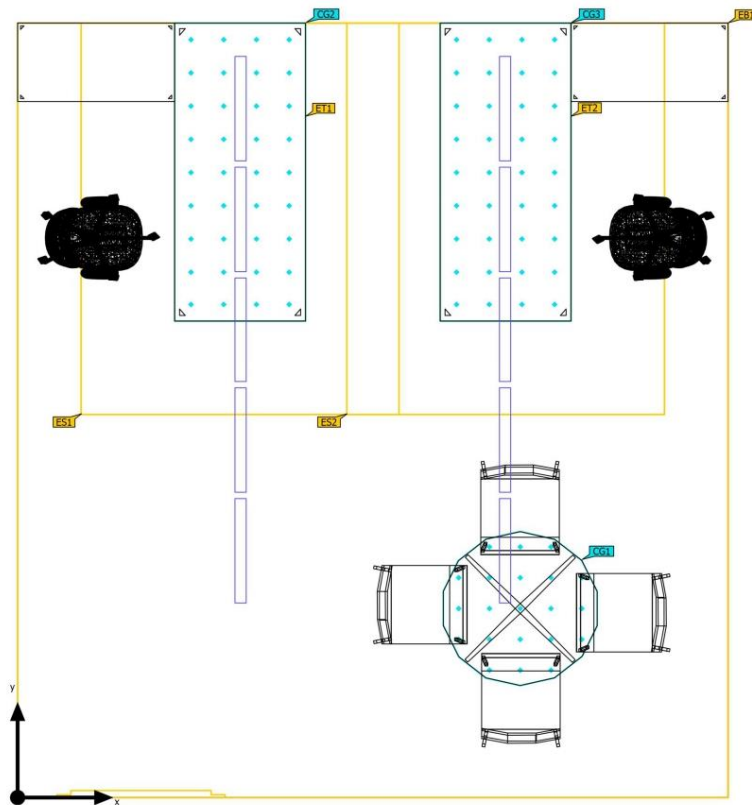
Objetos de cálculo

Secretária 2 (UGR)



Edifício B · Edifício 1 · 2º Andar · Gabinete B2.9 (Cenário de Luz 1)

Resumo



Superfície básica	15.77 m ²
Grau de reflexão	Tecto: 77.0 %, Paredes: 76.7 %, Solo: 20.0 %
Factor de manutenção	0.80 (Valor fixo)

Pé direito livre	2.800 m
Altura de montagem	2.300 m

Edifício B · Edifício 1 · 2º Andar · Gabinete B2.9 (Cenário de Luz 1)

Resumo

Resultados

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check	Índice
Áreas da tarefa visual	Ē Área de trabalho	568 lx	≥ 500 lx	✓	ET1
	U ₀ (g ₁) Área de trabalho	0.74	≥ 0.60	✓	ET1
	Ē Arredores	549 lx	≥ 300 lx	✓	ES1
	U ₀ (g ₁) Arredores	0.58	≥ 0.40	✓	ES1
	Ē Área de fundo	246 lx	≥ 100 lx	✓	EB1
	U ₀ (g ₁) Área de fundo	0.24	≥ 0.10	✓	EB1
Avaliação de ofuscamento ⁽¹⁾	R _{UG, max}	18	≤ 19	✓	
Dimensões de consumo ⁽²⁾	Consumo	92.9 kWh/a	-		
	LENI	5.89 kWh/(m ² * a)	-		
	Custo	60.39 €/a	-		
Sala	Potência de ligação específica	5.83 W/m ²	-		

(1) Baseado num espaço retangular de 3.800 m x 4.150 m e SHR de 0.25.

(2) Calculado através do método de classificação horária com céu médio (sem luz solar direta).

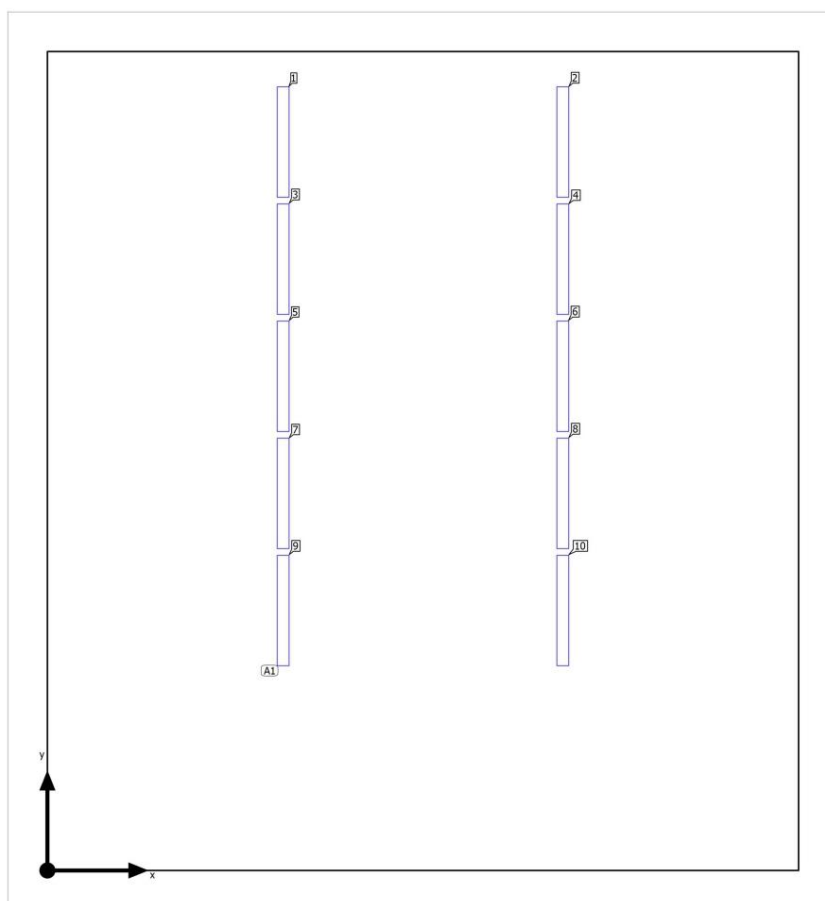
Perfil de utilização: Escritórios (34.2 Datilografia, máquina de escrever, leitura, processamento de dados)

Lista de luminárias

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	R _{UG}	P	Φ	Rendimento luminoso
10	O/M	63030	U60 Module Prismatic 7,9W 900lm 4000K 559mm	18	9.2 W	900 lm	97.8 lm/W

Edifício 1 · 2º Andar · Gabinete B2.9

Esquema de posição de luminárias



Edifício 1 · 2º Andar · Gabinete B2.9

Esquema de posição de luminárias

Fabricante	O/M	P	9.2 W
Nº do artigo	63030	$\Phi_{\text{Luminária}}$	900 lm
Nome do artigo	U60 Module Prismatic 7,9W 900lm 4000K 559mm		
Equipagem	1x O/M U60 Module Prismatic 7,9W 900lm 4000K		

10 x O/M U60 Module Prismatic 7,9W 900lm 4000K 559mm

Tipo	Distribuição de campo	X	Y	Altura de montagem	Luminária
1. Luminárias (X/Y/Z)	1.193 m / 1.321 m / 2.300 m	1.193 m	3.692 m	2.300 m	1
direção X	2 Un., Centro - centro, Distâncias desuniformes	2.607 m	3.692 m	2.300 m	2
		1.193 m	3.099 m	2.300 m	3
direção Y	7 Un., Centro - centro, Distâncias desuniformes	2.607 m	3.099 m	2.300 m	4
		1.193 m	2.506 m	2.300 m	5
Distribuição	A1	2.607 m	2.506 m	2.300 m	6
		1.193 m	1.913 m	2.300 m	7
		2.607 m	1.913 m	2.300 m	8
		1.193 m	1.321 m	2.300 m	9
		2.607 m	1.321 m	2.300 m	10

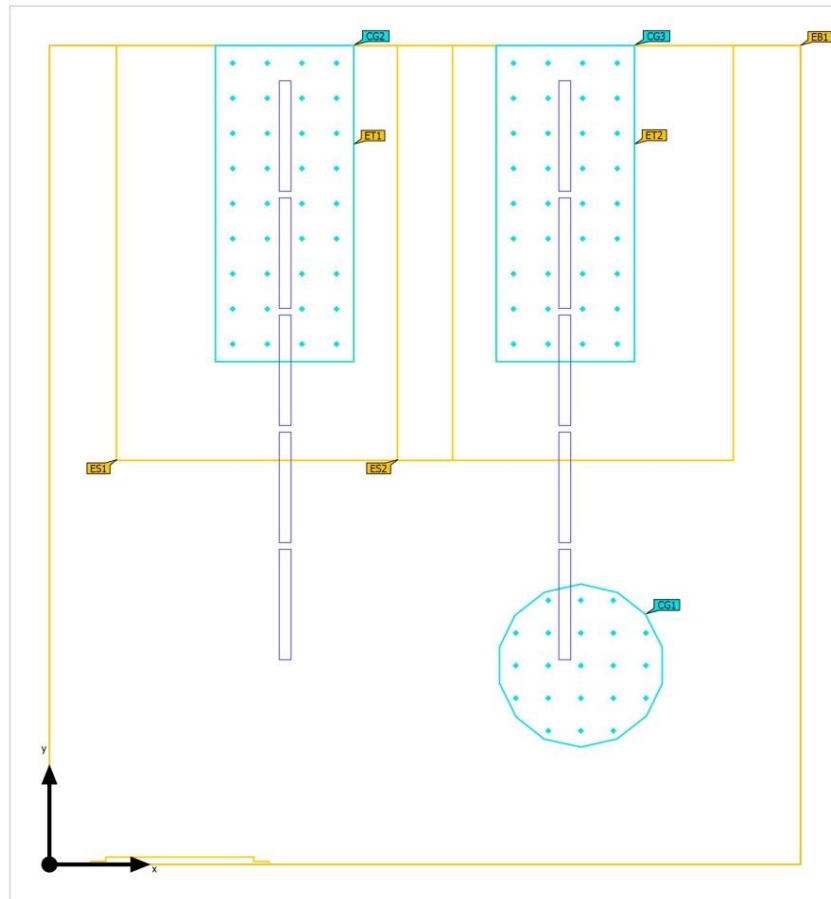
Edifício 1 · 2º Andar · Gabinete B2.9

Lista de luminárias

Φ_{total} 9000 lm	P_{total} 92.0 W	Rendimento luminoso 97.8 lm/W				
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ	Rendimento luminoso
10	O/M	63030	U60 Module Prismatic 7,9W 900lm 4000K 559mm	9.2 W	900 lm	97.8 lm/W

Edifício 1 · 2º Andar · Gabinete B2.9 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo



Edifício 1 · 2º Andar · Gabinete B2.9 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo

Áreas da tarefa visual

Propriedades	E (Nominal)	E _{min}	E _{máx}	U ₀ (g ₁) (Nominal)	g ₂	Índice
Secretária 1 Potência luminosa perpendicular Altura: 0.720 m, Arredores: 0.500 m	568 lx (≥ 500 lx) ✓	418 lx	692 lx	0.74 (≥ 0.60) ✓	0.60	ET1
Arredores Secretária 1 Potência luminosa perpendicular Altura: 0.720 m	549 lx (≥ 300 lx) ✓	321 lx	701 lx	0.58 (≥ 0.40) ✓	0.46	ES1
Pavimento Potência luminosa perpendicular Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.500 m	246 lx (≥ 100 lx) ✓	60.6 lx	477 lx	0.25 (≥ 0.10) ✓	0.13	EB1
Secretária 2 Potência luminosa perpendicular Altura: 0.720 m, Arredores: 0.500 m	570 lx (≥ 500 lx) ✓	425 lx	697 lx	0.75 (≥ 0.60) ✓	0.61	ET2
Arredores Secretária 2 Potência luminosa perpendicular Altura: 0.720 m	549 lx (≥ 300 lx) ✓	312 lx	703 lx	0.57 (≥ 0.40) ✓	0.44	ES2
Pavimento Potência luminosa perpendicular Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.500 m	246 lx (≥ 100 lx) ✓	59.2 lx	477 lx	0.24 (≥ 0.10) ✓	0.12	EB1

Superfícies de cálculo

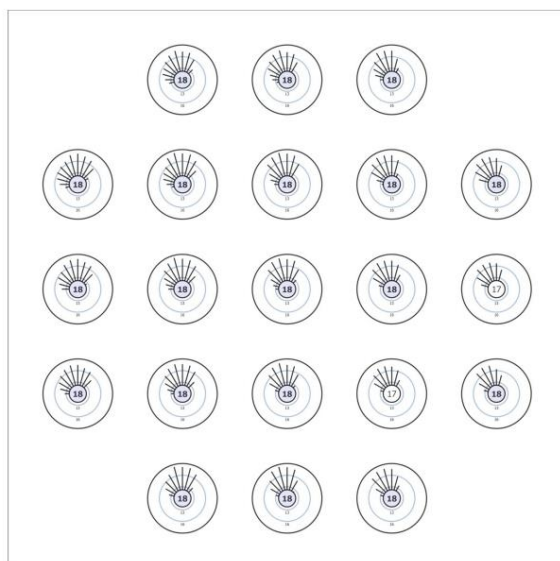
Propriedades	E	E _{min}	E _{máx}	U ₀ (g ₁)	g ₂	Índice
Mesa Potência luminosa perpendicular Altura: 0.700 m	397 lx	296 lx	512 lx	0.75	0.58	CG1

Edifício 1 · 2º Andar · Gabinete B2.9 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo

Mesa (UGR)

Encadeamento máximo com	105°
máx	18.5
Nominal	≤19.0
Área do ângulo de vista	0° - 360°
Amplitude de passo	15°
Altura	1.200 m
Índice	CG1



Edifício 1 · 2º Andar · Gabinete B2.9 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo

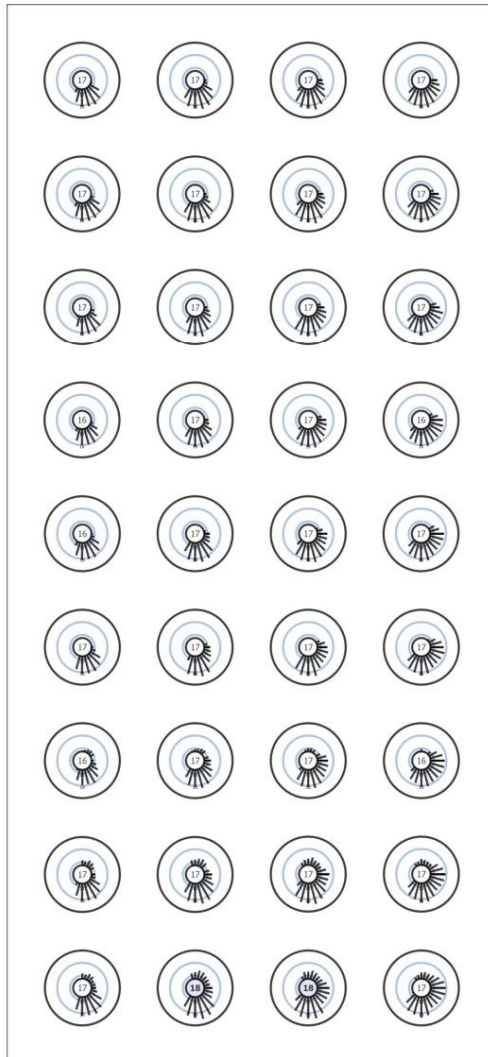
Secretária 1 (UGR)

Encadeamento máximo com	285°
máx	17.6
Nominal	≤19.0
Área do ângulo de vista	0° - 360°
Amplitude de passo	15°
Altura	1.220 m
Índice	CG2

Edifício 1 · 2º Andar · Gabinete B2.9 (Cenário de Luz 1)

Objetos de cálculo

Secretária 1 (UGR)



Edifício 1 · 2º Andar · Gabinete B2.9 (Cenário de Luz 1)

Objectos de cálculo

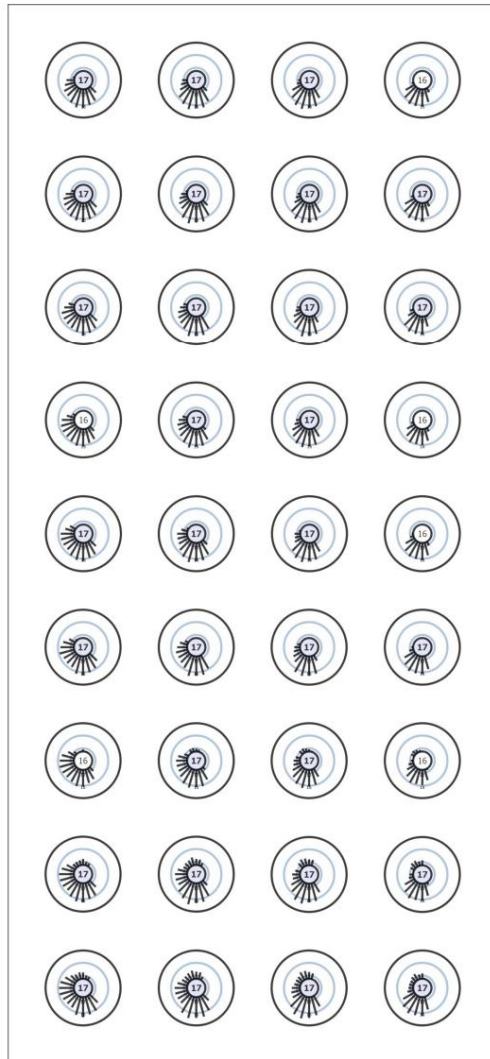
Secretária 2 (UGR)

Encadeamento máximo com	255°
máx	17.5
Nominal	≤19.0
Área do ângulo de vista	0° - 360°
Amplitude de passo	15°
Altura	1.220 m
Índice	CG3

Edifício 1 · 2º Andar · Gabinete B2.9 (Cenário de Luz 1)

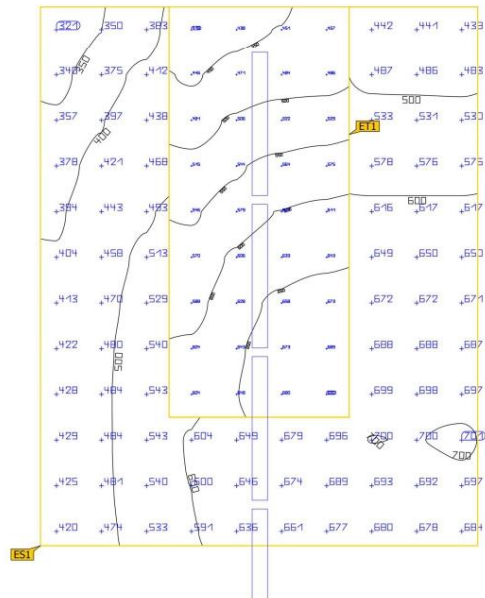
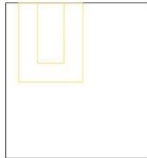
Objectos de cálculo

Secretária 2 (UGR)

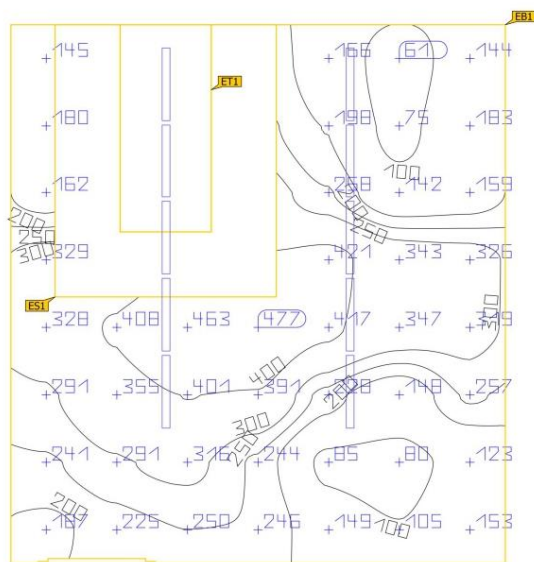


Perfil de utilização: Escritórios (34.2 Datilografia, máquina de escrever, leitura, processamento de dados)

