



Carlos Filipe Costa Soares

EDIFÍCIOS DE BALANÇO ENERGÉTICO POSITIVO

PROJETOS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E ELETRÓNICAS

JULHO DE 2013



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Universidade de Coimbra

Faculdade Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

EDIFÍCIOS DE BALANÇO ENERGÉTICO POSITIVO

PROJETOS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E ELETRÓNICAS

Aluno: Carlos Filipe Costa Soares

Júri:

Presidente: Professor Doutor Pedro Manuel Gens de Azevedo de Matos Faia

Orientador: Professor Doutor Aníbal Traça de Carvalho Almeida

Vogal: Professor Doutor Tony Richard de Oliveira de Almeida

Co-Orientadores:

Co-orientador: Eng.º Fernando Martins

Co-orientadora: Eng.ª Paula Fonseca

Co-orientador: Arq.º Nelson Brito

Coimbra, julho de 2013

“Não tenhamos pressa, mas não percamos tempo”

(José Saramago)

Agradecimentos

Quero começar por agradecer aos meus pais pela educação que me deram e por me tornarem na pessoa que sou. Agradeço à minha mãe pelo carinho, apoio, força, confiança, esforço e sacrifício que fez por mim. Agradeço ao meu pai, eu sei que ele está sempre ao meu lado e me protege.

O meu sincero agradecimento ao Professor Doutor Aníbal Traça de Almeida pelo apoio, disponibilidade, sugestões, críticas e condições de trabalho oferecidas.

Agradeço também aos co-orientadores, Eng.^a Paula Fonseca, Eng.^o Fernando Martins e Arquitecto Nelson Brito pela disponibilidade, orientação e sugestões.

Agradeço à minha namorada, Aulédia Câmara, pelo apoio incondicional e pela confiança depositada em mim.

Tenho que agradecer às minhas irmãs pelo apoio, incentivo, palavras de aconchego e paciência.

Quero também agradecer aos colegas João Almeida, Jérôme, Saeid, Alexandre e Symone pela amizade e bom ambiente.

Agradecimentos também para todos os meus familiares e amigos pelo apoio e amizade ao longo dos últimos anos.

A todos, o meu muito obrigado!

Carlos Soares

Resumo

O estudo realizado ao longo da dissertação insere-se no âmbito da conceção e projeto do Edifício Zero + do Instituto de Sistemas e Robótica.

Atendendo a que os consumos nos edifícios são essencialmente a nível de climatização, iluminação e alimentação de equipamentos, procura-se encontrar medidas de eficiência energética de forma a atingir o balanço energético positivo do edifício.

Ao longo do documento são apresentados quatro projetos do Edifício Zero +, edifício este constituído por quatro pisos divididos essencialmente por Gabinetes e Laboratórios.

A aplicação das Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão aos projetos de instalações elétricas confere medida de segurança e eficiência energética à instalação.

O projeto de Infra-Estruturas de Telecomunicações em Edifícios segue as regras e normas aplicáveis em vigor atribuindo elevados níveis de fiabilidade e segurança na transmissão de dados, voz e imagem.

A escolha do protocolo KNX para o projeto de automação do edifício deve-se à vasta gama de fabricantes e equipamentos compatíveis com este protocolo. Este protocolo permite monitorizar e otimizar os consumos de energia, assim como, controlar e supervisionar remotamente todo o edifício.

A iluminação será implementada em todo edifício recorrendo à tecnologia LED. Para melhor compreensão do projeto de luminotecnica são apresentados conceitos e considerações gerais. Será realizada uma breve abordagem à iluminação normal e de segurança do edifício. Apresentam-se simulações luminotécnicas de Gabinetes e Laboratórios realizados, em diferentes áreas e corredor, com o *software* DIALux.

São ainda apresentadas as conclusões e observações às soluções propostas. Por fim, são abordados alguns temas que poderão ser estudados futuramente.

Palavras-chave: Eficiência energética; balanço energético positivo; projeto de instalações elétricas; projeto Infra-Estruturas de Telecomunicações de Edifício; projeto de automação do edifício; projeto de luminotecnica.

Abstract

The study carried throughout the dissertation one inserts in the scope of the conception and project of the Building Zero + the Institute of Systems and Robotics.

Since the consumption of buildings are essentially the level of air conditioning, lighting and feeding equipment, seeks to find efficiency measures in order to achieve a positive energy balance of the building. Throughout the paper presents four projects of Zero + Building, this building consists of four floors divided mainly of offices and laboratories.

Application of Technical Regulations for Electrical Installations of Low Voltage electrical installations to projects gives measure of safety and energy efficiency of the installation.

Design of Telecommunications Infrastructure in Buildings follow the rules and regulations in force assigning high levels of reliability and security in transmission of data, voice and image.

The choice of the KNX protocol for building automation project due to the wide range of manufacturers and equipment compatible with this protocol. This protocol allows you to monitor and optimize energy consumption, as well as remotely control and monitor the entire building.

The lighting will be implemented throughout the building using LED technology. For better understanding of lighting engineering design concepts are presented and general considerations. There will be a brief approach to the normal lighting and building security. We present simulations of lighting design Offices and Laboratories conducted in different areas and hallway, with DIALux software.