Edifício 1 · 2º Andar · Gabinete B2.9 (Cenário de Luz 1)
Secretária 1



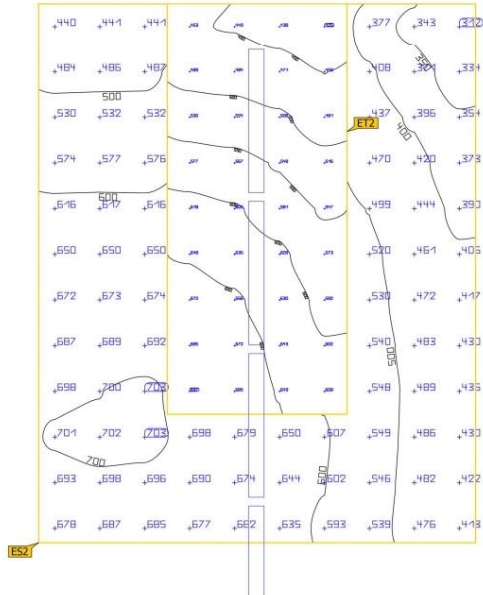
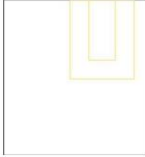
Edifício 1 · 2º Andar · Gabinete B2.9 (Cenário de Luz 1)

Secretária 1

Propriedades	E (Nominal)	E _{min}	E _{máx}	U _o (g ₁) (Nominal)	g ₂	Índice
Secretária 1 Potência luminosa perpendicular Altura: 0.720 m, Arredores: 0.500 m	568 lx (≥ 500 lx) ✓	418 lx	692 lx	0.74 (≥ 0.60) ✓	0.60	ET1
Arredores Secretária 1 Potência luminosa perpendicular Altura: 0.720 m	549 lx (≥ 300 lx) ✓	321 lx	701 lx	0.58 (≥ 0.40) ✓	0.46	ES1
Pavimento Potência luminosa perpendicular Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.500 m	246 lx (≥ 100 lx) ✓	60.6 lx	477 lx	0.25 (≥ 0.10) ✓	0.13	EB1

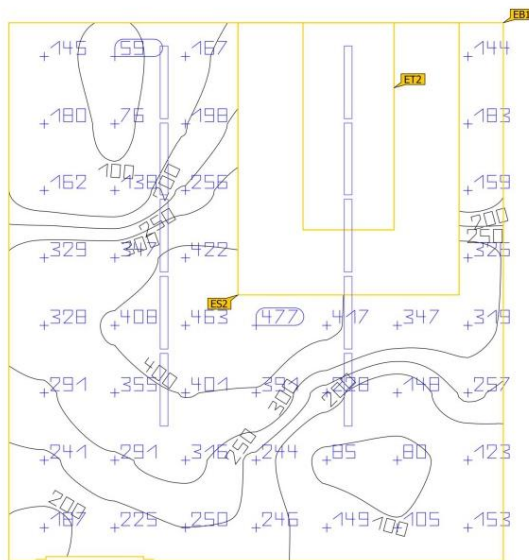
Perfil de utilização: Escritórios (34.2 Datilografia, máquina de escrever, leitura, processamento de dados)

Edifício 1 · 2º Andar · Gabinete B2.9 (Cenário de Luz 1)
Secretária 2



Edifício 1 · 2º Andar · Gabinete B2.9 (Cenário de Luz 1)

Secretária 2

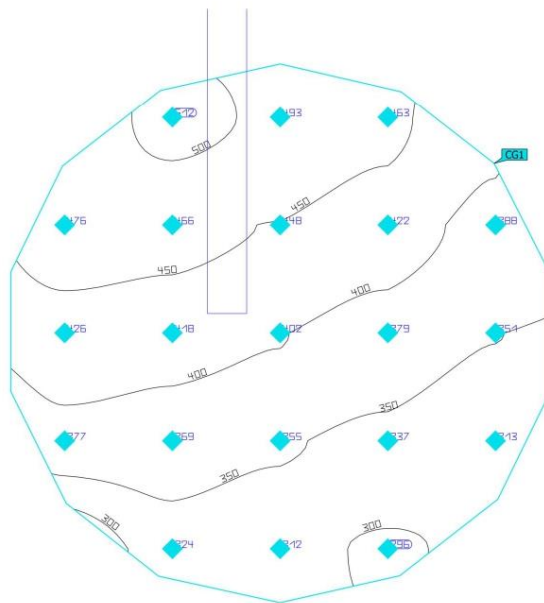


Propriedades	Ē (Nominal)	E _{min}	E _{máx}	U ₀ (g ₁) (Nominal)	g ₂	Índice
Secretária 2 Potência luminosa perpendicular Altura: 0.720 m, Arredores: 0.500 m	570 lx (≥ 500 lx) ✓	425 lx	697 lx	0.75 (≥ 0.60) ✓	0.61	ET2
Arredores Secretária 2 Potência luminosa perpendicular Altura: 0.720 m	549 lx (≥ 300 lx) ✓	312 lx	703 lx	0.57 (≥ 0.40) ✓	0.44	ES2
Pavimento Potência luminosa perpendicular Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.500 m	246 lx (≥ 100 lx) ✓	59.2 lx	477 lx	0.24 (≥ 0.10) ✓	0.12	EB1

Perfil de utilização: Escritórios (34.2. Datilografia, máquina de escrever, leitura, processamento de dados)

Edifício 1 · 2º Andar · Gabinete B2.9 (Cenário de Luz 1)

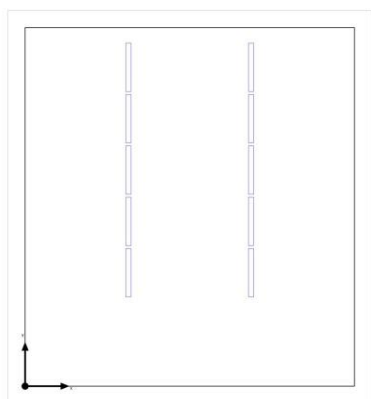
Mesa



Propriedades	\bar{E}	E_{min}	$E_{m\acute{a}x}$	$U_0 (g_1)$	g_2	Índice
Mesa Potência luminosa perpendicular Altura: 0.700 m	397 lx	296 lx	512 lx	0.75	0.58	CG1

Perfil de utilização: Escritórios (34.2 Datilografia, máquina de escrever, leitura, processamento de dados)

Edifício 1 · 2º Andar · Gabinete B2.9

Ano da avaliação de energia

Consumo de energia anual

	Não controlado	Controlado	A guardar
Energia necessária (kWh/a)	184	92.9	91.3
LENI (kWh/(m ² * a))	11.7	5.89	5.79
Custo (€/a)	119.72	60.39	59.33
CO ₂ (kg/a)	73.9	37.3	36.6

Autonomia com luz solar: 22 %

Dados de planeamento

Perfil de utilização	Escritórios (34.2 Datilografia, máquina de escrever, leitura, processamento de dados)
Iluminação do sujeito	500lx
Tempos de utilização	7:00 - 18:00 horas
Dias por semana	5 (segunda - sexta)

Glossário

A

A Símbolos de fórmula para uma superfície da geometria

Arredores A área ambiental delimita contiguamente a área da função visual e deve ser guarnecida com uma largura mínima de 0,5m conforme a DIN EN 12464-1. Ela encontra-se à mesma altura que a área da função visual.

Autonomia da luz do dia Descreve a percentagem do tempo de trabalho diário em que a iluminância necessária é dada pela luz solar. A iluminância nominal é utilizada a partir do perfil da sala, ao contrário do descrito na norma EN 17037. O cálculo não é feito no centro da sala, mas sim no ponto de medição do sensor colocado. A sala é considerada suficientemente fornecida com luz solar se atingir pelo menos 50% de autonomia com luz solar.

Avaliação de energia Baseado num procedimento de cálculo horário para a luz solar em espaços interiores, tendo em conta a geometria do projeto e quaisquer sistemas de controlo de luz solar existentes. A orientação e a localização do projeto também são consideradas. O cálculo utiliza a potência do sistema especificada das luminárias para determinar a procura de energia. É assumida uma relação linear entre a potência e o fluxo luminoso no estado atenuado para as luminárias controladas pela luz solar. Os tempos de utilização e a iluminância nominal são determinados a partir dos perfis de utilização dos espaços. As luminárias ligadas que estão excluídas explicitamente do controlo também têm em consideração os tempos de utilização especificados. Os sistemas de controlo da luz solar utilizam uma lógica de controlo simplificado que os fecha numa iluminância horizontal de 27.500 lx.

O ano de calendário de 2022 é utilizado apenas como referência. Não é uma simulação deste ano. O ano de referência só é utilizado para atribuir os dias da semana aos resultados calculados. Não é tida em consideração a mudança para a hora de verão. O tipo de céu de referência utilizado é o céu médio descrito na CIE 110 sem luz solar direta.

O método foi desenvolvido em conjunto com o Fraunhofer Institute for Building Physics e está disponível para revisão pelo Joint Working Group 1 ISO TC 274 como uma extensão do método anual anterior baseado numa regressão.

Á

Área da tarefa visual A área que é necessária para executar a função de visão conforme DIN EN 12464-1. A altura corresponde à altura a que ocorre a função visual.

Área de fundo A área de fundo conforme DIN EN 12464-1 delimita a área ambiental contígua e estende-se até aos limites da sala. Em sala grandes, a área de fundo tem uma largura mínima de 3 m. Ela encontra-se horizontalmente à altura do chão.

Glossário

C

CCT

(em inglês correlated colour temperature)

Temperatura de corpo de um projetor térmico que serve para descrever a sua cor de luz. Unidade: Kelvin [K]. Quanto mais baixo for o valor, mais vermelho é, quanto maior for o valor, mais azul é. A temperatura de cor de lâmpadas fosforescentes e de semicondutores é designada por "temperatura de cor aparente", em oposição à temperatura de cor de projetores térmicos.

Atribuição de cores de luz aos intervalos de temperatura de cor conforme EN 12464-1:

Cor de luz - temperatura de cor [K]

branco quente (bq) < 3300 K

branco neutro (bn) ≥ 3300 – 5300 K

branco luz diurna (bld) > 5300 K

Cociente luz do dia

Relação da iluminância alvo produzida exclusivamente pela incidência de luz externa a num ponto do espaço interior com a iluminância horizontal no espaço exterior com o céu desimpedido.

Símbolo de fórmulas: D (em inglês daylight factor)

Unidade: %

Corrente luminosa

Medida para a potência luminosa total emitida por uma fonte de luz em todas as direções. Também é uma "dimensão de emissão" que indica a potência emitida total. O fluxo luminoso de uma fonte de luz só pode ser determinado num laboratório. Distingue-se entre fluxo luminoso de módulos LED ou de lâmpadas e fluxo luminoso de luminárias.

Unidade: lumen

Abreviação: lm

Símbolo de fórmulas: Φ

CRI

(em inglês colour rendering index)

Designação para o índice de reprodução de cor de uma luminária ou de um meio luminoso conforme DIN 6169: 1976 ou CIE 13.3: 1995.

O índice de reprodução de cor geral Ra (ou CRI) é um número característico sem dimensões, que descreve a qualidade de uma fonte de luz branca em relação à sua semelhança com os espectros de reemissão de 8 cores teste definidas (ver DIN 6169 ou CIE 1974) de uma fonte de luz de referência.

Glossário

D

Densidade de luminância

Medida para a "percepção de brilho" que o olho humano tem de uma superfície. Refere-se tanto a uma superfície emissora de luz ou refletora de luz incidente (dimensão de emissão). É a única dimensão fotométrica que o olho humano consegue perceber.

Unidade: Candela por metro quadrado

Abreviação: cd/m²

Símbolo de fórmulas: L

E

Eta (η)

(em inglês light output ratio)

A eficiência luminosa operacional de luminária descreve a percentagem de fluxo luminoso de um meio luminoso livre (ou módulo LED) que sai da luminária no seu estado montado.

Unidade: %

F

Factor de manutenção

Ver MF

G

g_1

Frequentemente, também U_o (em inglês, overall uniformity)

Designa a uniformidade total da iluminância sobre uma superfície. Ela é o quociente de E_{min} com \bar{E} e é uma das grandezas exigida em normas de iluminação em locais de trabalho.

g_2

Especificamente, designa a "desuniformidade" da iluminância numa superfície. Ela é o quociente de E_{min} sobre E_{max} e, por via de regra, só é relevante para a certificação de iluminação de emergência conforme a EN 1838.

Grau de reflexão

A refletividade de uma superfície descreve a quantidade de luz incidente que é refletida. A refletividade é definida pela coloração da superfície.

Grupo de controlo

Um grupo de luminárias que são atenuadas e controladas em conjunto. Para cada cena de iluminação, um grupo de controlo fornece um valor de atenuação próprio. Todas as luminárias num grupo de controlo partilham este valor de atenuação. Os grupos de controlo com luminárias própria são determinados automaticamente pelo DIALux com base nas cenas de luz criadas e nos respetivos grupos de luminárias.

Glossário

I

Iluminância, adaptativa	Para determinação da iluminância adaptativa média de uma superfície, esta é dividida numa rede "adaptativa". Na zona de grandes variações de iluminância numa superfície, a rede é dividida em partes mais finas, em zonas com menos variação a divisão é mais grossa.
Iluminância, horizontal	Iluminância que é calculada ou medida num plano horizontal (longitudinal) (isto pode ser, por ex., a superfície de uma mesa ou o chão). A iluminância horizontal é habitualmente identificada com os caracteres de fórmula E_h .
Iluminância, perpendicular	Iluminância que é medida ou calculada perpendicularmente a uma superfície. Isto deve ser considerado em superfícies inclinadas. Se a superfície for horizontal ou vertical, não existe diferença entre as iluminâncias perpendiculares e as verticais ou horizontais.
Iluminância, vertical	Iluminância que é calculada ou medida num plano vertical (isto pode ser, por ex., a dianteira de um armário). A iluminância vertical é habitualmente identificada com os caracteres de fórmula E_v .

L

LENI	(em inglês lighting energy numeric indicator) Dimensão numérica da característica da energia de iluminação conforme a EN 15193 Unidade: kWh/m ² ano
LLMF	(em inglês lamp lumen maintenance factor)/conforme CIE 97: 2005 Fator de manutenção do fluxo luminoso de lâmpada, que considera a diminuição de fluxo luminoso de uma lâmpada ou módulo LED no decorrer do tempo de utilização. O fator de manutenção do fluxo luminoso da lâmpada é definido com um número decimal e pode ter um valor máximo de 1 (sem diminuição de fluxo luminoso).
LMF	(em inglês luminaire maintenance factor)/conforme CIE 97: 2005 Fator de manutenção da sala, que considera a acumulação de sujidade na luminária com o decorrer do tempo de utilização. O fator de manutenção da luminária é definido com um número decimal e pode ter um valor máximo de 1 (inexistência de sujidade).
LSF	(em inglês lamp survival factor)/conforme CIE 97: 2005 Fator de sobrevivência de lâmpada que considera a falha total de uma luminária no decorrer do tempo de utilização. O fator de sobrevivência de lâmpada é definido com um número decimal e pode ter um valor máximo de 1 (sem falhas dentro do período considerado, ou troca imediata após falha).

Glossário

M

MF

(em inglês maintenance factor)/conforme CIE 97: 2005

Fator de manutenção como número decimal entre 0 e 1, que descreve a relação do valor uma dimensão fotométrica de planeamento (p. ex., iluminância) após um tempo definido com o seu valor inicial. O fator de manutenção considera a acumulação de sujidade em luminárias e salas, assim como a redução de fluxo luminoso e a falha de fontes de luz. O fator de manutenção é considerado globalmente ou detalhadamente conforme CIE 97: 2005 calculado através da fórmula $RMF \times LMF \times LLMF \times LSF$.

P

P

(em inglês power)
Consumo de potência elétrica

Unidade: Watt
Abreviação: W

Pé direito livre

Designação da distância entre o topo do chão e o fundo do teto (no estado final de construção de uma sala).

Plano de uso

Superfície virtual de medição ou cálculo à altura da função de visão, que habitualmente segue a geometria da sala. O plano de uso pode também incluir um zona de vizinhança.

Potência

Descreve a relação do fluxo luminoso que incide numa determinada área com a dimensão dessa área ($\text{lm}/\text{m}^2 = \text{lx}$). A iluminância não está ligada à superfície de um objeto. Assim, pode ser determinada em todo o espaço (interior e exterior). A iluminância não é uma propriedade de produto, porque é uma medida de percepção. Para se medir, utiliza-se dispositivos de medição de iluminância.

Unidade: Lux
Abreviação: lx
Símbolo de fórmulas: E

Potência luminosa

Descreve a intensidade da luz numa direção determinada (dimensão de emissão). A intensidade luminosa é o fluxo luminoso Φ emitido num determinado ângulo espacial Ω . A característica de irradiação de uma fonte de luz é representada graficamente por uma curva de distribuição de intensidade luminosa (CDL). A intensidade luminosa é uma unidade fundamental SI.

Unidade: Candela
Abreviação: cd
Símbolo de fórmulas: I

Glossário

Q

Quocientes de luz do dia - Superfície útil Uma superfície de cálculo na qual é calculado o quociente de luz do dia.

R

R_{UG} max (engl. rating unified glare)
Medida do reflexo psicológico em espaços interiores.
Além da luminância das luminárias, o nível do valor R_{UG} também depende da posição do observador, a direção visual e a luminância ambiental. O cálculo é feito segundo o método de tabela, consulte CIE 117. Entre outros aspetos, a EN 12464-1:2021 especifica os valores R_{UG} - R_{UGL} máximos permissíveis para vários locais de trabalho em interiores.

Rendimento luminoso Relação entre potência luminosa radiada Φ [lm] e a potência elétrica consumida P [W]
Unidade: lm/W.

Esta relação pode ser efetuada para a lâmpada ou o módulo LED (rendimento luminoso de lâmpada ou módulo), a lâmpada ou o módulo com dispositivo operador (rendimento luminoso de sistema) e a luminária completa (rendimento luminoso de luminária).

RMF (em inglês room maintenance factor)conforme CIE 97:2005
Fator de manutenção da sala, que considera a acumulação de sujidade nas superfícies circundantes da sala com o decorrer do tempo de utilização. O fator de manutenção da sala é definido com um número decimal e pode ter um valor máximo de 1 (inexistência de sujidade).

U

UGR (max) (em inglês unified glare rating)
Medida para o efeito de ofuscação psicológica em espaços interiores.
Para além da luminância da luminária, o valor da UGR depende da posição do observador, da direção do olhar e da luminância do ambiente. Entre outros, a norma EN 12464-1 determina os valores máximos admissíveis da UGR em espaços interiores de vários locais de trabalho.

UGR do observador Ponto de cálculo na sala, para cálculo do valor UGR pelo DIALux. A posição e altura de ponto de cálculo deve corresponder à posição típica do observador (posição e altura dos olhos do utilizador).

Z

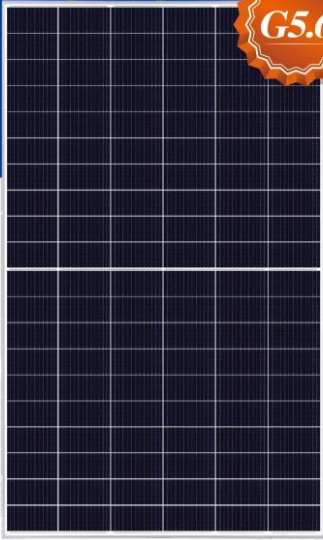
Zona marginal Área circundante entre o plano de uso e as paredes que não é considerada no cálculo.

Anexo C – Desenhos técnicos dos projetos fotovoltaicos

Anexo C.1.1 – Desenho técnico dos projetos CarPark e Cobertura



Anexo C 1.2 – Datasheet do Painel fotovoltaico do sistema CarPark













TITAN
HIGH PERFORMANCE
MONOCRYSTALLINE PERC MODULE

G5.6

RSM120-8-590M-615M

120 CELL Mono PERC Module	590-615Wp Power Output Range
1500VDC Maximum System Voltage	21.7% Maximum Efficiency


KEY SALIENT FEATURES

-  Global, Tier 1 bankable brand, with independently certified state-of-the-art automated manufacturing
-  Industry leading lowest thermal co-efficient of power
-  Industry leading 12 years product warranty
-  Excellent low irradiance performance
-  Excellent PID resistance
-  Positive power tolerance of 0~+3%
-  Dual stage 100% EL Inspection warranting defect-free product
-  Module Imp binning radically reduces string mismatch losses
-  Excellent wind load 2400Pa & snow load 5400Pa under certain installation method
-  Comprehensive product and system certification
 - IEC61215:2016; IEC61730-1/-2:2016;
 - ISO 9001:2015 Quality Management System
 - ISO 14001:2015 Environmental Management System
 - ISO 45001:2018 Occupational Health and Safety Management System

* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Risen Energy sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.


RISEN ENERGY CO., LTD.
Risen Energy is a leading, global tier 1 manufacturer of high-performance solar photovoltaic products and provider of total business solutions for residential, commercial and utility-scale power generation. The company, founded in 1986, and publicly listed in 2010, compels value generation for its chosen global customers. Techno-commercial innovation, underpinned by consummate quality and support, encircle Risen Energy's total Solar PV business solutions which are among the most powerful and cost-effective in the industry. With local market presence and strong financial bankability status, we are committed, and able, to building strategic, mutually beneficial collaborations with our partners, as together we capitalise on the rising value of green energy.

Tashan Industry Zone, Meilin, Ninghai 315609, Ningbo | PRC
Tel: +86-574-59953239 Fax: +86-574-59953599
E-mail: marketing@risenenergy.com Website: www.risenenergy.com



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

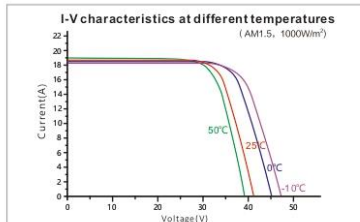
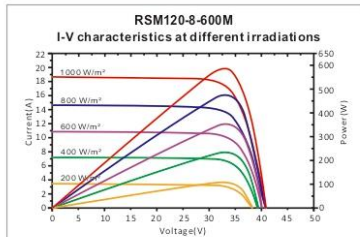
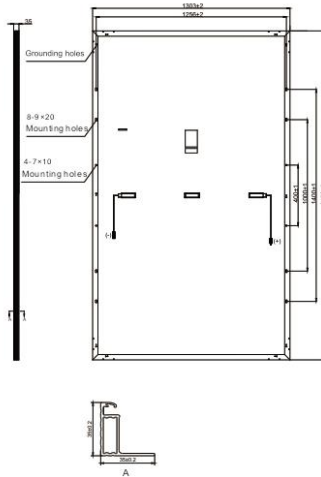
12 year Product Warranty / 25 year Linear Power Warranty



* Please check the valid version of Limited Product Warranty which is officially released by Risen Energy Co., Ltd

THE POWER OF RISING VALUE

Dimensions of PV Module Unit: mm



Our Partners:

REM120-M-12BB-EN-H1-1-2023

ELECTRICAL DATA (STC)

Model Number	RSM120-8-590M	RSM120-8-595M	RSM120-8-600M	RSM120-8-605M	RSM120-8-610M	RSM120-8-615M
Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	590	595	600	605	610	615
Open Circuit Voltage-Voc(V)	41.20	41.40	41.60	41.80	42.00	42.20
Short Circuit Current-Isc(A)	18.21	18.26	18.32	18.37	18.42	18.47
Maximum Power Voltage-Vmpp(V)	34.32	34.50	34.70	34.88	35.08	35.26
Maximum Power Current-Imp(A)	17.20	17.25	17.30	17.35	17.40	17.45
Module Efficiency (%) *	20.8	21.0	21.2	21.4	21.6	21.7

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.
* Module Efficiency (%): Round-off to the nearest number

ELECTRICAL DATA (NMOT)

Model Number	RSM120-8-590M	RSM120-8-595M	RSM120-8-600M	RSM120-8-605M	RSM120-8-610M	RSM120-8-615M
Maximum Power-Pmax (Wp)	447.0	450.7	454.6	458.3	462.2	466.1
Open Circuit Voltage-Voc (V)	38.32	38.50	38.69	38.87	39.06	39.25
Short Circuit Current-Isc (A)	14.93	14.97	15.02	15.06	15.10	15.14
Maximum Power Voltage-Vmpp (V)	31.85	32.02	32.20	32.37	32.55	32.73
Maximum Power Current-Imp (A)	14.04	14.08	14.12	14.16	14.20	14.24

NMOT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Solar cells	Monocrystalline
Cell configuration	120 cells (6×10+6×10)
Module dimensions	2172×1303×35mm
Weight	30kg
Superstrate	High Transmission, Low Iron, Tempered ARC Glass
Substrate	White Back-sheet
Frame	Anodized Aluminium Alloy, Silver Color
J-Box	Potted, IP68, 1500VDC, 3 Schottky bypass diodes
Cables	4.0mm ² , Positive(+)350mm, Negative(-)230mm (Connector Included)
Connector	Risen Twinseal PV-SY02, IP68

TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	44°C±2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.04%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.34%/°C
Operational Temperature	-40°C~+85°C
Maximum System Voltage	1500VDC
Max Series Fuse Rating	30A
Limiting Reverse Current	30A

PACKAGING CONFIGURATION

	40ft(HQ)
Number of modules per container	558
Number of modules per pallet	31
Number of pallets per container	18
Packaging box dimensions (LxWxH) in mm	1320×1120×2310
Box gross weight[kg]	971

CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.
©2022 Risen Energy. All rights reserved. Contents included in this datasheet are subject to change without notice.
No special undertaking or warranty for the suitability of special purpose or being installed in extraordinary surroundings is granted unless as otherwise specifically committed by manufacturer in contract document.

THE POWER OF RISING VALUE

Anexo C 1.3 – Datasheet do Inversor fotovoltaico do sistema CarPark

SUN2000-100KTL-M1 Smart PV Controller



Smart

Smart I-V Curve Diagnosis supported



Efficient

Max. efficiency 98.8%



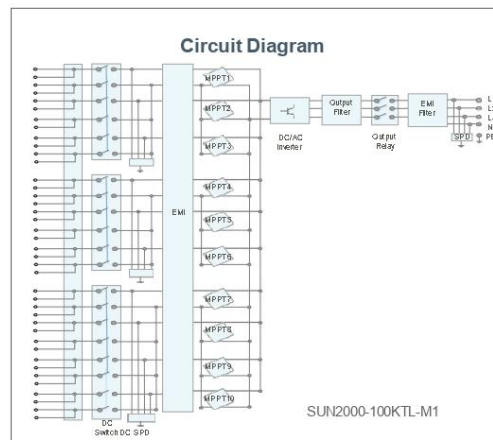
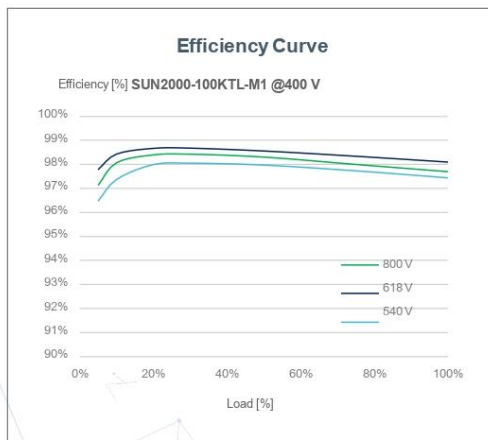
Safe

Fuse free design



Reliable

Type II surge arresters for DC & AC



SUN2000-100KTL-M1
Technical Specification

Technical Specification	SUN2000-100KTL-M1
Efficiency	
Max. Efficiency	98.8%
European Efficiency	98.6%
Input	
Max. Input Voltage	1,100 V
Max. Current per MPPT	26 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range	200 V ~ 1,000 V
Rated Input Voltage	600 V
Number of Inputs	20
Number of MPP Trackers	10
Output	
Rated AC Active Power	100,000 W
Rated AC Apparent power	100,000 VA
Max. AC Apparent Power	110,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	110,000 W
Rated Output Voltage	400 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	144.4 A
Max. Output Current	160.4 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	<3%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, Bluetooth/WLAN + APP
RS485	Yes
USB	Yes
MBUS	Yes (isolation transformer required)
General Data	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365mm (40.7 x 27.6x 14.4 inch)
Weight (with mounting plate)	90 kg (187.4 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Staubli MC4
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless
Nighttime Power Consumption	≤ 3.5W
Country of Manufacture	China
Standard Compliance (more available upon request)	
Safety	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2, IEC 62116
Grid Connection Standards	AS/NZS 4777.2 2020

SOLAR.HUAWEI.COM/AU/

Anexo C 1.4 – Resultados do sistema fotovoltaico CarPark

Modules in Series	Minimum Cell Temperature 0 [°C]	Maximum Cell Temperature 70 [°C]	Average Low Cell Temperature 16 [°C]	Average High Cell Temperature 45 [°C]	Minimum Admissible Voltage 200 [V]	Maximum Admissible Voltage 1100 [V]
Quantity [#]	Maximum Admissible V_{oc}	Minimum Admissible V_{mp}	Voltage for Maximum Power Point Tracking		Results	
5	Voc(0°) X 5 PV 222,1	Vmpp(70°) X 5 PV 154,8	Vmpp(16°) X 5 PV 178,3	Vmpp(45°) X 5 PV 165,7	Under voltage limit	X
6	Voc(0°) X 6 PV 266,5	Vmpp(70°) X 6 PV 185,7	Vmpp(16°) X 6 PV 214,0	Vmpp(45°) X 6 PV 198,8	Under voltage limit	X
7	Voc(0°) X 7 PV 310,9	Vmpp(70°) X 7 PV 216,7	Vmpp(16°) X 7 PV 249,7	Vmpp(45°) X 7 PV 232,0	Comply with voltage limit	✓
20	Voc(0°) X 20 PV 888,3	Vmpp(70°) X 20 PV 619,1	Vmpp(16°) X 20 PV 713,3	Vmpp(45°) X 20 PV 662,7	Comply with voltage limit	✓
21	Voc(0°) X 21 PV 932,7	Vmpp(70°) X 21 PV 650,1	Vmpp(16°) X 21 PV 749,0	Vmpp(45°) X 21 PV 695,9	Comply with voltage limit	✓
22	Voc(0°) X 22 PV 977,1	Vmpp(70°) X 22 PV 681,0	Vmpp(16°) X 22 PV 784,6	Vmpp(45°) X 22 PV 729,0	Comply with voltage limit	✓
23	Voc(0°) X 23 PV 1021,5	Vmpp(70°) X 23 PV 712,0	Vmpp(16°) X 23 PV 820,3	Vmpp(45°) X 23 PV 762,1	Comply with voltage limit	✓
24	Voc(0°) X 24 PV 1065,9	Vmpp(70°) X 24 PV 742,9	Vmpp(16°) X 24 PV 856,0	Vmpp(45°) X 24 PV 795,3	Comply with voltage limit	✓
25	Voc(0°) X 25 PV 1110,3	Vmpp(70°) X 25 PV 773,9	Vmpp(16°) X 25 PV 891,6	Vmpp(45°) X 25 PV 828,4	Exceeds voltage limit	X
33	Voc(0°) X 33 PV 1465,6	Vmpp(70°) X 33 PV 1021,5	Vmpp(16°) X 33 PV 1176,9	Vmpp(45°) X 33 PV 1093,5	Exceeds voltage limit	X
34	Voc(0°) X 34 PV 1510,0	Vmpp(70°) X 34 PV 1052,5	Vmpp(16°) X 34 PV 1212,6	Vmpp(45°) X 34 PV 1126,6	Exceeds voltage limit	X
0	Voc(0°) X 0 PV 0,0	Vmpp(70°) X 0 PV 0,0	Vmpp(16°) X 0 PV 0,0	Vmpp(45°) X 0 PV 0,0	Under voltage limit	X
0	Voc(0°) X 0 PV 0,0	Vmpp(70°) X 0 PV 0,0	Vmpp(16°) X 0 PV 0,0	Vmpp(45°) X 0 PV 0,0	Under voltage limit	X
0	Voc(0°) X 0 PV 0,0	Vmpp(70°) X 0 PV 0,0	Vmpp(16°) X 0 PV 0,0	Vmpp(45°) X 0 PV 0,0	Under voltage limit	X
0	Voc(0°) X 0 PV 0,0	Vmpp(70°) X 0 PV 0,0	Vmpp(16°) X 0 PV 0,0	Vmpp(45°) X 0 PV 0,0	Under voltage limit	X


Anexo C 2.1 – Desenho técnico do projeto Fachada

Proj. nº	2501/2023	Ver.	0000	ETC.	Rev. E-01/11
Proj. Nome	Proj. de Fachada para o Instituto de Física de São Carlos	Proj. Nome	Proj. de Fachada para o Instituto de Física de São Carlos	Proj. Nome	Proj. de Fachada para o Instituto de Física de São Carlos
Proj. Local	Proj. Local	Proj. Local	Proj. Local	Proj. Local	Proj. Local
Proj. Escala	Proj. Escala	Proj. Escala	Proj. Escala	Proj. Escala	Proj. Escala
Proj. Autor	Proj. Autor	Proj. Autor	Proj. Autor	Proj. Autor	Proj. Autor
Proj. Data	Proj. Data	Proj. Data	Proj. Data	Proj. Data	Proj. Data
Proj. Descrição	Proj. Descrição	Proj. Descrição	Proj. Descrição	Proj. Descrição	Proj. Descrição
Proj. Observações	Proj. Observações	Proj. Observações	Proj. Observações	Proj. Observações	Proj. Observações
Proj. Notas	Proj. Notas	Proj. Notas	Proj. Notas	Proj. Notas	Proj. Notas
Proj. Anexos	Proj. Anexos	Proj. Anexos	Proj. Anexos	Proj. Anexos	Proj. Anexos
Proj. Referências	Proj. Referências	Proj. Referências	Proj. Referências	Proj. Referências	Proj. Referências
Proj. Materiais	Proj. Materiais	Proj. Materiais	Proj. Materiais	Proj. Materiais	Proj. Materiais
Proj. Cálculos	Proj. Cálculos	Proj. Cálculos	Proj. Cálculos	Proj. Cálculos	Proj. Cálculos
Proj. Desenhos	Proj. Desenhos	Proj. Desenhos	Proj. Desenhos	Proj. Desenhos	Proj. Desenhos
Proj. Outros	Proj. Outros	Proj. Outros	Proj. Outros	Proj. Outros	Proj. Outros

Anexo C 2.2 – Datasheet do Painei fotovoltaico do sistema Fachada




eArc

SMF310M-5X12DW










POWER OUTPUT RANGE 305~310 W
POWER TOLERANCE 0-5 W


12 Year Product Warranty
25 Year Linear Power Warranty


www.sunman-energy.com


ULTRA-LIGHT & FLEXIBLE SOLAR PANEL




310 Watt
60 Cell Monocrystalline Module




Ultra-light: Glass free module weighs 5.0 kg, 70% lighter than conventional glass modules.



Fast-Installation: Through "Quick-Bonding" installation, eArc requires no penetration, reduces time on roof by 40% and eliminates the use of mounting hardware.




Aesthetic: Seamless integration with underlying installation surface.



Durable: eArc is the first glassless module to pass the same durability tests as conventional glass modules, including IEC 61215:2016, IEC61730:2016 and UL1703 (USA). eArc has also passed PID, salt mist and ammonia corrosion tests.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

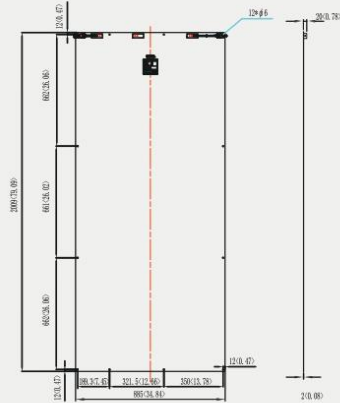
CAUTION: Read installation manual before using the product.
©2021 Sunman (zhenjiang) Co., Ltd. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.



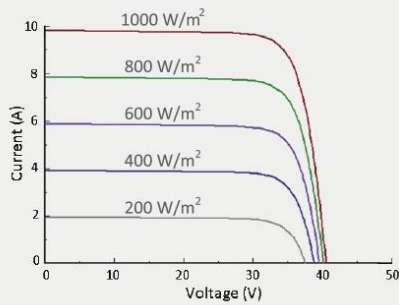
The graph shows Power Assurance (%) on the y-axis (80% to 100%) and Years on the x-axis (25 to 0). Two lines represent the warranty: a red line for 'eArc linear power warranty' and a black line for 'Standard linear power warranty'. At 25 years, the eArc warranty is at 84.8% and the standard is at 80.2%. At 0 years, both are at 98%.

Years	eArc linear power warranty (%)	Standard linear power warranty (%)
25	84.8%	80.2%
0	98%	98%

DIMENSIONS

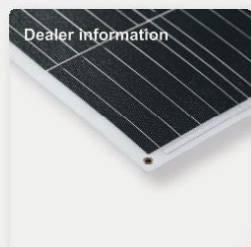


I-V CURVE (310)



TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Nominal Module Operating Temperature(NMOT)	41±2 °C
Temperature Coefficient of P_{max}	-0.38 %/°C
Temperature Coefficient of V_{oc}	-0.28 %/°C
Temperature Coefficient of I_{sc}	0.020 %/°C



SMFDW/IEC EN 2022C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STC	SMF305M-5X12DW	SMF310M-5X12DW
Maximum Power (P_{max})	305	310
Maximum Power Voltage (V_{mp})	33.0	33.3
Maximum Power Current (I_{mp})	9.25	9.31
Open-circuit Voltage (V_{oc})	40.3	40.5
Short-circuit Current (I_{sc})	9.74	9.81
Module Efficiency (%)	17.2	17.4
Operating Temperature	-40 °C to 85 °C	
Maximum System Voltage	1000 V DC (IEC)	
Maximum Series Fuse Rating	20 A	
Application Class	Class A	
Power Tolerance	0/+5 W	

STC: Irradiance 1000W/m², Cell temperature 25 °C, AM=1.5.

Tolerances of P_{max} , V_{oc} and I_{sc} are within ±5%

NMOT	SMF305M-5X12DW	SMF310M-5X12DW
Maximum Power (P_{max})	229	233
Maximum Power Voltage (V_{mp})	30.5	30.7
Maximum Power Current (I_{mp})	7.51	7.59
Open-circuit Voltage (V_{oc})	37.4	37.6
Short-circuit Current (I_{sc})	7.96	8.04

NMOT: Irradiance 800W/m², Ambient temperature 20 °C, AM=1.5, Wind speed 1 m/s.