We also present the findings and observations to proposed solutions. Finally, we discuss some topics that may be studied in the future.

Keywords: Energy efficiency; positive energy balance; design electrical installations; project Infrastructure Telecommunications Building, Building Automation Project, project lighting technique.

Índice

Índice.....	i
Lista de Figuras.....	v
Lista de Gráficos.....	vii
Lista de Tabelas.....	vii
Lista de Abreviaturas.....	ix
Lista de Símbolos.....	xi
1. Introdução.....	1
1.1. Apresentação.....	1
1.2. Enquadramento do trabalho e motivação.....	1
1.3. Objetivos.....	3
1.4. Estrutura da dissertação.....	3
2. Projeto de Instalações Elétricas.....	4
2.0. Eficiência energética das instalações elétricas.....	4
2.1. Objetivos.....	4
2.2. Constituição de edifício.....	5
2.3. Classificação do edifício.....	5
2.4. Potência a alimentar.....	5
2.5. Alimentação de energia elétrica.....	5
2.6. Classificação quanto às influências externas.....	6
2.6.1. Ambientes e utilização.....	6
2.6.2. Construção do edifício.....	6
2.6.3. Seleção dos equipamentos em função das influências externas.....	6
2.7. Conceção das instalações elétricas.....	7
2.7.1. Canalizações.....	7
2.8. Quadros elétricos.....	8
2.8.1. Aparelhagem.....	10
2.9. Instalações de utilização.....	11
2.9.1. Circuitos de iluminação.....	11
2.9.2. Circuitos de tomadas.....	11
2.10. Sistema de terras.....	12
2.11. Sistema de proteções contra descargas atmosféricas.....	12
2.12. Controlo de acessos.....	13
2.13. Elevador.....	13
3. Projeto de Infra-Estruturas de Telecomunicações de Edifício.....	15
3.0. Eficiência energética das ITED.....	15
3.1. Introdução.....	15

3.2.	Classificações ambientais.....	16
3.3.	Instalação.....	16
3.4.	Entrada	16
3.5.	Rede de tubagens.....	17
3.5.1.	Tubos e calhas	18
3.5.2.	Caminho de cabos	19
3.5.3.	Caixas	19
3.6.	Redes de cablagens.....	20
3.6.1.	Redes de par de cobre (PC)	20
3.6.2.	Redes de cabos coaxiais (CC)	21
3.6.3.	Redes de fibra ótica (FO)	21
3.7.	Armários e espaços de alojamento de equipamentos	22
3.7.1.	Armário de Telecomunicações de Edifício (ATE).....	22
3.7.2.	Repartidores Gerais (RG).....	22
3.7.3.	Armário de Telecomunicações Individual (ATI)	23
3.7.4.	Salas técnicas.....	23
3.8.	Tomadas de Telecomunicações (TT)	24
3.9.	Interferências eletromagnéticas.....	24
3.10.	Instalações elétricas das ITED.....	24
3.11.	Proteções e ligações de terra.....	24
3.12.	Relatório de Ensaios de Funcionalidade (REF).....	25
4.	Projeto Domótica.....	26
4.0.	Eficiência energética na domótica.....	26
4.1.	Escolha tecnológica.....	26
4.2.	Conceção geral do sistema	27
4.3.	Cablagem da instalação	28
4.4.	Funcionalidades do edifício.....	28
4.5.	Controlo da iluminação	28
4.6.	Controlo da climatização.....	29
4.7.	Sistema de vídeo porteiro	29
4.8.	Sistema de vigilância por circuito fechado de televisão (CCTV)	29
4.9.	Lâminas orientáveis.....	30
4.10.	Caraterísticas dos equipamentos.....	30
4.11.	Especificações funcionais.....	35
5.	Projeto Luminotecnia	36
5.0.	Eficiência energética na iluminação.....	36
5.1.	Considerações gerais	36

5.2.	Conceitos técnicos gerais	37
5.3.	Iluminação interior	39
5.3.1.	Iluminação normal.....	39
5.3.2.	Iluminação de segurança	39
5.4.	Estudo económico comparativo	40
5.5.	Estudo luminotécnico	41
5.5.1.	Luminárias utilizadas	41
5.5.2.	Simulação luminotécnica.....	41
5.5.2.1.	Laboratório 1.2A	41
5.5.2.2.	Gabinete 3.1.....	42
5.5.2.3.	Gabinete 3.2.....	43
5.5.2.4.	Gabinete 3.3.....	44
5.5.2.5.	Gabinete 3.4.....	45
5.5.2.6.	Laboratório 3.6	46
5.5.2.7.	Circulação.....	46
5.5.2.8.	Valores recomendados e resultados obtidos	47
5.6.	Caso de Estudo luminotécnico: - Análise Comparativa	48
5.7.	Produção e consumos estimados do Edifício	50
6.	Conclusões e trabalhos futuros.....	52
6.1.	Conclusões	52
6.2.	Perspetivas de trabalhos e ações futuras.....	53
	Referências Bibliográficas	54
	Anexos.....	60
	Anexo A - Legislação e Certificação.....	60
A.1.	Legislação Europeia	60
A.1.1.	Energy Performance of Buildings Directive (EPBD).....	60
A.2.	Legislação Portuguesa	61
A.2.1.	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios	61
A.2.2.	Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios.....	62
A.2.3.	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios....	63
A.2.4.	Transposição do Regulamento Térmico	64
	Anexo B - Aproveitamento passivo de energia solar	65
B.1.	Conceitos Bioclimáticos	65
B.2.	Conforto Térmico	71
B.3.	Conforto Visual	72
B.4.	Zona Climática.....	72
	Anexo C – Constituição do edifício	74