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Solar Cell	Monocrystalline silicon (158.75mm)
No. of Cells	60 (5×12)
Module Dimensions	2099×885×2 mm
Weight	5.0kg
Backsheet	White
Frame	Frameless
J-box	IP 68 rated
Output Cables	Photovoltaic technology cable 4.0 mm 2, (+)450 mm / (-)450 mm
Connector	MC4 compatible

PACKAGING CONFIGURATION

	20' GP	40' HC
Module per pallet	66+10	66+11
Pieces per container	710	1617

Anexo C 2.3 – Datasheet do Inversor do sistema fotovoltaico da fachada

SUN2000-12/15/17/20/25KTL-M5
Smart PV Controller



Active Safety

AI Powered Arcing Protection



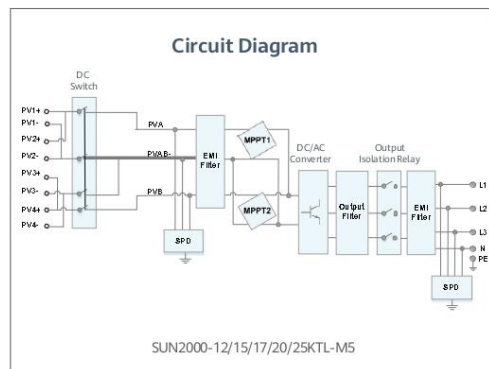
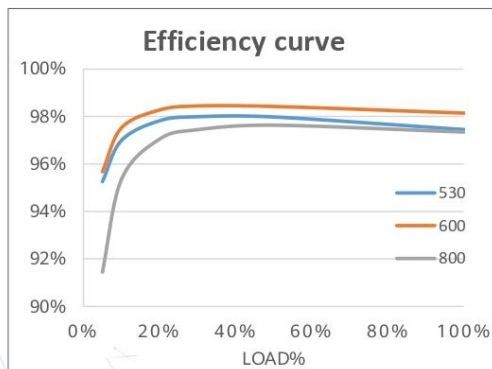
Higher Yields

Up to 30% More Energy with Optimizer



Flexible Communication

WLAN, Fast Ethernet, 4G
 Communication Supported



SUN2000-12/15/17/20/25KTL-M5
Technical Specification

Technical Specification	SUN2000 -12KTL-M5	SUN2000 -15KTL-M5	SUN2000 -17KTL-M5	SUN2000 -20KTL-M5	SUN2000 -25KTL-M5
Efficiency					
Max. efficiency	98.4%	98.4%	98.4%	98.4%	98.4%
European weighted efficiency	97.9%	98.0%	98.1%	98.1%	98.2%
Input					
Recommended max. PV power ¹	18,000 Wp	22,500 Wp	25,500 Wp	30,000 Wp	37,500 Wp
Max. input voltage ²			1100 V		
Full-load MPPT voltage range	370V~800V	410V~800V	440V~800V	480V~800V	530~800V
MPPT Operating voltage range ³			200 V ~ 1000 V		
Start-up voltage			200 V		
Rated input voltage			600 V		
Max. input current per MPPT			30 A (two string) / 20 A (single string)		
Max. short-circuit current			40 A		
Number of MPP trackers			2		
Max. number of inputs			4		
Output					
Grid connection			Three phase		
Rated output power	12,000 W	15,000 W	17,000 W	20,000 W	25,000 W
Max. apparent power	13,200 W	16,500 VA	18,700 VA	22,000 VA	27,500 VA
Rated output voltage	220 Vac / 380 Vac, 230 Vac / 400 Vac, 239.6 Vac / 415Vac, 3W + N + PE				
Rated AC grid frequency	50 Hz / 60 Hz				
Max. output current	18.2A/380Vac	25.2A/380Vac	28.6A/380Vac	33.6A/380Vac	42.0A/380Vac
	17.3A/400Vac	23.9A/400Vac	27.1A/400Vac	31.9A/400Vac	39.9A/400Vac
	16.7A/415Vac	23.1A/415Vac	26.1A/415Vac	30.8A/415Vac	38.5A/415Vac
Adjustable power factor	0.8 leading ... 0.8 lagging				
Max. total harmonic distortion	≤ 3 %				
Features & Protections					
Overvoltage Category	PV II/AC III				
Input-side disconnection device	Yes				
Anti-islanding protection	Yes				
AC over-current protection	Yes				
DC reverse-polarity protection	Yes				
String fault detection	Yes				
DC surge protection	TYPE II				
AC surge protection	CLASS II				
Residual current monitoring unit	Yes				
Arc fault protection	Yes				
Ripple control ripple control	Yes				
Integrated PID recovery ⁴	Yes				
General Data					
Operation temperature range	-25 ~ + 60 °C (-13 °F ~ 140 °F)				
Relative humidity	0 % RH ~ 100% RH				
Max. operating altitude	0 ~ 4,000 m (13,123 ft.) (Derating above 2000 m)				
Cooling	Smart air cooling				
Display	LED Indicators; Integrated WLAN + FusionSolar App				
Communication	RS485; WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE (Optional) 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)				
Weight (with mounting plate)	21kg (46.4 lb)				
Dimensions (W x H x D) (incl. mounting plate)	546 x 460 x 228mm (21.5 x 18.1 x 9.0 inch)				
Degree of protection	IP66				
Optimizer Compatibility					
DC MBUS compatible optimizer	SUN2000-450W-P, SUN2000-450W-P2, SUN2000-600W-P, SUN2000-1300W-P, SUN2000-1100W-P				
Standard Compliance (more available upon request)					
Safety	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2				
Grid connection standards	G99, EN 50549, CEI 0-21, CEI 0-16, VDE-AR-N-4105, VDE-AR-N-4110, C10/11, ABNT, VFR 2019, UNE 217001, UNE 217002, RD 244, TOR D4, IEC61727, IEC62116				

¹ Inverter max input PV power is 40,000 Wp when long strings are designed and fully connected with SUN2000-450W-P power optimizers.

² The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.

³ Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

⁴ SUN2000-12~20KTL-M2 raises potential between PV- and ground to above zero through integrated PID recovery function to recover module degradation from PID. Supported module types include: P-type (mono, poly)

Anexo C 2.4 – Resultados do sistema fotovoltaico Fachada

Modules in Series	Minimum Cell Temperature		Maximum Cell Temperature		Average Low Cell Temperature		Average High Cell Temperature		Results	
	Maximum Admissible V_{oc}	0 [°C]	Minimum Admissible V_{mp}	66 [°C]	Voltage for Maximum Power Point Tracking	15 [°C]	43 [°C]	126,5	200 [V]	1100 [V]
4	Voc(0°) X 4 PV	173,3	Vmpp(66°) X 4 PV	117,9	Vmpp(15°) X 4 PV	136,9	Vmpp(43°) X 4 PV	126,5	Under voltage limit	X
5	Voc(0°) X 5 PV	216,7	Vmpp(66°) X 5 PV	147,4	Vmpp(15°) X 5 PV	171,2	Vmpp(43°) X 5 PV	158,1	Under voltage limit	X
6	Voc(0°) X 6 PV	260,0	Vmpp(66°) X 6 PV	176,9	Vmpp(15°) X 6 PV	205,4	Vmpp(43°) X 6 PV	189,7	Under voltage limit	X
7	Voc(0°) X 7 PV	303,3	Vmpp(66°) X 7 PV	206,3	Vmpp(15°) X 7 PV	239,6	Vmpp(43°) X 7 PV	221,4	Comply with voltage limit	✓
14	Voc(0°) X 14 PV	606,7	Vmpp(66°) X 14 PV	412,7	Vmpp(15°) X 14 PV	479,3	Vmpp(43°) X 14 PV	442,7	Comply with voltage limit	✓
16	Voc(0°) X 16 PV	693,4	Vmpp(66°) X 16 PV	471,6	Vmpp(15°) X 16 PV	547,7	Vmpp(43°) X 16 PV	505,9	Comply with voltage limit	✓
17	Voc(0°) X 17 PV	736,7	Vmpp(66°) X 17 PV	501,1	Vmpp(15°) X 17 PV	582,0	Vmpp(43°) X 17 PV	537,6	Comply with voltage limit	✓
18	Voc(0°) X 18 PV	780,0	Vmpp(66°) X 18 PV	530,6	Vmpp(15°) X 18 PV	616,2	Vmpp(43°) X 18 PV	569,2	Comply with voltage limit	✓
19	Voc(0°) X 19 PV	823,4	Vmpp(66°) X 19 PV	560,1	Vmpp(15°) X 19 PV	650,4	Vmpp(43°) X 19 PV	600,8	Comply with voltage limit	✓
24	Voc(0°) X 24 PV	1040,0	Vmpp(66°) X 24 PV	707,5	Vmpp(15°) X 24 PV	821,6	Vmpp(43°) X 24 PV	758,9	Comply with voltage limit	✓
25	Voc(0°) X 25 PV	1083,4	Vmpp(66°) X 25 PV	736,9	Vmpp(15°) X 25 PV	855,8	Vmpp(43°) X 25 PV	790,5	Comply with voltage limit	✓
26	Voc(0°) X 26 PV	1126,7	Vmpp(66°) X 26 PV	766,4	Vmpp(15°) X 26 PV	890,0	Vmpp(43°) X 26 PV	822,2	Exceeds voltage limit	X
0	Voc(0°) X 0 PV	0,0	Vmpp(66°) X 0 PV	0,0	Vmpp(15°) X 0 PV	0,0	Vmpp(43°) X 0 PV	0,0	Under voltage limit	X
0	Voc(0°) X 0 PV	0,0	Vmpp(66°) X 0 PV	0,0	Vmpp(15°) X 0 PV	0,0	Vmpp(43°) X 0 PV	0,0	Under voltage limit	X
0	Voc(0°) X 0 PV	0,0	Vmpp(66°) X 0 PV	0,0	Vmpp(15°) X 0 PV	0,0	Vmpp(43°) X 0 PV	0,0	Under voltage limit	X

Anexo C 3.2 – Datasheet do Painel fotovoltaico do sistema Cobertura



Preliminary 108

n-type TOPCon

HIGH PERFORMANCE DUAL GLASS MODULE

RSM108-10-440-465NDG



The module picture is for reference only

440-465 _{Wp}

Power Output Range

22.8 %

Maximum Efficiency

0~+3 %

Positive power tolerance

1500 _{VDC}

Maximum System Voltage

KEY FEATURES

- Perfect for residential scenario application
- Excellent power generation
- Excellent anti-LID & anti-PID performance
- Excellent temperature coefficient (Pmax): -0.29%/°C
- Excellent weak-light performance
- Excellent warranty assurance

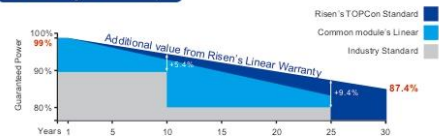


* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Risen Energy sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

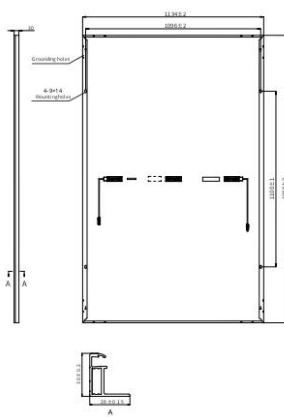
15 years Product Warranty / 30 years Linear Power Warranty

0.4% Annual Degradation over 30 years

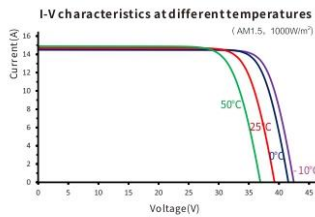
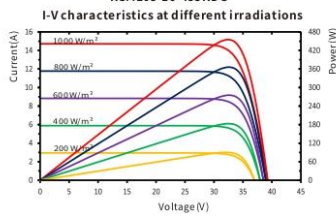


* Please check the valid version of Limited Product Warranty which is officially released by Risen Energy Co., Ltd

Dimensions of PV Module



RSM108-10-455NDG



PACKAGING CONFIGURATION

	40ft (HQ)	20ft
Number of modules per container	864	216
Number of modules per pallet	36	36
Number of pallets per container	24	6
Packaging box dimensions [LxWxH] in mm	1820 x 1110 x 1260	
Box gross weight [kg]	950	

ELECTRICAL DATA (STC)

Model Type	RSM108-10-440-465NDG					
Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	440	445	450	455	460	465
Open Circuit Voltage-Voc(V)	38.61	38.83	39.05	39.26	39.47	39.68
Short Circuit Current-Isc(A)	14.55	14.61	14.66	14.72	14.79	14.86
Maximum Power Voltage-Vmpp(V)	32.08	32.26	32.44	32.64	32.84	33.04
Maximum Power Current-Impp(A)	13.74	13.82	13.88	13.94	14.01	14.08
Module Efficiency (%) *	21.6	21.8	22.1	22.3	22.5	22.8

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.

* Module Efficiency (%): Round-off to the nearest number

ELECTRICAL DATA (NMOT)

Model Type	RSM108-10-440-465NDG					
Maximum Power-Pmax (Wp)	333.7	337.7	341.0	344.7	348.4	352.3
Open Circuit Voltage-Voc (V)	35.91	36.11	36.32	36.51	36.71	36.90
Short Circuit Current-Isc (A)	11.93	11.98	12.02	12.07	12.13	12.19
Maximum Power Voltage-Vmpp (V)	29.77	29.94	30.10	30.29	30.48	30.66
Maximum Power Current-Impp (A)	11.21	11.28	11.33	11.38	11.43	11.49

NMOT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Solar cells	n-type TOPCon
Cell configuration	108 cells (6×9+6×9)
Module dimensions	1800×1134×30mm
Weight	25kg
Superstrate	High Transmission, Low Iron, AR Coated Heat Strengthened Glass
Substrate	Heat Strengthened Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy, Silver Color
J-Box	Potted, IP68, 1500VDC, 3 Schottky by pass diodes
Cables	4.0mm ² , Positive(+) 1200mm, Negative(-) 1200mm (Connector Included), or customized length
Connector	Risen Twinsel PV-SY02, IP68

TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	44°C ±2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.046%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.29%/°C
Operational Temperature	-40°C~+85°C
Maximum System Voltage	1500VDC
Max Series Fuse Rating	30A
Limiting Reverse Current	30A



RISEN ENERGY CO., LTD.

Tashan Industry Zone, Meilin, Ninghai 315609, Ningbo | PRC

Tel: +86-574-59953239

Fax: +86-574-59953599

E-mail: marketing@risenenergy.com

Website: www.risenenergy.com

THE POWER OF RISING VALUE

CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.

© 2024 Risen Energy. All rights reserved. Contents included in this datasheet are subject to change without notice. No special undertaking or warranty for the suitability of special purpose or being installed in extraordinary surroundings is granted unless as otherwise specifically committed by manufacturer in contract document.

Version: REM108-NDG-1688-EN-H1-3-2024

Anexo C 3.3 – Datasheet do Inversor fotovoltaico do sistema Cobertura

SUN2000-12/15/17/20/25KTL-M5
Smart PV Controller



Active Safety

AI Powered Arcing Protection



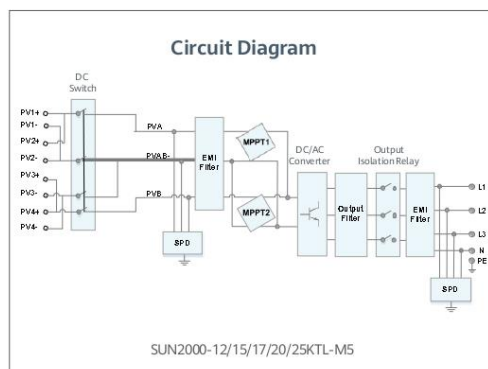
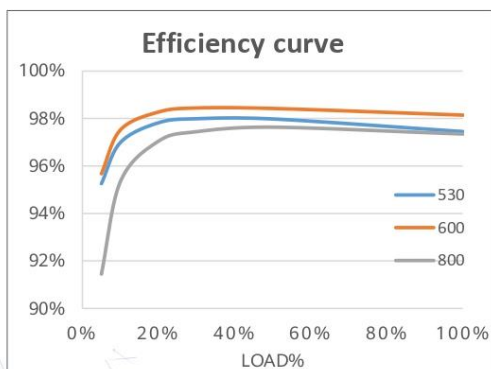
Higher Yields

Up to 30% More Energy with Optimizer



Flexible Communication

WLAN, Fast Ethernet, 4G
 Communication Supported



SUN2000-12/15/17/20/25KTL-M5
Technical Specification

Technical Specification	SUN2000 -12KTL-M5	SUN2000 -15KTL-M5	SUN2000 -17KTL-M5	SUN2000 -20KTL-M5	SUN2000 -25KTL-M5
Efficiency					
Max. efficiency	98.4%	98.4%	98.4%	98.4%	98.4%
European weighted efficiency	97.9%	98.0%	98.1%	98.1%	98.2%

Input					
Recommended max. PV power ¹	18,000 Wp	22,500 Wp	25,500 Wp	30,000 Wp	37,500 Wp
Max. input voltage ²	1100 V				
Full-load MPPT voltage range	370V~800V	410V~800V	440V~800V	480V~800V	530~800V
MPPT Operating voltage range ³	200 V ~ 1000 V				
Start-up voltage	200 V				
Rated input voltage	600 V				
Max. input current per MPPT	30 A (two string) / 20 A (single string)				
Max. short-circuit current	40 A				
Number of MPP trackers	2				
Max. number of inputs	4				

Output					
Grid connection	Three phase				
Rated output power	12,000 W	15,000 W	17,000 W	20,000 W	25,000 W
Max. apparent power	13,200 W	16,500 VA	18,700 VA	22,000 VA	27,500 VA
Rated output voltage	220 Vac / 380 Vac, 230 Vac / 400 Vac, 239.6 Vac / 415Vac, 3W + N + PE				
Rated AC grid frequency	50 Hz / 60 Hz				
Max. output current	18.2A/380Vac 17.3A/400Vac 16.7A/415Vac	25.2A/380Vac 23.9A/400Vac 23.1A/415Vac	28.6A/380Vac 27.1A/400Vac 26.1A/415Vac	33.6A/380Vac 31.9A/400Vac 30.8A/415Vac	42.0A/380Vac 39.9A/400Vac 38.5A/415Vac
Adjustable power factor	0.8 leading ... 0.8 lagging				
Max. total harmonic distortion	≤ 3 %				

Features & Protections	
Overvoltage Category	PV II / AC III
Input-side disconnection device	Yes
Anti-islanding protection	Yes
AC over-current protection	Yes
DC reverse-polarity protection	Yes
String fault detection	Yes
DC surge protection	TYPE II
AC surge protection	CLASS II
Residual current monitoring unit	Yes
Arc fault protection	Yes
Ripple control	Yes
Integrated PID recovery ⁴	Yes

General Data	
Operation temperature range	-25 ~ + 60 °C (-13 °F ~ 140 °F)
Relative humidity	0 % RH ~ 100% RH
Max. operating altitude	0 ~ 4,000 m (13,123 ft.) (Derating above 2000 m)
Cooling	Smart air cooling
Display	LED Indicators; Integrated WLAN + FusionSolar App
Communication	RS485; WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE (Optional) 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)
Weight (with mounting plate)	21kg (46.4 lb)
Dimensions (W x H x D) (incl. mounting plate)	546 x 460 x 228mm (21.5 x 18.1 x 9.0 inch)
Degree of protection	IP66

Optimizer Compatibility	
DC MBUS compatible optimizer	SUN2000-450W-P, SUN2000-450W-P2, SUN2000-600W-P, SUN2000-1300W-P, SUN2000-1100W-P

Standard Compliance (more available upon request)	
Safety	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2
Grid connection standards	G99, EN 50549, CEI 0-21, CEI 0-16, VDE-AR-N-4105, VDE-AR-N-4110, C10/11, ABNT, VFR 2019, UNE 217001, UNE 217002, RD 244, TOR D4, IEC61727, IEC62116

¹ Inverter max input PV power is 40,000 Wp when long strings are designed and fully connected with SUN2000-450W-P power optimizers.

² The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.

³ Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

⁴ SUN2000-12~20KTL-M2 raises potential between PV- and ground to above zero through integrated PID recovery function to recover module degradation from PID. Supported module types include: P-type (mono, poly)

Anexo C 3.4 – Resultados do sistema fotovoltaico Cobertura

Quantity [q]	Minimum Cell Temperature		Maximum Cell Temperature		Average Low Cell Temperature		Average High Cell Temperature		Results	
	Maximum Admissible V_{oc}	70 [°C]	Minimum Admissible V_{mp}	16 [°C]	Voltage for Maximum Power Point Tracking	45 [°C]	Minimum Admissible Voltage	200 [V]	Maximum Admissible Voltage	1100 [V]
4	Voc(0°) X 4 PV 168,6	Vmp(70°) X 4 PV 117,3	Vmp(16°) X 4 PV 135,1	Vmp(45°) X 4 PV 125,6	Under voltage limit	X				
5	Voc(0°) X 5 PV 210,8	Vmp(70°) X 5 PV 146,6	Vmp(16°) X 5 PV 168,9	Vmp(45°) X 5 PV 156,9	Under voltage limit	X				
6	Voc(0°) X 6 PV 253,0	Vmp(70°) X 6 PV 175,9	Vmp(16°) X 6 PV 202,7	Vmp(45°) X 6 PV 188,3	Under voltage limit	X				
7	Voc(0°) X 7 PV 295,1	Vmp(70°) X 7 PV 205,3	Vmp(16°) X 7 PV 236,5	Vmp(45°) X 7 PV 219,7	Comply with voltage limit	✓				
14	Voc(0°) X 14 PV 590,2	Vmp(70°) X 14 PV 410,5	Vmp(16°) X 14 PV 473,0	Vmp(45°) X 14 PV 439,4	Comply with voltage limit	✓				
15	Voc(0°) X 15 PV 632,4	Vmp(70°) X 15 PV 439,8	Vmp(16°) X 15 PV 506,8	Vmp(45°) X 15 PV 470,8	Comply with voltage limit	✓				
17	Voc(0°) X 17 PV 716,7	Vmp(70°) X 17 PV 498,5	Vmp(16°) X 17 PV 574,3	Vmp(45°) X 17 PV 533,6	Comply with voltage limit	✓				
18	Voc(0°) X 18 PV 758,9	Vmp(70°) X 18 PV 527,8	Vmp(16°) X 18 PV 608,1	Vmp(45°) X 18 PV 565,0	Comply with voltage limit	✓				
19	Voc(0°) X 19 PV 801,0	Vmp(70°) X 19 PV 557,1	Vmp(16°) X 19 PV 641,9	Vmp(45°) X 19 PV 596,4	Comply with voltage limit	✓				
20	Voc(0°) X 20 PV 843,2	Vmp(70°) X 20 PV 586,5	Vmp(16°) X 20 PV 675,7	Vmp(45°) X 20 PV 627,8	Comply with voltage limit	✓				
26	Voc(0°) X 26 PV 1096,2	Vmp(70°) X 26 PV 762,4	Vmp(16°) X 26 PV 878,4	Vmp(45°) X 26 PV 816,1	Comply with voltage limit	✓				
27	Voc(0°) X 27 PV 1138,3	Vmp(70°) X 27 PV 791,7	Vmp(16°) X 27 PV 912,2	Vmp(45°) X 27 PV 847,5	Exceeds voltage limit	X				
0	Voc(0°) X 0 PV 0,0	Vmp(70°) X 0 PV 0,0	Vmp(16°) X 0 PV 0,0	Vmp(45°) X 0 PV 0,0	Under voltage limit	X				
0	Voc(0°) X 0 PV 0,0	Vmp(70°) X 0 PV 0,0	Vmp(16°) X 0 PV 0,0	Vmp(45°) X 0 PV 0,0	Under voltage limit	X				
0	Voc(0°) X 0 PV 0,0	Vmp(70°) X 0 PV 0,0	Vmp(16°) X 0 PV 0,0	Vmp(45°) X 0 PV 0,0	Under voltage limit	X				

Anexo D – Relatórios PVsyst

Anexo D 1 – Relatório PVsyst do projeto fotovoltaico CarPark



Version 7.4.7

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: Tese_Bernardo-INESC TEC

Variant: Carport

Self Consumption System

System power: 116 kWp

INESC TEC - Paranhos, Porto - Portugal

INESCTEC



Bernardo Fonseca

**PVsyst V7.4.7**

VC2, Simulation date:
27/08/24 09:20
with V7.4.7

Project summary**Geographical Site**

INESC TEC - Paranhos, Porto
Portugal

Situation

Latitude 41.18 °N
Longitude -8.60 °W
Altitude 122 m
Time zone UTC

Weather data

INESC TEC - Paranhos, Porto
Meteonorm 8.1 (1996-2015) - Synthetic

Monthly albedo values

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Albedo	0.11	0.11	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11

System summary**Grid-Connected System****PV Field Orientation**

Fixed plane
Tilt/Azimuth 10 / 5 °

Self Consumption System**Near Shadings**

According to strings : Fast (table)
Electrical effect 100 %

User's needs

Daily profile
Constant over the year
Average 2175 kWh/Day

System information**PV Array**

Nb. of modules 192 units
Pnom total 116 kWp

Inverters

Nb. of units 1 unit
Pnom total 100 kWac
Pnom ratio 1.162

Results summary

Produced Energy	168426 kWh/year	Specific production	1450 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	84.07 %
Used Energy	793809 kWh/year			Solar Fraction SF	21.22 %

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Near shading definition - Iso-shadings diagram	5
Detailed User's needs	6
Main results	7
Loss diagram	8
Predef. graphs	9
CO ₂ Emission Balance	10



PVsyst V7.4.7

VC2, Simulation date:
27/08/24 09:20
with V7.4.7

General parameters

Grid-Connected System						Self Consumption System											
PV Field Orientation						Sheds configuration						Models used					
Orientation												Transposition Perez					
Fixed plane												Diffuse Perez, Meteorom					
Tilt/Azimuth 10 / 5 °												Circumsolar separate					
Horizon						Near Shadings						User's needs					
Free Horizon						According to strings : Fast (table)						Daily profile					
						Electrical effect 100 %						Constant over the year					
												Average 2175 kWh/Day					
Hourly load	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h					
	67.9	64.6	64.3	64.4	65.8	64.8	64.2	81.9	118.8	122.4	124.3	121.3	kW				
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h					
	117.0	114.7	118.6	120.7	118.9	105.2	96.8	87.0	73.8	68.3	65.4	63.9	kW				

PV Array Characteristics

PV module				Inverter			
Manufacturer	Risen Solar			Manufacturer	Huawei Technologies		
Model	RSM120-8-605BMDG			Model	SUN2000-100KTL-M1-400Vac		
	(Custom parameters definition)				(Original PVsyst database)		
Unit Nom. Power	605 Wp			Unit Nom. Power	100 kWac		
Number of PV modules	192 units			Number of inverters	1 unit		
Nominal (STC)	116 kWp			Total power	100 kWac		
Modules	8 string x 24 In series			Operating voltage	200-1000 V		
At operating cond. (45°C)				Max. power (=>33°C)	110 kWac		
Pmpp	108 kWp			Pnom ratio (DC:AC)	1.16		
U mpp	775 V			Power sharing within this inverter			
I mpp	140 A						
Total PV power				Total inverter power			
Nominal (STC)	116 kWp			Total power	100 kWac		
Total	192 modules			Max. power	110 kWac		
Module area	543 m²			Number of inverters	1 unit		
				Pnom ratio	1.16		

Array losses

Array Soiling Losses				Thermal Loss factor				DC wiring losses			
Loss Fraction	3.0 %			Module temperature according to irradiance				Global array res.	59 mΩ		
				Uc (const)	29.0 W/m²K			Loss Fraction	1.0 % at STC		
				Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s						
LID - Light Induced Degradation				Module Quality Loss				Module mismatch losses			
Loss Fraction	1.6 %			Loss Fraction	-0.8 %			Loss Fraction	2.0 % at MPP		
IAM loss factor											
Incidence effect (IAM): User defined profile											
0°	20°	40°	60°	70°	75°	80°	85°	90°			
1.000	1.000	1.000	1.000	0.992	0.978	0.946	0.850	0.000			



PVsyst V7.4.7

VC2, Simulation date:
27/08/24 09:20
with V7.4.7

AC wiring losses

Inv. output line up to injection point

Inverter voltage 400 Vac tri
Loss Fraction 0.70 % at STC

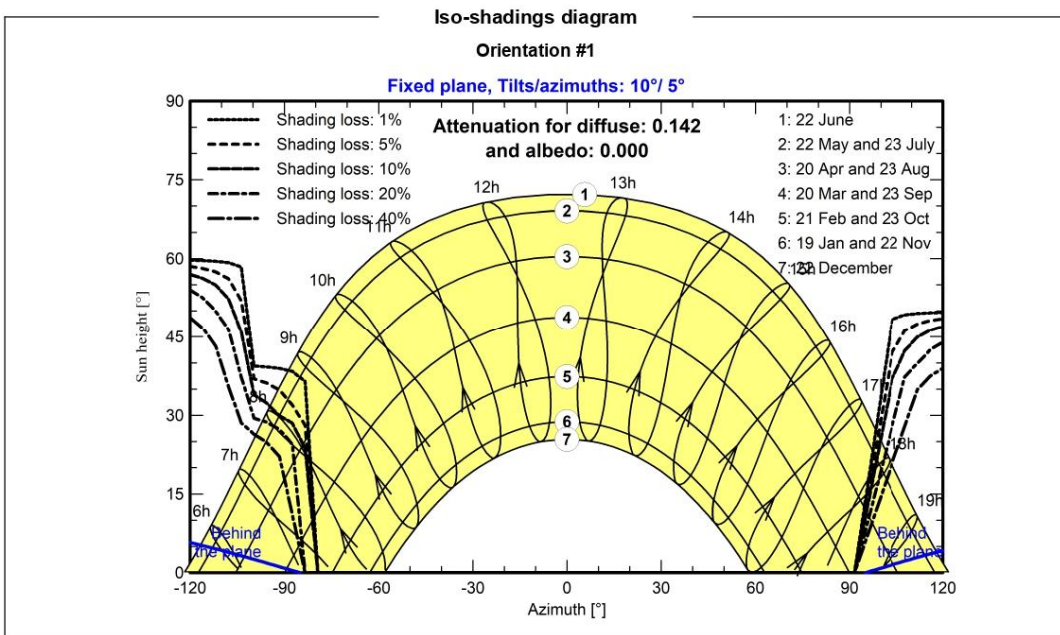
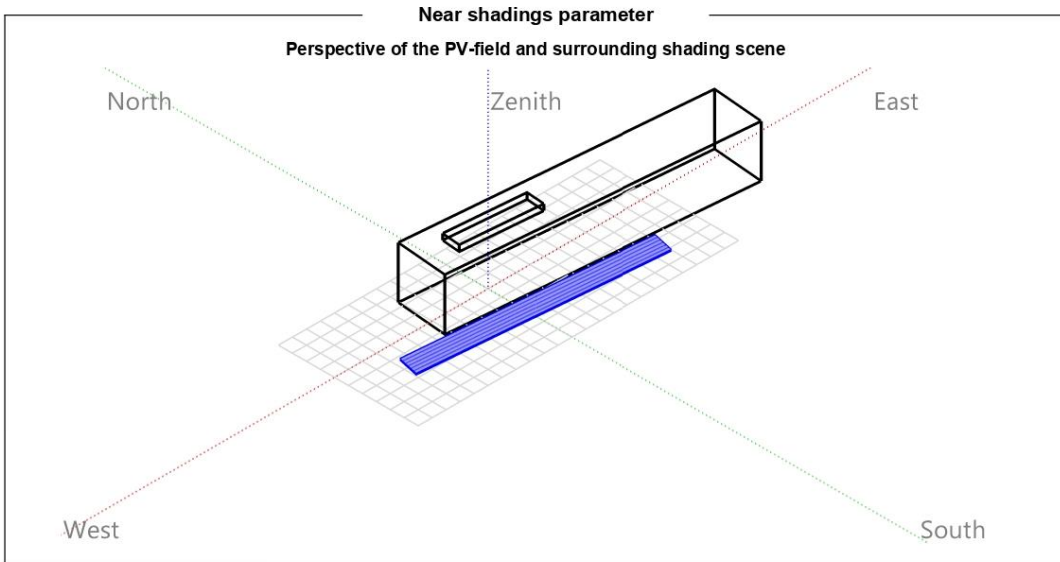
Inverter: SUN2000-100KTL-M1-400Vac

Wire section (1 Inv.) Copper 1 x 3 x 95 mm²
Wires length 50 m



PVsyst V7.4.7

VC2, Simulation date:
27/08/24 09:20
with V7.4.7





PVsyst V7.4.7

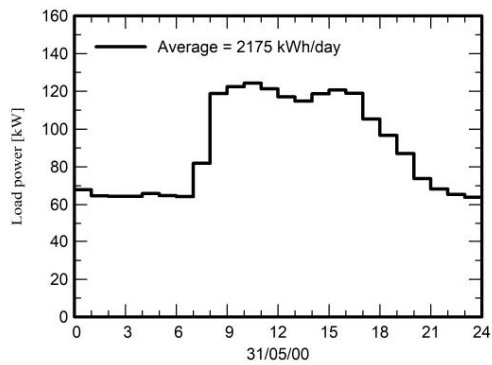
VC2, Simulation date:
27/08/24 09:20
with V7.4.7

Detailed User's needs

Daily profile, Constant over the year, average = 2175 kWh/day

Hourly load	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	
	67.9	64.6	64.3	64.4	65.8	64.8	64.2	81.9	118.8	122.4	124.3	121.3	kW
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	
	117.0	114.7	118.6	120.7	118.9	105.2	96.8	87.0	73.8	68.3	65.4	63.9	kW

Daily profile





PVsyst V7.4.7

VC2, Simulation date:
27/08/24 09:20
with V7.4.7

Main results

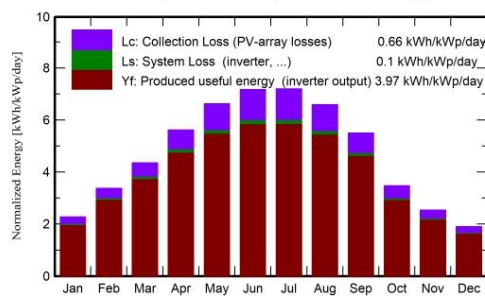
System Production

Produced Energy	168426 kWh/year	Specific production	1450 kWh/kWp/year
Used Energy	793809 kWh/year	Perf. Ratio PR	84.07 %
		Solar Fraction SF	21.22 %

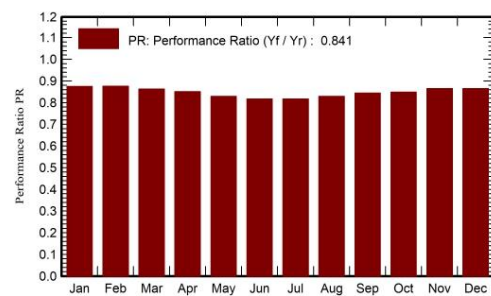
Economic evaluation

Investment		Yearly cost		LCOE	
Global	218 156.77 EUR	Annuities	0.00 EUR/yr	Energy cost	0.06 EUR/kWh
Specific	1.88 EUR/Wp	Run. costs	430.00 EUR/yr		
		Payback period	Unprofitable		

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR	EFrGrid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	ratio	kWh	kWh
January	56.8	24.73	9.85	70.5	65.6	7325	-1.649	0.874	60253	60253
February	80.2	34.63	10.37	94.6	88.3	9837	-1.376	0.875	51273	51273
March	121.5	51.42	12.32	134.9	125.7	13848	-1.390	0.863	53890	53890
April	159.0	63.36	13.78	168.5	156.3	17069	-1.200	0.851	48589	48589
May	200.8	78.03	16.08	205.5	188.2	20302	-1.113	0.829	47616	47616
June	213.4	74.04	18.27	215.2	196.9	20964	-0.955	0.818	44801	44801
July	219.7	72.07	19.54	223.1	204.7	21706	-1.067	0.817	46253	46253
August	195.3	67.99	19.99	204.4	189.5	20161	-1.172	0.829	47742	47742
September	150.8	50.90	18.65	164.9	154.7	16575	-1.274	0.845	49058	49058
October	94.5	43.86	16.80	107.6	99.8	10846	-1.474	0.848	56813	56813
November	62.8	28.14	12.55	76.1	70.7	7820	-1.565	0.865	57594	57594
December	47.2	24.26	10.74	59.0	54.4	6061	-1.666	0.865	61486	61486
Year	1602.1	613.44	14.94	1724.6	1594.7	172514	-15.901	0.841	625367	625367

Legends

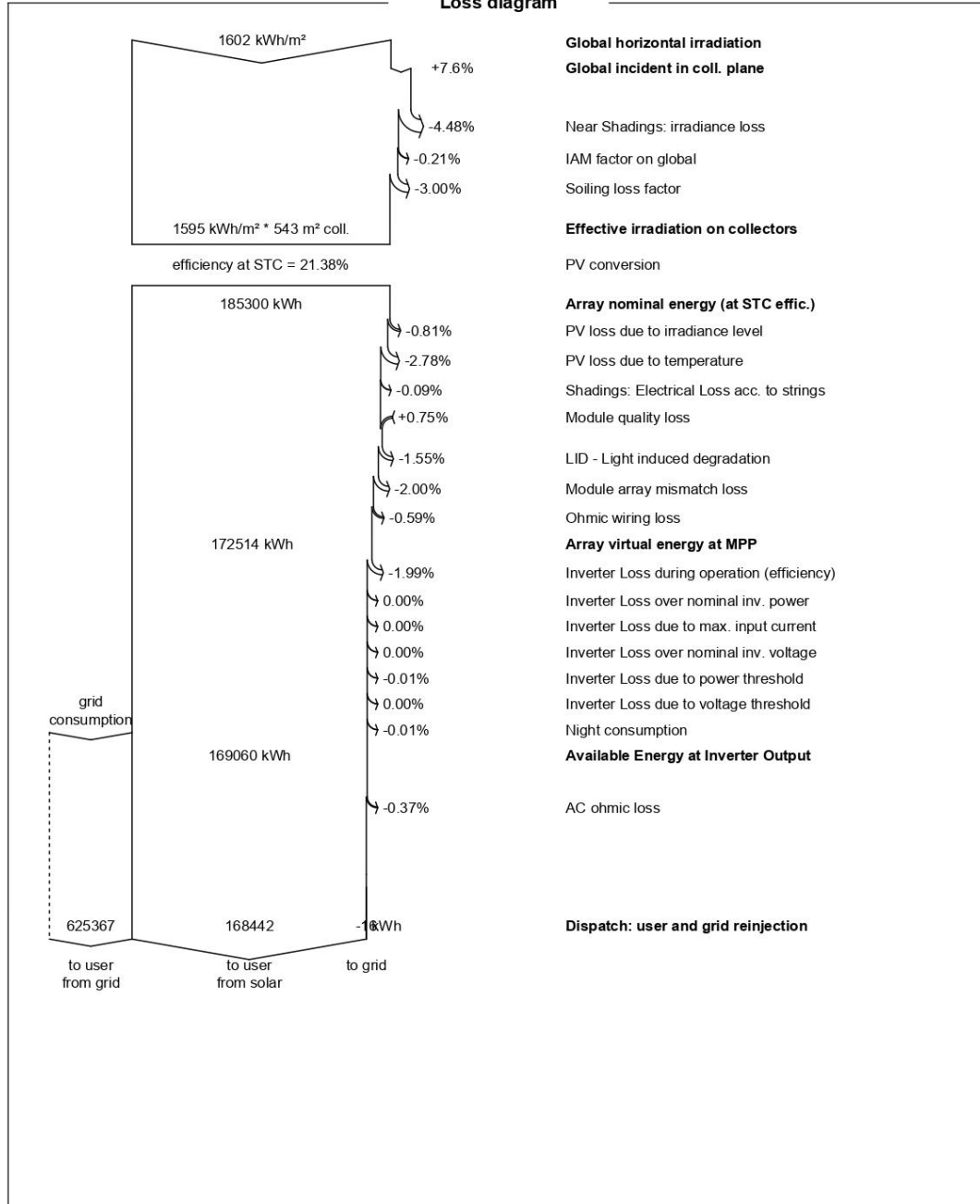
GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane	EFrGrid	Energy from the grid
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EFrGrid	Energy from the grid