Anexo D – Classificação do edifício.....	76
Anexo E – Influências externas.....	78
Anexo F – Cálculos justificativos do projeto de instalações elétricas.....	79
F.1. Dimensionamento das instalações.....	79
F.2. Proteção para garantir a segurança.....	81
F.3. Potência a alimentar	83
F.4. Cálculo das quedas de tensão.....	83
F.5. Cálculo das impedâncias	87
F.6. Cálculo das correntes de curto-circuito.....	89
F.7. Poder de corte.....	90
Anexo G – Cálculos justificativos do projeto ITED	91
Anexo H – Estudo luminotécnico	92
Anexo L – Desenhos dos projetos.....	107
L.1. Projeto de Instalações Elétricas	107
L.2. Projeto de ITED.....	122
L.3. Projeto de Domótica	130

Lista de Figuras

Figura 1: Maquete do Edifício Zero +.....	2
Figura 2: Elevador com travagem regenerativa.....	14
Figura 3: Representação 3D do Laboratório 1.2A simulado pelo DIALux.....	41
Figura 4: Iluminância ao nível do plano de trabalho do Laboratório 1.2A	42
Figura 5: Representação 3D do Gabinete 3.1 simulado pelo DIALux	42
Figura 6: Iluminância ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.1.....	43
Figura 7: Representação 3D do Gabinete 3.2 simulado pelo DIALux	43
Figura 8: Iluminância ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.2.....	44
Figura 9: Representação 3D do Gabinete 3.3 simulado pelo DIALux	44
Figura 10: Iluminância ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.3.....	45
Figura 11: Representação 3D do Gabinete 3.4 simulado pelo DIALux	45
Figura 12: Iluminância ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.4.....	45
Figura 13: Representação 3D do Laboratório 3.6 simulado pelo DIALux	46
Figura 14: Iluminância ao nível do plano de trabalho do Laboratório 3.6	46
Figura 15: Representação 3D do corredor do piso 2 simulado pelo DIALux	46
Figura 16: Iluminância ao nível do plano de trabalho do corredor	47
Figura 17: Ambiente de trabalho do programa DIALux	49
Figura 18: Medidas a serem implementadas no RCCTE	62
Figura 19: Classificação energética.....	64
Figura 20: Trajetória do sol ao longo do ano	65
Figura 21: Insolação média anual do concelho de Coimbra.....	66
Figura 22: Humidade média relativa do ar do concelho de Coimbra.....	67
Figura 23: Número de dias de precipitação no concelho de Coimbra.....	69
Figura 24: Evolução da temperatura num edifício passivo durante o ano (hemisfério norte).....	71
Figura 25: Sistema de iluminação controlado por sensor crepuscular	72
Figura 26: Carta Bioclimática de Baruch Givoni para Coimbra (II V2)	73
Figura 27: Planta Piso 0.....	74
Figura 28: Planta Piso 1.....	74
Figura 29: Planta Piso 2.....	75
Figura 30: Planta Piso 3.....	75
Figura 31: Fotometria da luminária EEE CRLI 158/13 12034-02 BE 5440 lm.....	92
Figura 32: Variação do ofuscamento da luminária EEE CRLI 158/13 12034-02 BE 5440 lm.....	92
Figura 33: Fotometria da luminária EEE CRLI 158/13 06064-02 BE 5440 lm.....	93
Figura 34: Variação do ofuscamento da luminária EEE CRLI 158/13 06064-02 BE 5440 lm.....	93
Figura 35: Localização e disposição de luminárias no Laboratório 1.2A.	94
Figura 36: Níveis de cinzento ao nível do plano de trabalho do Laboratório 1.2A.....	95

Figura 37: Valores de iluminância ao nível do plano de trabalho do Laboratório 1.2A	95
Figura 38: Localização e disposição de luminárias no Gabinete 3.1.....	95
Figura 39: Níveis de cinzento ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.1	96
Figura 40: Valores de iluminância ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.1.....	97
Figura 41: Localização e disposição de luminárias no Gabinete 3.2.....	97
Figura 42: Níveis de cinzento ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.2.....	98
Figura 43: Valores de iluminância ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.2.....	99
Figura 44: Localização e disposição de luminárias no Gabinete 3.3.....	99
Figura 45: Níveis de cinzento ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.3.....	100
Figura 46: Valores de iluminância ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.3.....	101
Figura 47: Localização e disposição de luminárias no Gabinete 3.4.....	101
Figura 48: Níveis de cinzento ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.4.....	102
Figura 49: Valores de iluminância ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.4.....	103
Figura 50: Localização e disposição de luminárias no Laboratório 3.6	103
Figura 51: Níveis de cinzento ao nível do plano de trabalho do Laboratório 3.6.....	104
Figura 52: Valores de iluminância ao nível do plano de trabalho do Laboratório 3.6	104
Figura 53: Localização e disposição de luminárias no Corredor.....	105
Figura 54: Níveis de cinzento a nível do plano de trabalho do Corredor.....	105
Figura 55: Valores de iluminância ao nível do plano de trabalho do Corredor.....	106

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Consumo anual das cargas de três edifícios de escritórios em Lisboa.....	1
Gráfico 2: Medidas necessárias para atingir um edifício de balanço energético positivo.....	2
Gráfico 4: Comparação entre a produção PV e o consumo mensal das cargas do Edifício Zero +	51

Lista de Tabelas

Tabela 1: Influências externas em relação a ambientes e utilização	6
Tabela 2: Especificações funcionais do sistema de domótica	35
Tabela 3: Distinção dos tipos de temperatura de cor.....	38
Tabela 4: Escala do índice de reprodução de cor	38
Tabela 5: Características das soluções em função das necessidades do Edifício Zero +	40
Tabela 6: Comparação económica entre tecnologias	40
Tabela 7: Valores recomendados para os espaços tipo do edifício	47
Tabela 8: Características luminotécnicas dos espaços analisados com o <i>software</i> DIALux	47
Tabela 9: Dados do Edifício Zero + e do ISR existente	48
Tabela 10: Produção e consumo com a iluminação previstos	50
Tabela 11: Balanço energético do Edifício Zero +.....	51
Tabela 12: Valores mensais médios da insolação em Coimbra.....	66
Tabela 13: Valores da radiação média em Coimbra.....	66
Tabela 14: Valores da temperatura média em Coimbra	67
Tabela 15: Humidade relativa mensal em Coimbra	68
Tabela 16: Valores mensais médios e direção predominante do vento em Coimbra	68
Tabela 17: Valores médios de precipitação em Coimbra.....	69
Tabela 18: Categoria de Edifícios em função da lotação	76
Tabela 19: Índice de ocupação para locais de Edifícios do tipo Escolar.....	76
Tabela 20: Cálculo da Lotação do Edifício para locais sem lugares ou postos de trabalho fixos	77
Tabela 21: Cálculo da Lotação do Edifício para locais com lugares ou postos de trabalho fixos.....	77
Tabela 22: Influências externas quanto ao ambiente e utilização	78
Tabela 23: Resultados justificativos da instalação até ao QGBT	84
Tabela 24: Resultados justificativos da instalação entre o QGBT e o QSC.....	84
Tabela 25: Resultados justificativos da instalação entre o QGBT e o QP Exteriores	84
Tabela 26: Resultados justificativos da instalação entre o QGBT e o QP Climatização	85
Tabela 27: Resultados justificativos da instalação entre o QGBT e o QP Laboratório 1.2A.....	85
Tabela 28: Resultados justificativos da instalação entre o QGBT e o QP Laboratório 1.2B	85
Tabela 29: Resultados justificativos da instalação na Coluna Montante.....	86
Tabela 30: Resultados justificativos da instalação entre a CM e o QP Piso 1	86

Tabela 31: Resultados justificativos da instalação entre o QP Piso 1/ 2 e o QP Lab 2.9/ 3.6	86
Tabela 32: Resultados justificativos da instalação entre a CM e o QP Piso 2	87
Tabela 33: Resultados justificativos da instalação entre a CM e o QP Piso 3	87
Tabela 34: Impedância em cada ligação entre Quadros	88
Tabela 35: Impedância dos circuitos desde a rede a montante até ao quadro parcial piso 3	89
Tabela 36: Corrente de curto-circuito desde a rede a montante	89
Tabela 37: Poder de corte dos Quadros a instalar	90
Tabela 38: Resultados Luminotécnicos do Laboratório 1.2A	94
Tabela 39: Resultados Luminotécnicos do Gabinete 3.1	96
Tabela 40: Resultados Luminotécnicos do Gabinete 3.2	98
Tabela 41: Resultados Luminotécnicos do Gabinete 3.3	100
Tabela 42: Resultados Luminotécnicos do Gabinete 3.4	102
Tabela 43: Resultados luminotécnicos do Laboratório 3.6	104
Tabela 44: Resultados luminotécnicos do Corredor.....	105
Tabela 45: Quadro síntese dos resultados obtidos na simulação luminotécnica	106