PVsyst V7.4.7

VC2, Simulation date:
27/08/24 09:20
with V7.4.7

Loss diagram



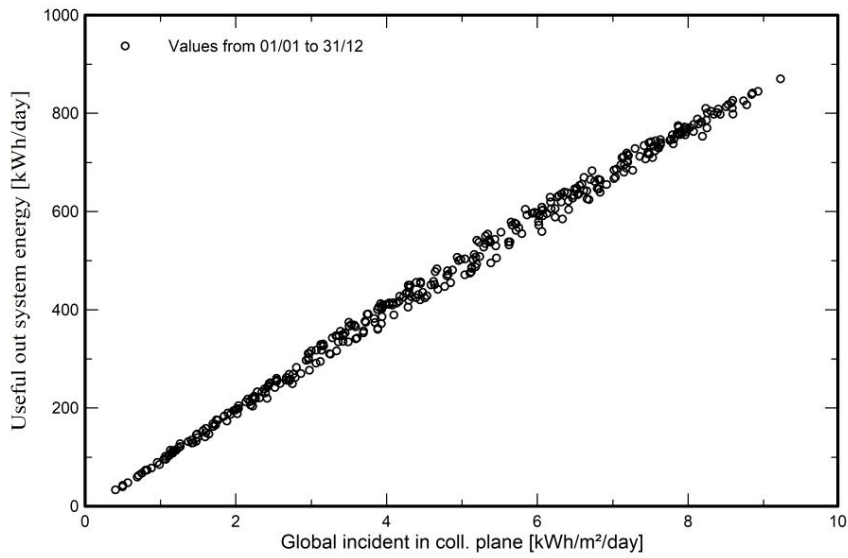


PVsyst V7.4.7

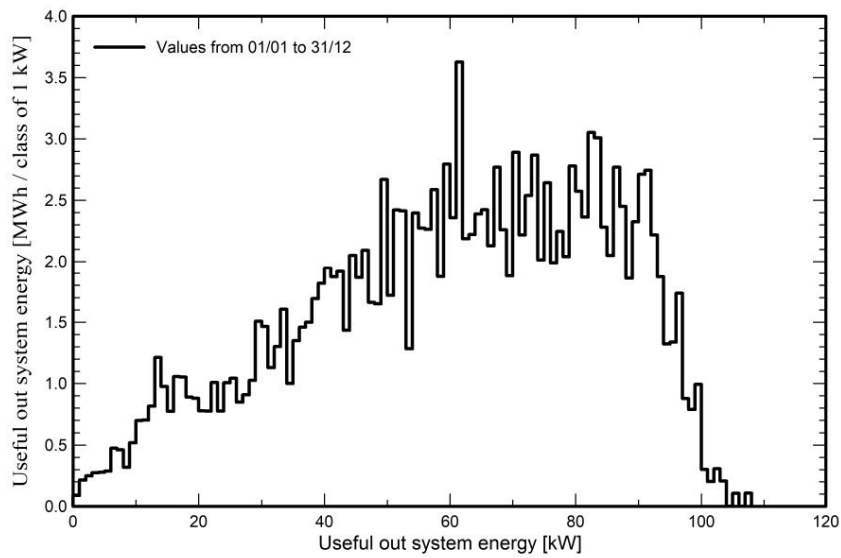
VC2, Simulation date:
27/08/24 09:20
with V7.4.7

Predef. graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution





PVsyst V7.4.7

VC2, Simulation date:
27/08/24 09:20
with V7.4.7

CO₂ Emission Balance

Total: 1029.3 tCO₂

Generated emissions

Total: 254.36 tCO₂

Source: Detailed calculation from table below

Replaced Emissions

Total: 1444.4 tCO₂

System production: 168.44 MWh/yr

Grid Lifecycle Emissions: 343 gCO₂/kWh

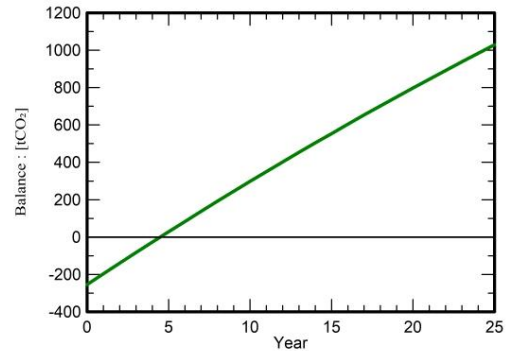
Source: IEA List

Country: Portugal

Lifetime: 25 years

Annual degradation: 1.0 %

Saved CO₂ Emission vs. Time



System Lifecycle Emissions Details

Item	LCE	Quantity	Subtotal
			[kgCO₂]
Modules	1521 kgCO ₂ /kWp	163 kWp	247531
Supports	2.29 kgCO ₂ /kg	2690 kg	6154
Inverters	227 kgCO ₂ /units	3.00 units	680



Version 7.4.7

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: Tese_Bernardo-INESC TEC

Variant: Fachada

Self Consumption System

System power: 14.88 kWp

INESC TEC - Paranhos, Porto - Portugal

INESCTEC



Bernardo Fonseca

**PVsyst V7.4.7**VC3, Simulation date:
27/08/24 09:19
with V7.4.7**Project summary**

Geographical Site	Situation	Weather data
INESC TEC - Paranhos, Porto	Latitude 41.18 °N	INESC TEC - Paranhos, Porto
Portugal	Longitude -8.60 °W	Meteonorm 8.1 (1996-2015) - Synthetic
	Altitude 122 m	
	Time zone UTC	

Monthly albedo values

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Albedo	0.11	0.11	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11

System summary

Grid-Connected System	Self Consumption System	User's needs
PV Field Orientation	Near Shadings	Daily profile
Fixed plane	According to strings : Fast (table)	Constant over the year
Tilt/Azimuth 90 / 5 °	Electrical effect 100 %	Average 2175 kWh/Day
System information	Inverters	
PV Array		
Nb. of modules 48 units	Nb. of units 1 unit	
Pnom total 14.88 kWp	Pnom total 12.00 kWac	
	Pnom ratio 1.240	

Results summary

Produced Energy	13762.06 kWh/year	Specific production	925 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	79.67 %
Used Energy	793809.30 kWh/year			Solar Fraction SF	1.74 %

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Near shading definition - Iso-shadings diagram	5
Detailed User's needs	6
Main results	7
Loss diagram	8
Predef. graphs	9
CO ₂ Emission Balance	10



PVsyst V7.4.7

VC3, Simulation date:
27/08/24 09:19
with V7.4.7

General parameters

Grid-Connected System														Self Consumption System																											
PV Field Orientation														Sheds configuration														Models used													
Orientation																												Transposition Perez													
Fixed plane																												Diffuse Perez, Meteorom													
Tilt/Azimuth 90 / 5 °																												Circumsolar separate													
Horizon														Near Shadings														User's needs													
Free Horizon														According to strings : Fast (table)														Daily profile													
														Electrical effect 100 %														Constant over the year													
																												Average 2175 kWh/Day													
Hourly load	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h		12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h																
	67.9	64.6	64.3	64.4	65.8	64.8	64.2	81.9	118.8	122.4	124.3	121.3	kW	117.0	114.7	118.6	120.7	118.9	105.2	96.8	87.0	73.8	68.3	65.4	63.9	kW															

PV Array Characteristics

PV module				Inverter			
Manufacturer	Sunman Energy			Manufacturer	Huawei Technologies		
Model	SMF-310M-5X-12DW			Model	SUN2000-12KTL-M5-400V		
	(Custom parameters definition)				(Original PVsyst database)		
Unit Nom. Power	310 Wp			Unit Nom. Power	12.0 kWac		
Number of PV modules	48 units			Number of inverters	1 unit		
Nominal (STC)	14.88 kWp			Total power	12.0 kWac		
Modules	3 string x 16 in series			Operating voltage	200-1000 V		
At operating cond. (45°C)				Max. power (=>55°C)	13.2 kWac		
Pmpp	13.75 kWp			Pnom ratio (DC:AC)	1.24		
U mpp	495 V			Power sharing within this inverter			
I mpp	28 A						
Total PV power				Total inverter power			
Nominal (STC)	15 kWp			Total power	12 kWac		
Total	48 modules			Max. power	13.2 kWac		
Module area	85.3 m²			Number of inverters	1 unit		
				Pnom ratio	1.24		

Array losses

Array Soiling Losses				Thermal Loss factor				DC wiring losses			
Loss Fraction	3.0 %			Module temperature according to irradiance				Global array res.	78 mΩ		
				Uc (const)	15.0 W/m²K			Loss Fraction	0.4 % at STC		
				Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s						
Module Quality Loss				Module mismatch losses							
Loss Fraction	-0.4 %			Loss Fraction	2.0 % at MPP						
IAM loss factor											
Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526											
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°			
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000			



PVsyst V7.4.7

VC3, Simulation date:
27/08/24 09:19
with V7.4.7

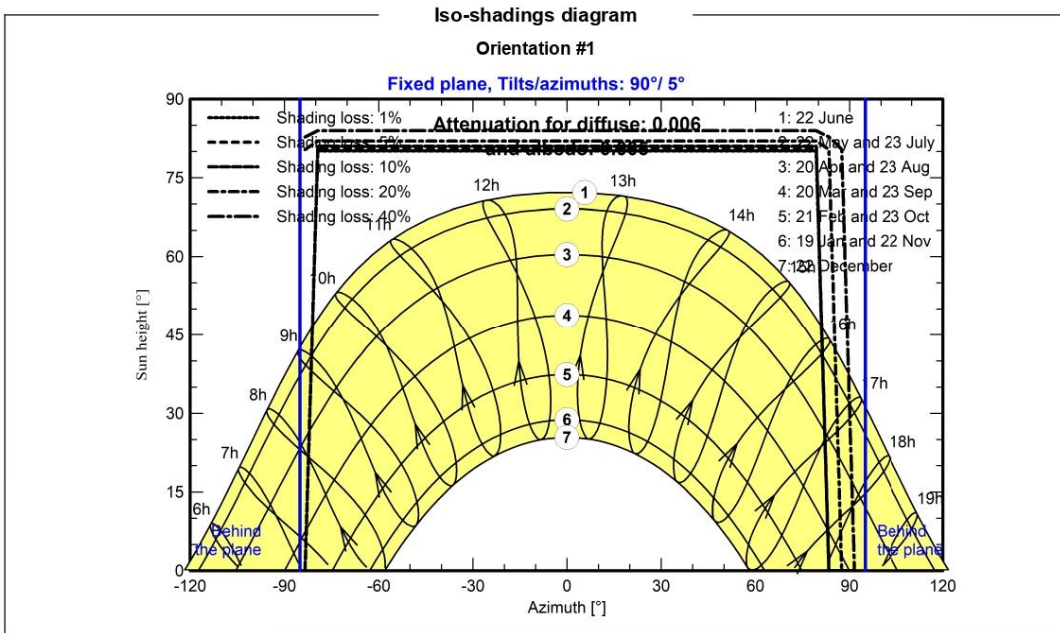
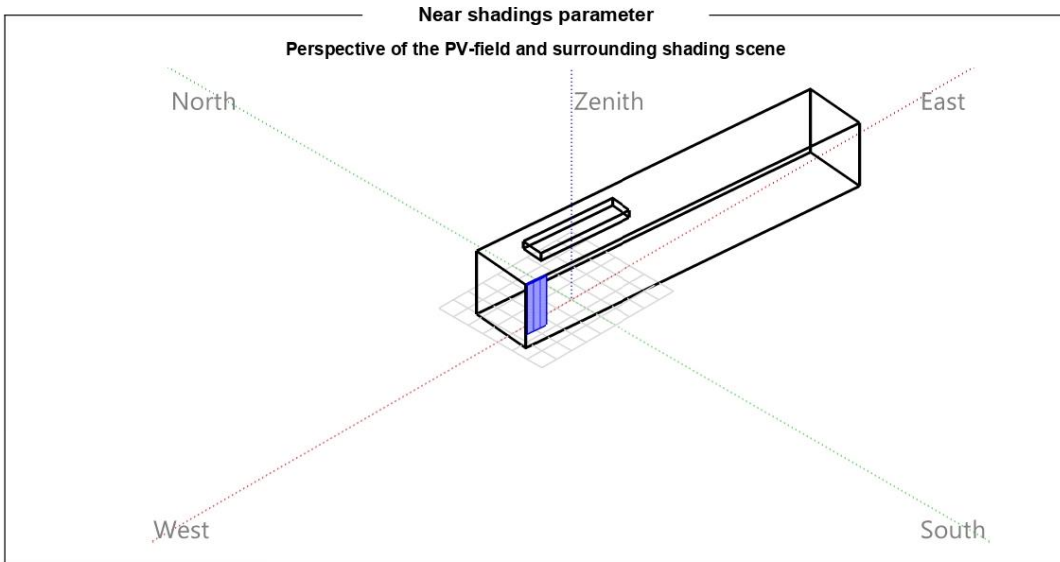
AC wiring losses

Inv. output line up to injection point	
Inverter voltage	400 Vac tri
Loss Fraction	0.86 % at STC
Inverter: SUN2000-12KTL-M5-400V	
Wire section (1 Inv.)	Copper 1 x 3 x 10 mm ²
Wires length	50 m



PVsyst V7.4.7

VC3, Simulation date:
27/08/24 09:19
with V7.4.7





PVsyst V7.4.7

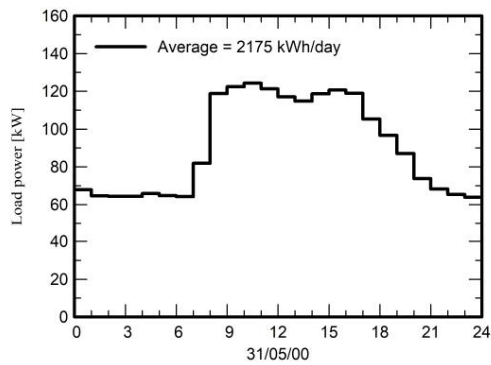
VC3, Simulation date:
27/08/24 09:19
with V7.4.7

Detailed User's needs

Daily profile, Constant over the year, average = 2175 kWh/day

Hourly load	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	
	67.9	64.6	64.3	64.4	65.8	64.8	64.2	81.9	118.8	122.4	124.3	121.3	kW
	117.0	114.7	118.6	120.7	118.9	105.2	96.8	87.0	73.8	68.3	65.4	63.9	kW

Daily profile





PVsyst V7.4.7

VC3, Simulation date:
27/08/24 09:19
with V7.4.7

Main results

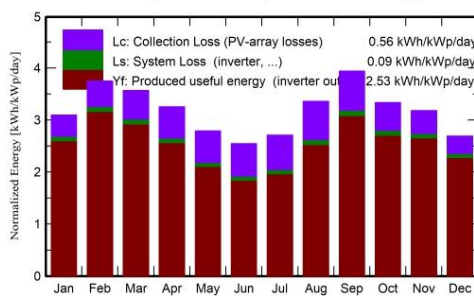
System Production

Produced Energy	13762.06 kWh/year	Specific production	925 kWh/kWp/year
Used Energy	793809.30 kWh/year	Perf. Ratio PR	79.67 %
		Solar Fraction SF	1.74 %

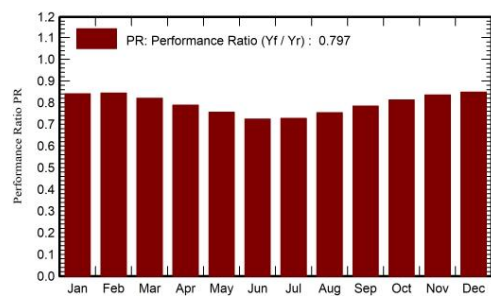
Economic evaluation

Investment		Yearly cost		LCOE	
Global	197 860.62 EUR	Annuities	0.00 EUR/yr	Energy cost	0.62 EUR/kWh
Specific	13.3 EUR/Wp	Run. costs	51.60 EUR/yr		
		Payback period	Unprofitable		

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR	EFrGrid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	ratio	kWh	kWh
January	56.8	24.73	9.85	96.0	91.8	1243	-2.656	0.841	66214	66214
February	80.2	34.63	10.37	105.0	99.1	1360	-2.238	0.844	59573	59573
March	121.5	51.42	12.32	110.7	101.9	1395	-2.249	0.820	66066	66066
April	159.0	63.36	13.78	97.7	86.1	1186	-1.919	0.789	64097	64097
May	200.8	78.03	16.08	86.5	73.2	1010	-1.859	0.756	66445	66445
June	213.4	74.04	18.27	76.4	62.8	860	-1.601	0.725	64419	64419
July	219.7	72.07	19.54	84.0	69.6	946	-1.744	0.727	66509	66509
August	195.3	67.99	19.99	104.2	90.0	1211	-1.875	0.754	66249	66249
September	150.8	50.90	18.65	118.2	106.7	1424	-2.068	0.784	63864	63864
October	94.5	43.86	16.80	103.5	96.7	1293	-2.365	0.812	66166	66166
November	62.8	28.14	12.55	95.4	90.8	1226	-2.524	0.836	64055	64055
December	47.2	24.26	10.74	83.4	79.7	1089	-2.722	0.848	66364	66364
Year	1602.1	613.44	14.94	1160.9	1048.5	14242	-25.822	0.797	780021	780021

Legends

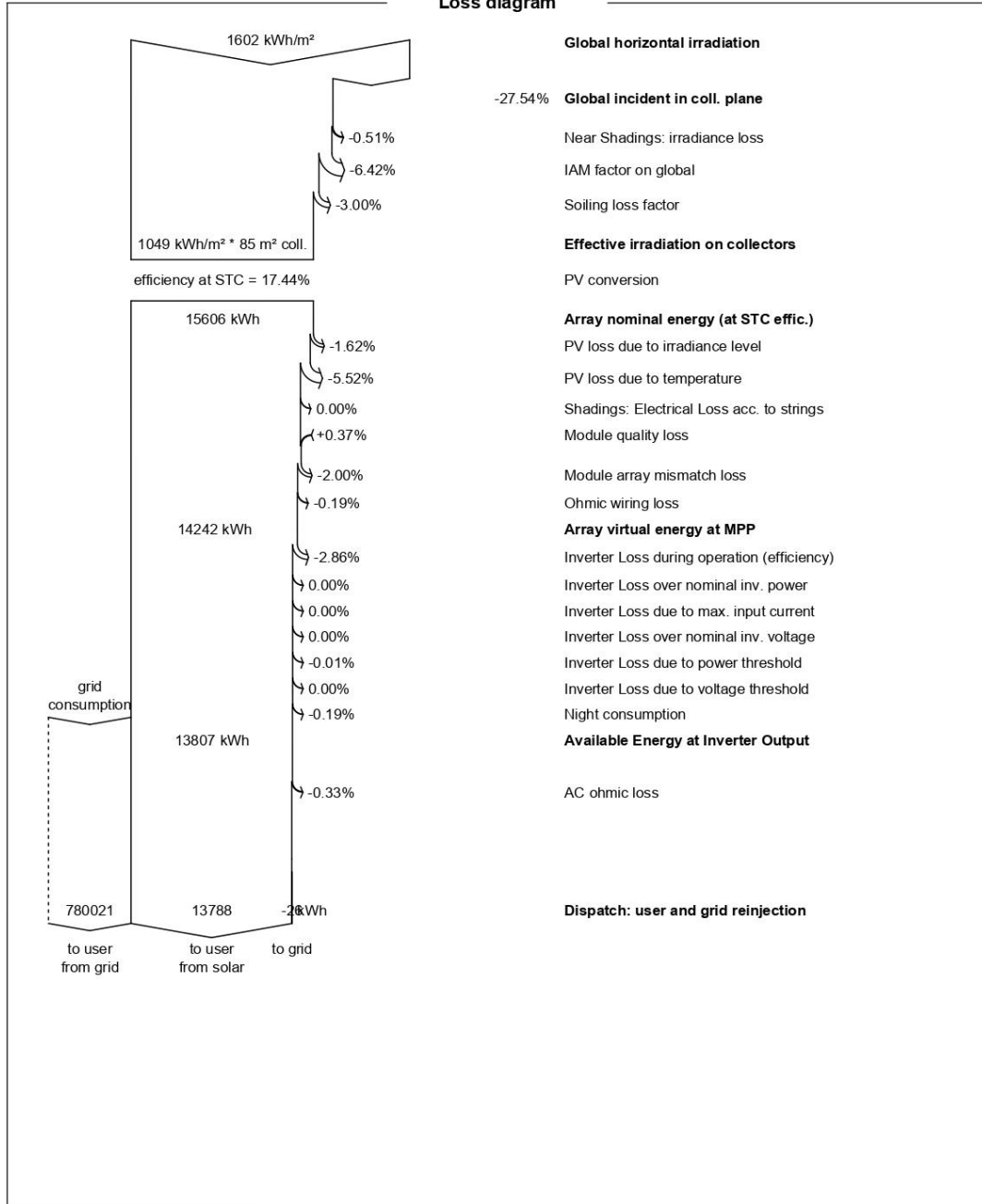
GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane	EFrGrid	Energy from the grid
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EFrGrid	Energy from the grid