Lista de Abreviaturas

ADENE	Agência para a Energia
AI	Altura e Implementação
AQS	Águas Quentes Sanitárias
ATE	Armário de Telecomunicações de Edifício
ATI	Armário de Telecomunicações Individual
BGT	Barramento Geral de Terras
CATV	<i>Community Antenna Television</i>
CC	Cabo Coaxial
CCTV	Circuito Fechado de Televisão
CE	Certificado Energético
CD	Consequências das Descargas
Clim	Climatização
CM	Coluna Montante
CVM	Câmara de Visita Multi-operador
DC	<i>Direct Current</i> (Corrente Contínua)
DEEC	Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
DL	Decreto-Lei
E	Iluminância ou nível de iluminação
EEE	Empresa de Equipamento Elétrico
EPBD	<i>Energy Performance of Buildings Directive</i>
Ext	Exterior
F	Fase
FO	Fibra Ótica
I	Intensidade luminosa
IRC	Índice de Restituição de cor
INETI	Instituto Nacional de Engenharia Tecnologia e Inovação
ISR	Instituto de Sistemas e Robótica
ITED	Infra-Estruturas de Telecomunicações em Edifícios
L	Luminância
Lab	Laboratório
LED	Díodo Emissor de Luz
MBTS	Muito Baixa Tensão de Segurança
nZEB	<i>near (net/nearby) Zero Energy Building</i>

N	Neutro
PE	Protection Earth
PC	Par de Cobre
PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PT	Posto de Transformação
PVC	Policloreto de vinilo
QAI	Qualidade do Ar Interior
QE	Quadro de Entrada
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
QP	Quadro Parcial
QSC	Quadro Serviços Comuns
Ra	Índice de Restituição de cor
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REF	Relatório de Ensaios de Funcionalidade
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
RG	Repartidor Geral
RG-CC	Repartidor Geral de Cabo Coaxial
RG-FO	Repartidor Geral de Fibra Ótica
RG-PC	Repartidor Geral de Par de Cobre
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios
RSIUEE	Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Elétrica
RTIEBT	Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética
T	Temperatura de cor
TT	Tomadas de Telecomunicações
TV	Televisão
UE	União Europeia
UTP	<i>Unshielded Twisted Pair</i>

Lista de Símbolos

Φ	Fluxo luminoso
$\cos(\varphi)$	Fator de potência
%	Porcentagem
”	Polegadas
ΔU	Queda de tensão relativa
η	Rendimento luminoso ou eficiência luminosa
ρ	Resistividade do condutor
$^{\circ}\text{C}$	Grau Celsius
A	Ampere
c	Fator de tensão
cd	Candela
CO_2	Dióxido de Carbono
d_n	Diâmetro externo do cabo para ITED
D	Potência específica
D_i	Diâmetro interno dos tubos para ITED
D_r	Potência específica
E_m	Iluminância média
E_{\min}	Iluminância mínima
E_{\max}	Iluminância máxima
Hz	Hertz
I_2	Corrente convencional de funcionamento
I_{k3}	Corrente de curto-circuito trifásico
I_B	Corrente de serviço admissível do circuito
I_N	Corrente estipulada do dispositivo de proteção
I_Z	Corrente admissível na canalização
kVA	Quilovolt-ampère
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-hora
K	Grau Kelvin
l	Comprimento do condutor
lm	Lumen
lx	Lux
mm	Milímetros

m^2	Metro quadrado
m	Metro
nm	Nanómetro
Nac	Necessidades nominais anuais de energia útil para preparação de AQS
Ni	Necessidades de referência de Aquecimento
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para Aquecimento
Nt	Necessidades de referência de Energia Primária
Ntc	Necessidades específicas de Energia Primária
Nv	Necessidades de referência de Arrefecimento
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para Arrefecimento
P_t	Potência total
R_t	Resistência do circuito
S	Secção do condutor
S_u	Secção útil da calha
S_n	Secção do cabo
U_N	Tensão composta nominal
UGR	Nível de ofuscamento
V	Volt
VA	Voltampere
W	Watt
X_t	Impedância do circuito

1. Introdução

1.1. Apresentação

Esta Dissertação foi realizada e submetida para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, no ramo de Energia, no ano letivo 2012/2013.

A dissertação insere-se no âmbito da conceção e projeto do Edifício Zero + do Instituto de Sistemas e Robótica (ISR), na qual foram desenvolvidos os Projetos de Instalações Elétricas, de Infra-estruturas de Telecomunicações em Edifícios (ITED), de Domótica e de Luminotecnia. O estudo de conceção e projeto do Edifício Zero + foi desenvolvido com os colegas João Almeida e Hélder Costa que tiveram a cargo os projetos de climatização e de dimensionamento/instalação dos painéis fotovoltaicos, respetivamente.

A dissertação foi elaborada no ISR sob a orientação do Professor Doutor Aníbal Traça de Carvalho Almeida e com a co-orientação da Eng.^a Paula Fonseca, do Eng.^o Fernando Martins e do Arquiteto Nelson Brito.

1.2. Enquadramento do trabalho e motivação

O setor dos edifícios é responsável por cerca de 40% do consumo de energia total na União Europeia [1]. Este consumo pode ser reduzido em mais de 50% [2] através da aplicação de medidas de eficiência energética, o que representaria uma diminuição anual de emissões de CO₂ de cerca de 400 milhões de toneladas, praticamente a totalidade do estabelecido para a União Europeia (UE) no âmbito do Protocolo de Quioto [2]. Para fazer face ao crescimento do consumo de energia no setor dos edifícios, a diretiva relativa ao desempenho energético dos edifícios (EPBD) promove a diminuição do consumo de energia através de medidas de eficiência energética e promove a utilização de energias renováveis. Esta diretiva impõe que até 31 de dezembro de 2018 para edifícios públicos e até 31 de dezembro de 2020 para todos os edifícios novos, estes passem a ser edifícios com necessidades quase nulas de energia¹ (Anexo A) [1].

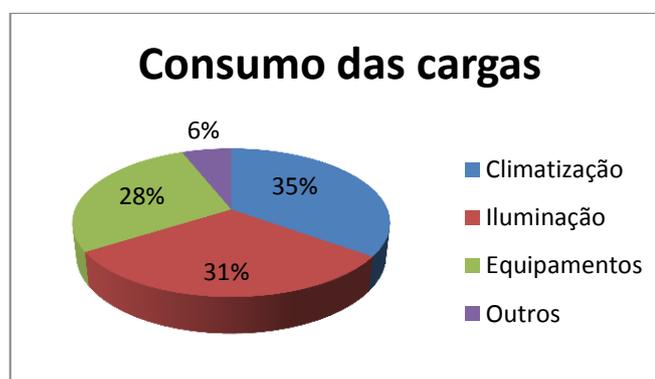


Gráfico 1: Consumo anual das cargas de três edifícios de escritórios em Lisboa. **Fonte:** LNEG [3]

¹ Edifício com um desempenho energético muito elevado.

Como se pode verificar no Gráfico 1, os consumos dos edifícios são essencialmente devidos a climatização (aquecimento e arrefecimento), iluminação e alimentação de equipamentos.

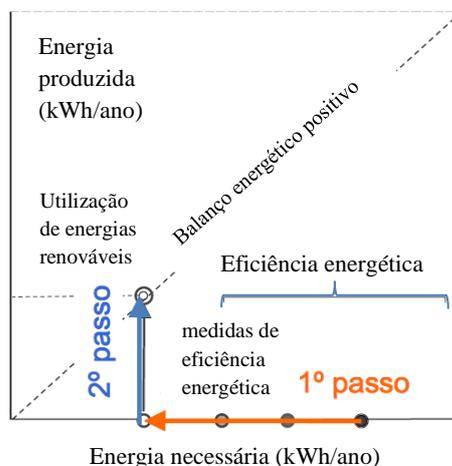


Gráfico 2: Medidas necessárias para atingir um edifício de balanço energético positivo. **Fonte:** LNEG [4]

Existe necessidade de procurar estratégias de eficiência energética (Anexo B), promovendo a iluminação natural, ventilação natural, uso de sistemas passivos, procura de uma otimização térmica da envolvente e dos ganhos solares, utilização eficiente de equipamentos e de iluminação e posteriormente incorporação de fontes de energia renovável, como se observa no Gráfico 2.

O meio-ambiente e a necessidade de reduzir os custos energéticos levam a uma otimização das necessidades energéticas e à procura de métodos e equipamentos que permitam aumentar a eficiência energética dos edifícios desde a fase do projeto.

É neste sentido que se desenvolve o estudo do Edifício Zero +, onde se procura encontrar as soluções mais eficientes desde as instalações elétricas e redes de telecomunicações à iluminação, auxiliadas e comandadas por uma rede inteligente.

O estudo do edifício iniciou-se com a elaboração da maquete que se pode observar na Figura 1, a qual permitiu obter uma noção importante da estrutura e da envolvente do edifício.



Figura 1: Maquete do Edifício Zero +.

1.3. Objetivos

Pretende-se que o Edifício Zero + seja um edifício de balanço energético positivo, pelo que, o edifício deverá produzir mais energia que aquela que consome, sendo desta forma energeticamente sustentável.

Ao longo deste trabalho serão desenvolvidos projetos da especialidade de eletrotecnia, tais como, Instalações Elétricas, Infra-estruturas de Telecomunicações do Edifício, Domótica e Luminotecnia. Deseja-se um correto dimensionamento e aplicação dos projetos, permitindo uma utilização segura e eficiente dos equipamentos, bem como um bom nível de segurança, eficácia da transmissão e distribuição de voz e dados. Pretende-se uma utilização combinada de iluminação natural e iluminação artificial que auxiliada pelo sistema de domótica, deverá permitir níveis adequados de conforto visual. A rede inteligente deverá proporcionar um bom nível de gestão, utilização, monitorização, controlo e segurança, contribuindo para a eficiência energética e conseqüente redução dos consumos de energia.

1.4. Estrutura da dissertação

A dissertação encontra-se dividida em seis capítulos.

O primeiro capítulo é de carácter introdutório, onde é feita a apresentação e enquadramento do trabalho. Neste capítulo são abordados os objetivos e apresentada a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo é apresentada a memória descritiva do projeto de instalações elétricas, onde é realizado o estudo das condições de estabelecimento das instalações de utilização de energia elétrica, onde são especificadas as condições técnicas necessárias à compreensão e justificação dos circuitos, assim como, da aparelhagem que constitui a instalação.

No terceiro capítulo é elaborada uma memória descritiva do projeto ITED - Infra-estruturas de telecomunicações em edifícios, que se destina à interpretação da rede de tubagens e caixas.