PVsyst V7.4.7

VC3, Simulation date:
27/08/24 09:19
with V7.4.7

Loss diagram



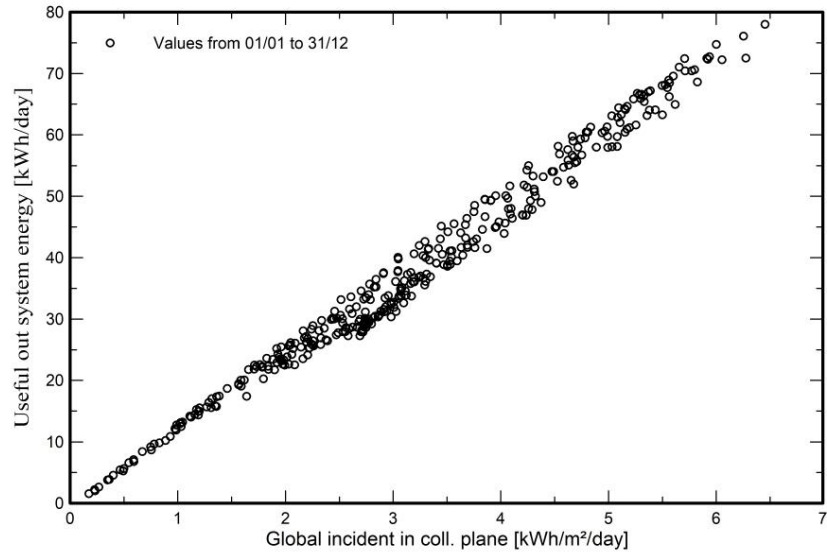


PVsyst V7.4.7

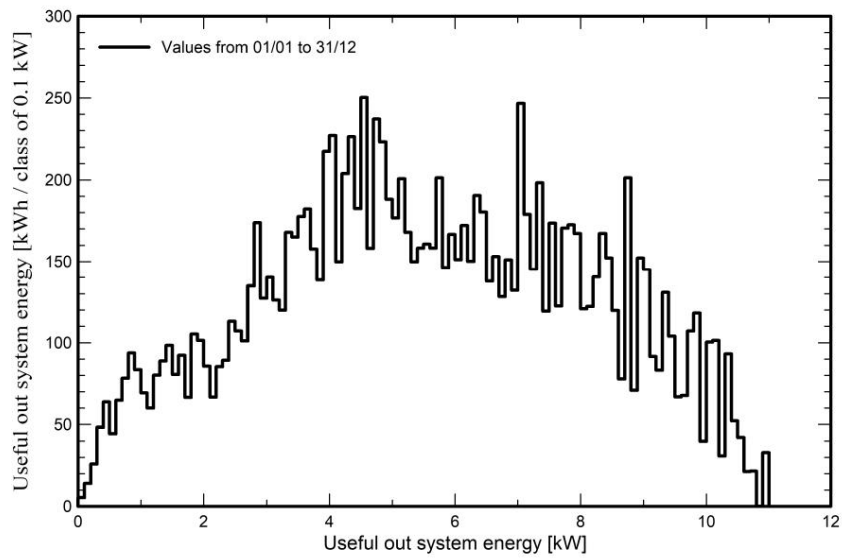
VC3, Simulation date:
27/08/24 09:19
with V7.4.7

Predef. graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution





PVsyst V7.4.7

VC3, Simulation date:
27/08/24 09:19
with V7.4.7

CO₂ Emission Balance

Total: -149.3 tCO₂

Generated emissions

Total: 254.36 tCO₂

Source: Detailed calculation from table below

Replaced Emissions

Total: 118.2 tCO₂

System production: 13.79 MWh/yr

Grid Lifecycle Emissions: 343 gCO₂/kWh

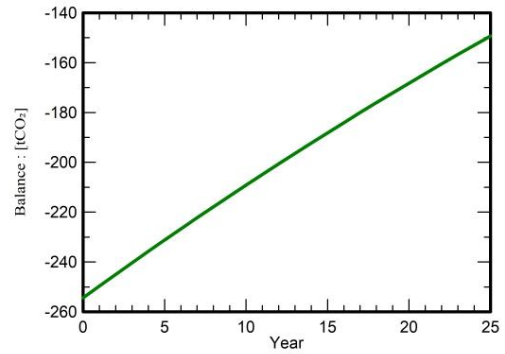
Source: IEA List

Country: Portugal

Lifetime: 25 years

Annual degradation: 1.0 %

Saved CO₂ Emission vs. Time



System Lifecycle Emissions Details

Item	LCE	Quantity	Subtotal
			[kgCO₂]
Modules	2968 kgCO ₂ /kWp	83.4 kWp	247531
Supports	2.29 kgCO ₂ /kg	2690 kg	6154
Inverters	227 kgCO ₂ /units	3.00 units	680



Version 7.4.7

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: Tese_Bernardo-INESC TEC

Variant: Cobertura

Self Consumption System

System power: 13.49 kWp

INESC TEC - Paranhos, Porto - Portugal

INESCTEC



Bernardo Fonseca

**PVsyst V7.4.7**VC1, Simulation date:
27/08/24 09:09
with V7.4.7**Project summary****Geographical Site**
INESC TEC - Paranhos, Porto
Portugal**Situation**
Latitude 41.18 °N
Longitude -8.60 °W
Altitude 122 m
Time zone UTC**Weather data**
INESC TEC - Paranhos, Porto
Meteonorm 8.1 (1996-2015) - Synthetic**Monthly albedo values**

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Albedo	0.11	0.11	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11

System summary**Grid-Connected System****PV Field Orientation**Fixed plane
Tilt/Azimuth 30 / 5 °**Self Consumption System****Near Shadings**According to strings : Fast (table)
Electrical effect 100 %**User's needs**Daily profile
Constant over the year
Average 2175 kWh/Day**System information****PV Array**Nb. of modules 29 units
Pnom total 13.49 kWp**Inverters**Nb. of units 1 unit
Pnom total 12.00 kWac
Pnom ratio 1.124**Results summary**

Produced Energy	21289 kWh/year	Specific production	1579 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	85.83 %
Used Energy	793809 kWh/year			Solar Fraction SF	2.68 %

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Near shading definition - Iso-shadings diagram	5
Detailed User's needs	6
Main results	7
Loss diagram	8
Predef. graphs	9
CO ₂ Emission Balance	10



PVsyst V7.4.7

VC1, Simulation date:
27/08/24 09:09
with V7.4.7

General parameters

Grid-Connected System

PV Field Orientation

Orientation
Fixed plane
Tilt/Azimuth 30 / 5 °

Horizon

Free Horizon

Self Consumption System

Sheds configuration

Near Shadings

According to strings : Fast (table)
Electrical effect 100 %

Models used

Transposition Perez
Diffuse Perez, Meteorom
Circumsolar separate

User's needs

Daily profile
Constant over the year
Average 2175 kWh/Day

Hourly load	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	
	67.9	64.6	64.3	64.4	65.8	64.8	64.2	81.9	118.8	122.4	124.3	121.3	kW
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	
	117.0	114.7	118.6	120.7	118.9	105.2	96.8	87.0	73.8	68.3	65.4	63.9	kW

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer Risen Solar
Model RSM108-10-465NDG
(Custom parameters definition)
Unit Nom. Power 465 Wp
Number of PV modules 29 units
Nominal (STC) 13.49 kWp

Array #1 - Cobertura #1

Number of PV modules 14 units
Nominal (STC) 6.51 kWp
Modules 1 strings x 14 In series

At operating cond. (45°C)

Pmpp 6.13 kWp
U mpp 433 V
I mpp 14 A

Array #2 - Cobertura #2

Number of PV modules 15 units
Nominal (STC) 6.98 kWp
Modules 1 strings x 15 In series

At operating cond. (45°C)

Pmpp 6.57 kWp
U mpp 464 V
I mpp 14 A

Total PV power

Nominal (STC) 13 kWp
Total 29 modules
Module area 59.2 m²

Inverter

Manufacturer Huawei Technologies
Model SUN2000-12KTL-M5-400V
(Original PVsyst database)
Unit Nom. Power 12.0 kWac
Number of inverters 1 unit
Total power 12.0 kWac

Number of inverters 1 * MPPT 50% 0.5 unit
Total power 6.0 kWac

Operating voltage 200-1000 V
Max. power (=>55°C) 13.2 kWac
Pnom ratio (DC:AC) 1.09

Number of inverters 1 * MPPT 50% 0.5 unit
Total power 6.0 kWac

Operating voltage 200-1000 V
Max. power (=>55°C) 13.2 kWac
Pnom ratio (DC:AC) 1.16

Total inverter power

Total power 12 kWac
Number of inverters 1 unit
Pnom ratio 1.12
No power sharing



PVsyst V7.4.7

VC1, Simulation date:
27/08/24 09:09
with V7.4.7

Array losses

Array Soiling Losses

Loss Fraction 3.0 %

Thermal Loss factor

Module temperature according to irradiance
Uc (const) 29.0 W/m²K
Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s

Module Quality Loss

Loss Fraction -0.8 %

Module mismatch losses

Loss Fraction 2.0 % at MPP

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

DC wiring losses

Global wiring resistance 10 mΩ
Loss Fraction 0.3 % at STC

Array #1 - Cobertura #1

Global array res. 94 mΩ
Loss Fraction 0.3 % at STC

Array #2 - Cobertura #2

Global array res. 94 mΩ
Loss Fraction 0.3 % at STC

AC wiring losses

Inv. output line up to injection point

Inverter voltage 400 Vac tri
Loss Fraction 0.78 % at STC

Inverter: SUN2000-12KTL-M5-400V

Wire section (1 Inv.) Copper 1 x 3 x 10 mm²
Wires length 50 m

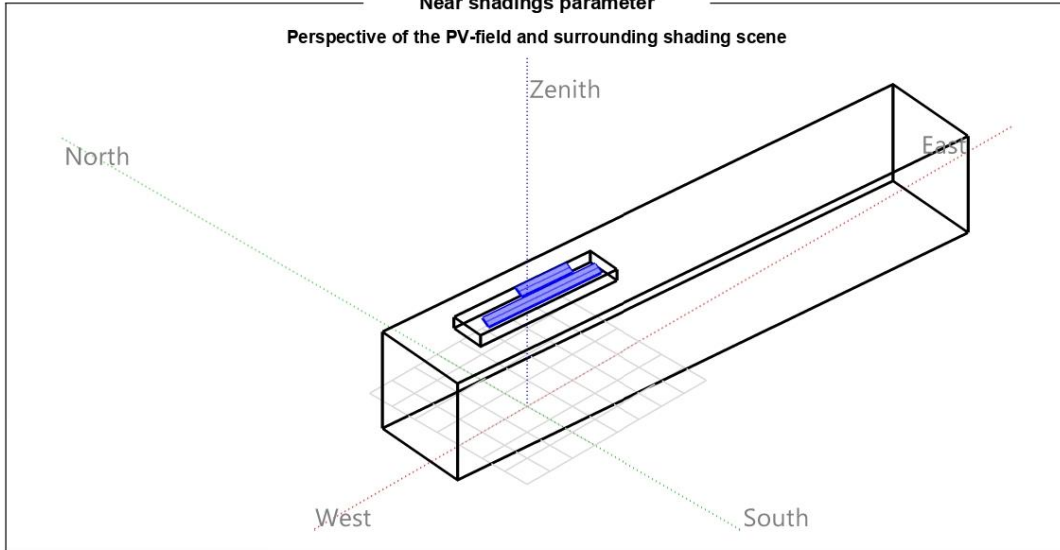


PVsyst V7.4.7

VC1, Simulation date:
27/08/24 09:09
with V7.4.7

Near shadings parameter

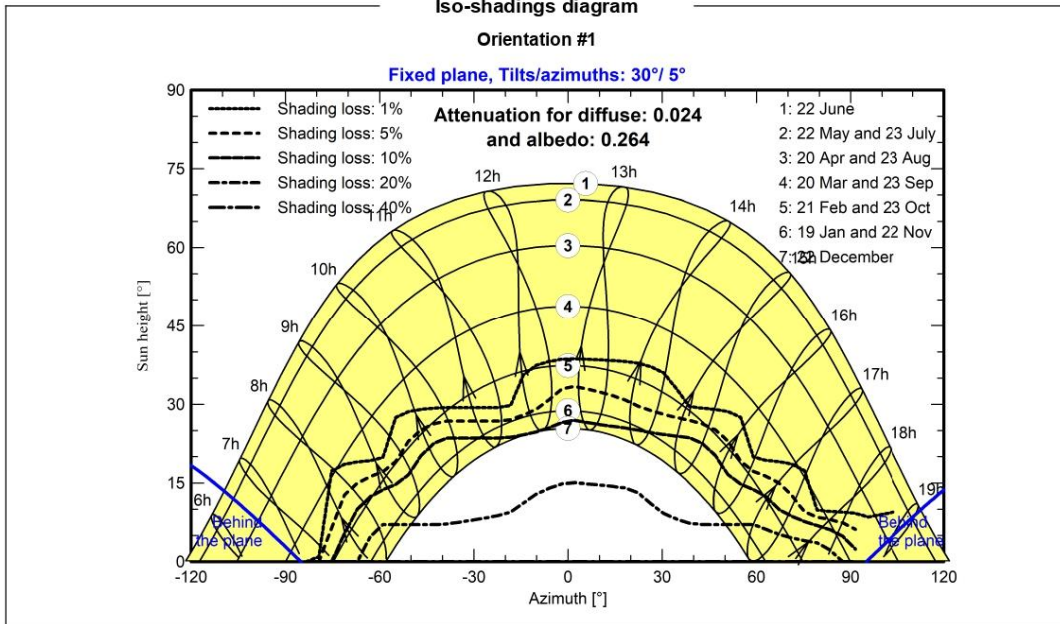
Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

Orientation #1

Fixed plane, Tilts/azimuths: 30°/ 5°





PVsyst V7.4.7

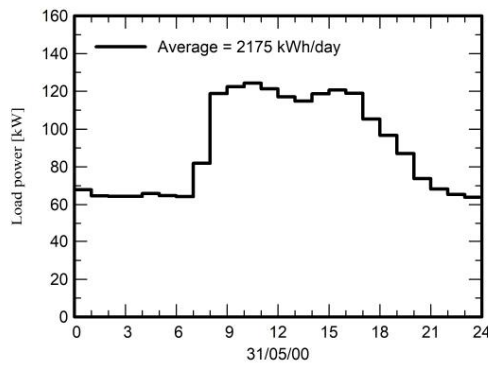
VC1, Simulation date:
27/08/24 09:09
with V7.4.7

Detailed User's needs

Daily profile, Constant over the year, average = 2175 kWh/day

Hourly load	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	
	67.9	64.6	64.3	64.4	65.8	64.8	64.2	81.9	118.8	122.4	124.3	121.3	kW
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	
	117.0	114.7	118.6	120.7	118.9	105.2	96.8	87.0	73.8	68.3	65.4	63.9	kW

Daily profile





PVsyst V7.4.7

VC1, Simulation date:
27/08/24 09:09
with V7.4.7

Main results

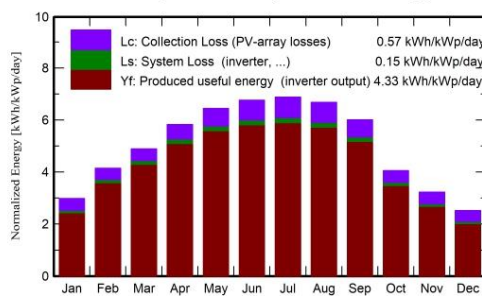
System Production

Produced Energy	21289 kWh/year	Specific production	1579 kWh/kWp/year
Used Energy	793809 kWh/year	Perf. Ratio PR	85.83 %
		Solar Fraction SF	2.68 %

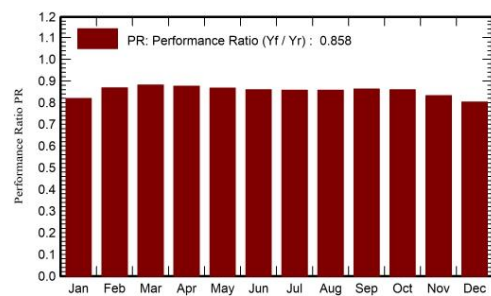
Economic evaluation

Investment		Yearly cost		LCOE	
Global	195 432.28 EUR	Annuities	0.00 EUR/yr	Energy cost	0.39 EUR/kWh
Specific	14.5 EUR/Wp	Run. costs	51.60 EUR/yr		
		Payback period	Unprofitable		

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR	EFrGrid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	ratio	kWh	kWh
January	56.8	24.73	9.85	92.5	84.3	1059	-2.590	0.819	66395	66395
February	80.2	34.63	10.37	116.0	108.7	1404	-2.172	0.868	59534	59534
March	121.5	51.42	12.32	151.5	143.1	1861	-2.178	0.881	65617	65617
April	159.0	63.36	13.78	174.8	164.9	2134	-1.886	0.876	63177	63177
May	200.8	78.03	16.08	199.7	187.7	2414	-1.749	0.867	65082	65082
June	213.4	74.04	18.27	203.1	190.8	2433	-1.502	0.859	62890	62890
July	219.7	72.07	19.54	213.4	200.9	2551	-1.677	0.858	64950	64950
August	195.3	67.99	19.99	207.2	195.3	2476	-1.842	0.858	65021	65021
September	150.8	50.90	18.65	180.4	170.5	2168	-2.002	0.863	63145	63145
October	94.5	43.86	16.80	125.7	118.2	1509	-2.315	0.860	65959	65959
November	62.8	28.14	12.55	96.9	89.4	1127	-2.464	0.832	64154	64154
December	47.2	24.26	10.74	78.1	70.0	879	-2.618	0.803	66571	66571
Year	1602.1	613.44	14.94	1839.4	1723.6	22013	-24.997	0.858	772496	772496

Legends

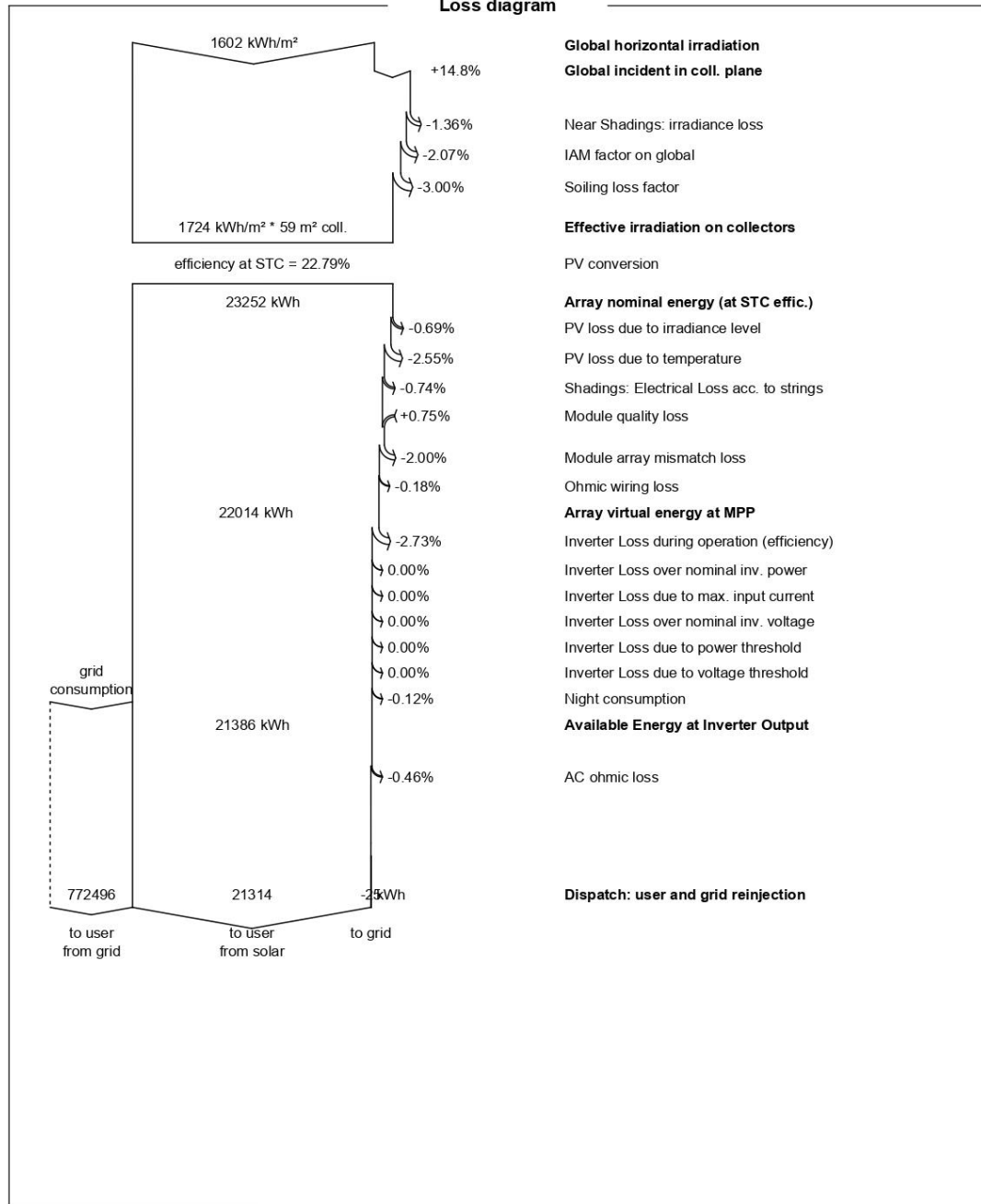
GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane	EFrGrid	Energy from the grid
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EFrGrid	Energy from the grid