O capítulo quatro apresenta a memória descritiva do projeto de domótica, no qual é abordada a concessão geral do sistema escolhido, as funcionalidades do edifício, as características dos equipamentos e as especificações funcionais para cada espaço.

No capítulo cinco são abordadas as considerações e conceitos técnicos gerais importantes na interpretação do projeto luminotécnico. Neste capítulo apresenta-se ainda uma proposta de iluminação para o interior do edifício simulada pelo *software* DIALux.

No sexto e último capítulo apresentam-se as conclusões da dissertação, bem como, as perspectivas de trabalho e ações futuras a desenvolver.

No final da dissertação encontram-se as referências bibliográficas com a principal bibliografia consultada e os anexos com toda a informação complementar relevante.

2. Projeto de Instalações Elétricas

2.0. Eficiência energética das instalações elétricas

As instalações elétricas que cumprem as regras atualmente em vigor são instalações energeticamente mais eficientes, isto é, as Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT) [5], para além de pretenderem garantir a segurança das pessoas e bens, garantir a qualidade de serviço e o conforto dos utilizadores, foram elaboradas com o intuito de que as instalações assegurem uma utilização eficaz dos aparelhos elétricos. A instalação deve ser dimensionada com base em potências previstas, com separação dos diferentes circuitos e prevendo uma capacidade de expansão, tendo em conta que a instalação elétrica poderá ser sempre otimizada.

A secção dos condutores varia de acordo com o tipo de circuito, utilização e comprimento. Os condutores de um circuito com uma secção inferior ao previsto é um circuito com maiores perdas e conseqüentemente menos eficiente. Os circuitos com diferentes utilizações devem ser distintos.

A utilização de Quadros Parciais (QP) na instalação elétrica confere uma melhor organização e segurança da instalação elétrica.

A eficiência energética e a segurança das instalações elétricas também dependem dos equipamentos instalados que devem apresentar a certificação CE.

2.1. Objetivos

A memória descritiva e justificativa é uma componente fundamental e obrigatória de qualquer projeto de instalações de utilização de energia elétrica, devendo justificar as opções tomadas pelo projetista.

Desta forma, a presente memória descritiva e justificativa tem como objetivo justificar as opções técnicas necessárias à elaboração de uma proposta/solução para a execução das instalações elétricas de utilização do Edifício Zero +.

Durante esta memória realiza-se o estudo das condições de estabelecimento de utilização de energia elétrica, são especificadas as condições técnicas e os elementos necessários à compreensão e justificação dos circuitos e aparelhagem das instalações, de acordo com os regulamentos e normas em vigor.

2.2. Constituição de edifício

Como se pode verificar no Anexo C, o edifício é constituído por quatro pisos, divididos com as seguintes divisões:

- **Piso 0:** 2 Laboratórios, Entrada, Área Técnica e Instalações Sanitárias mistas;
- **Piso 1:** 2 Gabinetes, 2 Salas de Projetos, Gabinete Direção, Sala de Reuniões, Secretariado, Laboratório, Sala de Ponto de Encontro, Corredor e Instalações Sanitárias Homens;
- **Piso 2:** 3 Gabinetes duplos, 3 Gabinetes, 2 Salas de projetos, Laboratório, Corredor e Instalações Sanitárias Mulheres;
- **Piso 3:** 6 Gabinetes, Arrumos e Corredor.

2.3. Classificação do edifício

De acordo com a secção 801.2 das RTIEBT, o Edifício enquadra-se no tipo de Estabelecimentos que recebem público, sendo ainda do tipo Escolar, pela secção 801.2.3 das RTIEBT.

Para classificar o estabelecimento recebendo público do tipo Escolar é necessário proceder ao cálculo da sua lotação conforme apresentado no Anexo D e de acordo com a secção 801.2.0 das RTIEBT. Desta forma, foram utilizados os fatores previstos no regulamento para cada tipo de local de uma instalação do tipo Escolar (secção 801.2.3.0.2 das RTIEBT), bem como, as áreas dos respetivos locais do edifício. Verifica-se que, o número de utilizadores foi estimado em 112 pessoas, que de acordo com a secção 801.2.0.1 das RTIEBT, o Edifício Zero + é considerado um edifício de 4ª Categoria.

2.4. Potência a alimentar

Pela secção 311.1 das RTIEBT e pelo Anexo F.1. a potência a alimentar total é a soma das potências instaladas em cada circuito, pelo que, a potência a alimentar é de 101,4 kVA, em instalação trifásica.

2.5. Alimentação de energia elétrica

A produção de energia elétrica que abastece a instalação é feita a partir de painéis fotovoltaicos. Caso a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos seja insuficiente para satisfazer as necessidades do Edifício, o restante abastecimento é suportado a partir do Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de

Computadores (DEEC) à tensão de 400V e frequência 50 Hz. O DEEC possui dois transformadores de 630 kVA, estando apenas um em funcionamento, mas suficiente para alimentar ambos os edifícios, caso necessário. Sempre que a produção dos painéis fotovoltaicos exceda as necessidades, o excesso será injetado na rede elétrica do DEEC.