PVsyst V7.4.7

VC1, Simulation date:
27/08/24 09:09
with V7.4.7

Loss diagram

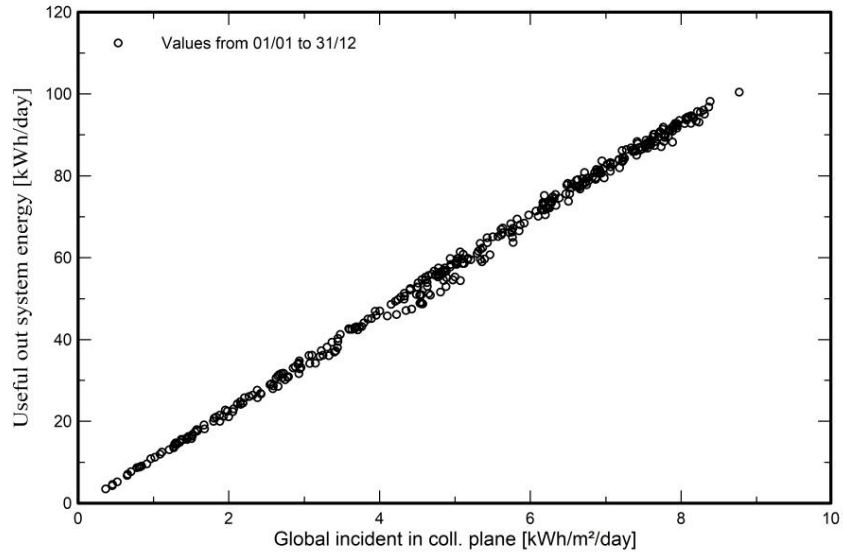




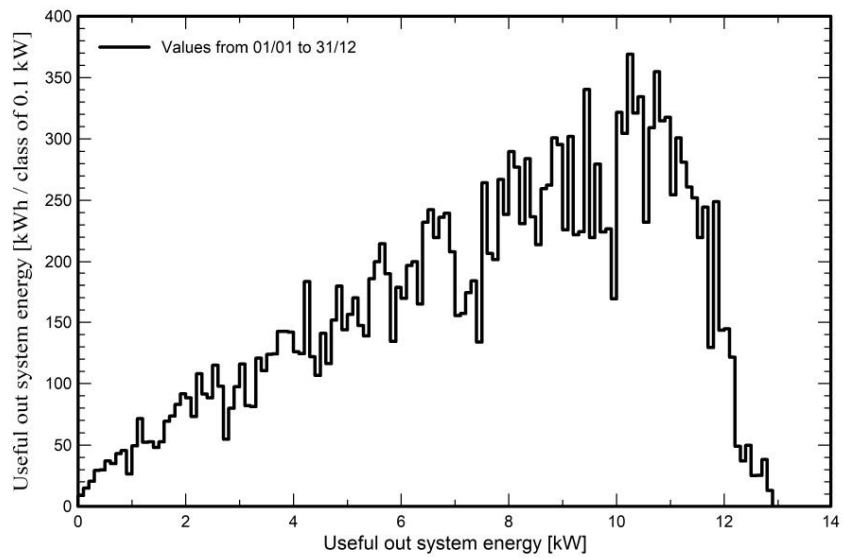
PVsyst V7.4.7
VC1, Simulation date:
27/08/24 09:09
with V7.4.7

Predef. graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution





PVsyst V7.4.7

VC1, Simulation date:
27/08/24 09:09
with V7.4.7

CO₂ Emission Balance

Total: -91.9 tCO₂

Generated emissions

Total: 254.36 tCO₂

Source: Detailed calculation from table below

Replaced Emissions

Total: 182.8 tCO₂

System production: 21.31 MWh/yr

Grid Lifecycle Emissions: 343 gCO₂/kWh

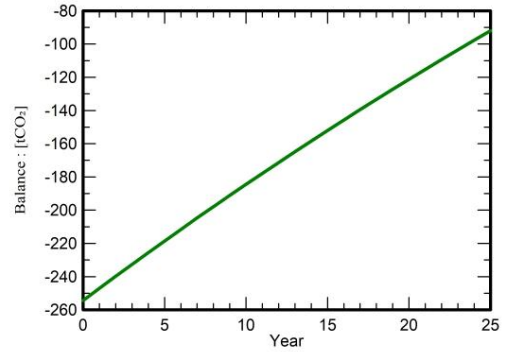
Source: IEA List

Country: Portugal

Lifetime: 25 years

Annual degradation: 1.0 %

Saved CO₂ Emission vs. Time



System Lifecycle Emissions Details

Item	LCE	Quantity	Subtotal
			[kgCO ₂]
Modules	1979 kgCO ₂ /kWp	125 kWp	247531
Supports	2.29 kgCO ₂ /kg	2690 kg	6154
Inverters	227 kgCO ₂ /units	3.00 units	680

Anexo E – Análise Económica dos projetos fotovoltaicos

Anexo E 1 – Parâmetros de produção dos sistemas fotovoltaicos e consumo energético do INESCTEC anualmente

Parâmetros		Meses (2024)												Total (anual)
1	Produção energética (kwh)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
	A) CarPark	7 325,00	9 837,00	13 848,00	17 069,00	20 302,00	20 964,00	21 706,00	20 161,00	16 575,00	10 846,00	7 820,00	6 061,00	172 514,00
	B) Cobertura	1 059,00	1 404,00	1 861,00	2 134,00	2 414,00	2 433,00	2 551,00	2 476,00	2 168,00	1 509,00	1 127,00	879,00	22 913,00
	C) Fachada	1 243,00	1 360,00	1 395,00	1 186,00	1 010,00	860,00	946,00	1 211,00	1 424,00	1 293,00	1 226,00	1 089,00	14 242,00
	D) CarPark + Cobertura + Fachada	9 627,0	12 601,0	17 104,0	20 389,0	23 726,0	24 257,0	25 203,0	23 848,0	20 167,0	13 648,0	10 173,0	8 029,0	209 669,0
2	Consumo energético (kWh)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total (anual)
	INESCTEC (2023)	88 958,75	85 400,40	81 842,05	78 283,70	74 725,35	73 302,01	72 590,34	71 167,00	85 400,40	84 332,90	83 977,06	83 265,39	963 245,35
3 = 2-1	Consumo energético c/ renováveis (kwh)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total (anual)
	A) CarPark	81 633,75	75 563,40	67 994,05	61 214,70	54 423,35	52 338,01	50 884,34	51 006,00	68 825,40	73 486,90	76 157,06	77 204,39	790 731,35
	B) Cobertura	87 899,75	83 996,40	79 981,05	76 149,70	72 311,35	70 869,01	70 039,34	68 691,00	83 232,40	82 823,90	82 850,06	82 386,39	940 332,35
	C) Fachada	87 715,75	84 040,40	80 447,05	77 097,70	73 715,35	72 442,01	71 644,34	69 956,00	83 976,40	83 039,90	82 751,06	82 176,39	949 003,35
	D) CarPark + Cobertura + Fachada	79 331,75	72 799,40	64 738,05	57 894,70	50 999,35	49 045,01	47 387,34	47 319,00	65 233,40	70 684,90	73 804,06	75 236,39	753 576,35
4	Preço médio unitário comercializadora (€/kWh)	0,130575												
5	Fatura energética Anual (€)	125775,76												
6 = 1x4xIVA	Poupança (€)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total (anual)
	A) CarPark	956,46	1 284,47	1 808,20	2 228,78	2 650,93	2 737,37	2 834,26	2 632,52	2 164,28	1 416,22	1 021,10	791,42	22 526,02
	B) Cobertura	138,28	183,33	243,00	278,65	315,21	317,69	333,10	323,30	283,09	197,04	147,16	114,78	2 991,86
	C) Fachada	162,30	177,58	182,15	154,86	131,88	112,29	123,52	158,13	185,94	168,83	160,08	142,20	1 859,65
	D) CarPark + Cobertura + Fachada	1 257,05	1 645,38	2 233,35	2 662,29	3 098,02	3 167,36	3 290,88	3 113,95	2 633,31	1 782,09	1 328,34	1 048,39	27 377,53
7	Investimento	Preço Unitário (€/Wp)		Wp (W)		Custo Inicial/Capex (€)								
	A) CarPark	1,76 €		116000		204 160,00 €								
	B) Cobertura	0,60 €		13490		8 094,00 €								
	C) Fachada	0,60 €		14880		8 928,00 €								
	D) CarPark + Cobertura + Fachada					221 182,00 €								

Anexo E 2 – Parâmetros de Investimento

Parâmetros do Investimento		
Capacidade	<input type="text" value="144,37"/>	kWp
Localização	<input type="text" value="VC"/>	
Irradiação	<input type="text" value="2 188,90"/>	horas/ano
PR Estimado	<input type="text" value="80,41%"/>	
PR	<input type="text" value="80,41%"/> %	<input checked="" type="checkbox"/> PR Manual
Produção Especifica	<input type="text" value="1 760,09"/>	kWh/kWp
Perda Anual de Energia	<input type="text" value="0,50%"/>	

Anexo E 3 – Parâmetros Financeiros

Parâmetros Financeiros		
Montante do Investimento	<input type="text" value="221 182 €"/>	
Preço EPC	<input type="text" value="1,53 €"/>	/Wp
Taxa IRC	<input type="text" value="26,5%"/>	
Taxa de Inflação*	<input type="text" value="1,0%"/>	
Amortização	<input type="text" value="15"/>	Anos
Tx Juro Projecto	<input type="text" value="0,0%"/>	
Tx Infl. Electricidade	<input type="text" value="1,5%"/>	

Comparticipação a Fundo Perdido	
Comparticipação (%)	<input type="text" value="0,00%"/>

Anexo E 4 – OPEX Ano 1

OPEX - Ano 1		
Custos O&M		45,96 € /kWp
Seguros	VERDADEIRO <input checked="" type="checkbox"/> Sim	0 € /kWp
Custos Admin		0 € /kWp
Renda		0 €

Anexo E 5 – Parâmetros de Subsidição

Parâmetros Subsidição		
Type	Self-consumption	
Poupança	<input type="text" value="0,1300"/>	€ /kWh
Vida Útil Projecto	<input type="text" value="25"/>	Anos
LCOE FV	<input type="text" value="0,0624"/>	€ /kWh
LCOE Projecto		
A poupança por kWh é superior ao LCOE, logo o projecto é viável		

Anexo E 6 – Parâmetros de Financiamento

Parâmetros Financiamento		
Divida	<input type="text" value="0%"/>	- €
Cap. Próprios	<input type="text" value="100,00%"/>	221 182 €
Tipo Financ.	Capital Constante	
Euribor	<input type="text" value="0,30%"/>	
Spread	<input type="text" value="6,00%"/>	
Taxa de Juro	<input type="text" value="6,3%"/>	
Duração Empréstimo	<input type="text" value="7"/>	Anos

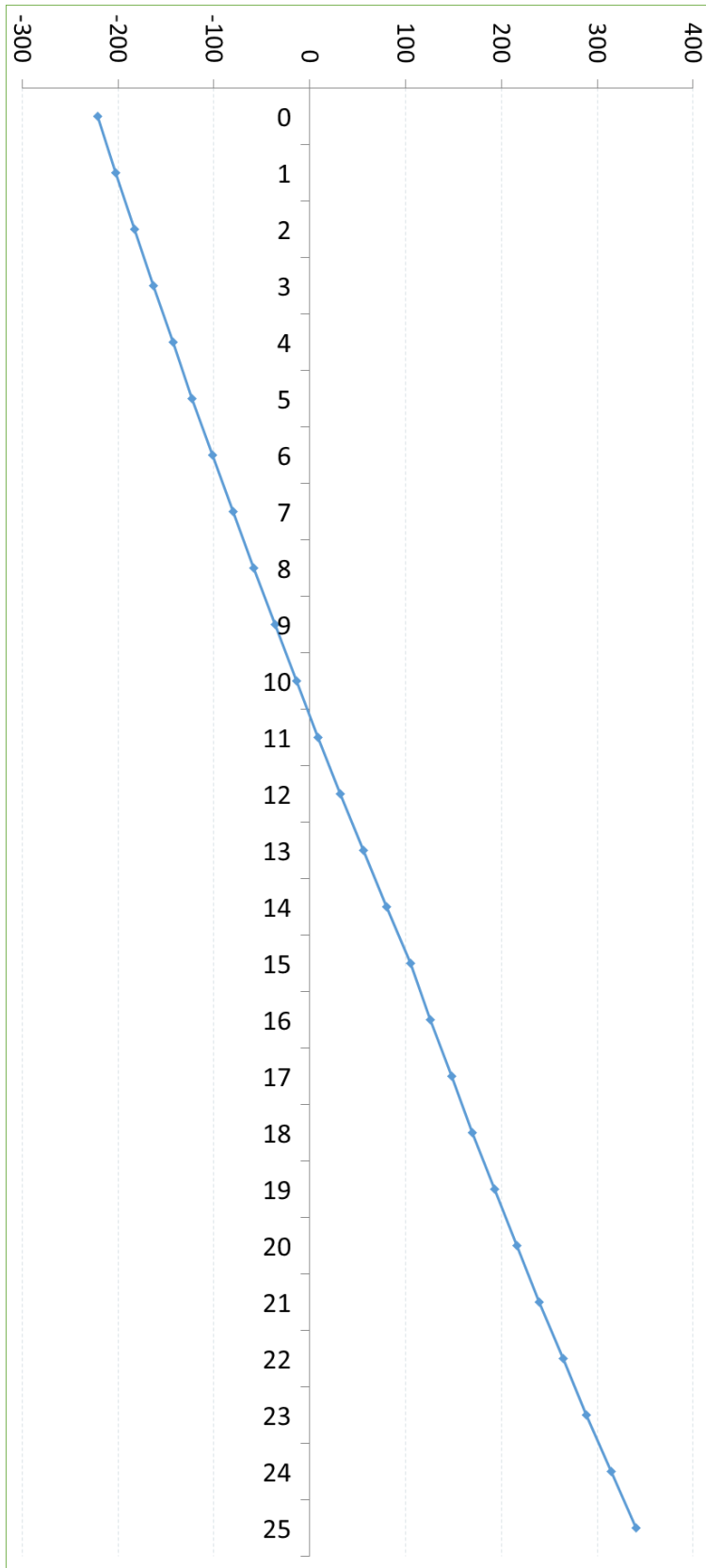
Anexo E 9 – Vida Útil do Projeto

Vida útil do projeto	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Free Cash Flow/Accionista	€	-221 182	-202 118	-182 704	-162 933	-142 798	-122 291	-101 404	-80 129	-58 457	-36 381	-13 891	9 020	32 363	56 145
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25				
80 377	105 067	126 318	148 048	170 266	192 982	216 208	239 954	264 230	289 048	314 419	340 355				

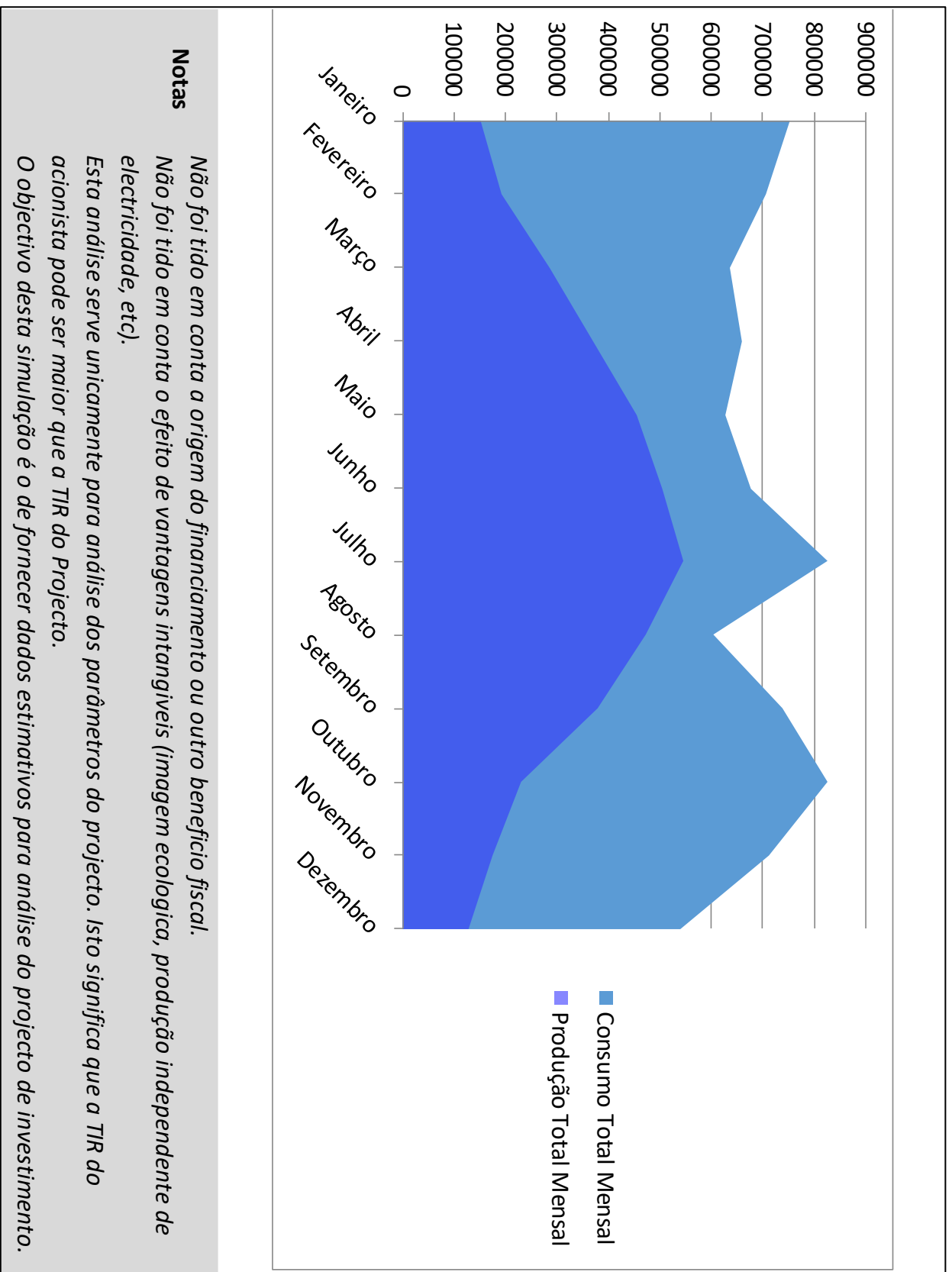
Anexo E 10 – Análise Cash Flows

Investimento	Poupança Mensal Média
221 182 €	2 193 €
Poupança em consumo (%)	Poupança na factura (%)
1,79%	3,37%
TIR Projecto (Taxa Interna Rentabilidade)	Payback Projecto
8,46%	10,61 Anos
TIR Accionista (Taxa Interna Rentabilidade)	Payback Accionista
8,46%	10,61 Anos
Poupança Fiscal Anual Média	Poupança Média Anual Emissão CO2 (Tons)
0 €	98,78

Anexo E 11 – Breaking Point



Anexo E 12 – Consumo e Produção total mensal



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, 29 de setembro de 2024

Bernardo Fonseca