As ligações devem satisfazer as necessidades, garantindo uma adequada fiabilidade de alimentação de energia. A alimentação é realizada em regime trifásico devido ao valor de potência necessário. A distribuição deverá ser equilibrada, evitando desequilíbrios nas tensões entre fases, que seriam prejudiciais à qualidade de serviço de energia pretendida na instalação.

2.6. Classificação quanto às influências externas

De acordo com a secção 32 das RTIEBT, as instalações estão sujeitas a várias influências externas, as quais são descritas nos subcapítulos seguintes.

2.6.1. Ambientes e utilização

Os locais podem ser classificados de acordo com o ambiente em que se inserem e com a sua utilização. Na Tabela 1 são apresentadas as principais influências, podendo ser consultado com maior detalhe no Anexo E.

Zona	Influências Externas	IP e IK
Casas de Banho	AA5 + AB5 + AD2 + AM1 + AN1 + AH1 + BA4	IP20 e IK04
Laboratórios	AA5 + AB5 + AD1 + AM6 + AN1 + AH2 + BA4	IP20 e IK04
Exterior	AA7 + AB4 + AD4 + AM6 + AN3 + AH2 + BA4	IP65 e IK09
Restantes Zonas	AA5 + AB5 + AD1 + AM1 + AN1 + AH1 + BA4	IP20 e IK04

Tabela 1: Influências externas em relação a ambientes e utilização [5]

2.6.2. Construção do edifício

Quanto à construção do edifício, este apresenta uma estrutura simples, devendo apresentar materiais não combustíveis. Como referido na secção 323.1 das RTIEBT, o Edifício será classificado como CA1.

2.6.3. Seleção dos equipamentos em função das influências externas

Os equipamentos elétricos devem ser instalados e seleccionados conforme as regras indicadas nos Quadros 51A, da secção 512.2 das RTIEBT, onde as características dos equipamentos são referidas em função das influências externas a que podem ser sujeitos. As

caraterísticas dos equipamentos são fixadas pelo índice de proteção IP [6] e o índice de proteção IK [7].

O índice de proteção IP diz respeito à proteção que o equipamento oferece à penetração de corpos sólidos e corpos líquidos, em que o primeiro dígito numérico indica o grau de proteção contra corpos sólidos e varia entre 0 e 6, enquanto que, o segundo dígito numérico identifica o grau de proteção contra penetração de líquidos e varia entre 0 e 8.

O índice de proteção IK diz respeito à proteção que o equipamento apresenta contra choques mecânicos externos, isto é, apresenta a capacidade de resistência (valor máximo em Joules) a impactos mecânicos de um material ou equipamento sem alterar as suas caraterísticas. Os aparelhos e as canalizações a instalar devem respeitar as classificações das influências externas e estas estarem de acordo com as influências dos diversos locais.

Como especificado nas secções 133 e 511 das RTIEBT, os equipamentos a instalar devem obedecer às RTIEBT e às normas nacionais.

2.7. Conceção das instalações elétricas

As instalações elétricas devem garantir a segurança de pessoas e bens, garantir o conforto dos utilizadores e a qualidade de serviço.

O projeto tem em conta uma subdivisão de circuitos, de forma a limitar uma eventual perturbação e em caso de avaria, facilitar a localização e reparação [8].

2.7.1. Canalizações

As instalações projetadas serão executadas, de modo geral, de acordo com a Referência 5, Método de Referência B (condutores isolados em condutas circulares embebidas nos elementos da construção), do Quadro 52H da secção 521.3 das RTIEBT.

Para as seguintes situações particulares:

- **Canalizações enterradas:** Nestas zonas, para execução das canalizações será adotado o modo de instalação com a Referência 61, Método de Referência D (cabos mono ou multicondutores, em condutas enterradas), do Quadro 52H, da secção 521.3 das RTIEBT. Os cabos dos circuitos subterrâneos serão instalados em vala, a uma profundidade mínima de 1 metro, ao longo de todo o percurso. O leito das valas deverá ser preparado com areia ou terra fina, de forma a evitar qualquer danificação das tubagens. Os cabos deverão estar sinalizados por fita plástica e rede de proteção, colocada a 0,20 metros acima dos mesmos. A fita plástica deve possuir a simbologia de tensão perigosa.

- **Canalizações à vista:** Nas circulações e na distribuição em áreas técnicas, a execução das canalizações, efetuar-se-á de acordo com a Referência 13 e Método de Referência E, do Quadro 52H (cabos mono ou multicondutores em caminhos de cabos perfurados), da secção 521.3 das RTIEBT.

A instalação será realizada a 230/400 V, considerando sempre a independência dos circuitos de iluminação, tomadas e alimentação de equipamentos específicos.

A determinação da secção foi feita, atendendo a:

- Mínimos regulamentares;
- Aquecimento em regime permanente;
- Aquecimento devido a curto-circuitos;
- Secção mais económica.

Quando na presença de condutores do tipo V, devem respeitar-se as seguintes cores:

- Castanho, preto e cinzento para condutores de fase;
- Azul claro para condutores de neutro;
- Verde e amarelo para condutores de proteção (condutores PE).

As caixas de união e de fim de cabo devem ser de material termo retrátil, devendo ainda garantir isolamento e estanquicidade dos cabos.

2.8. Quadros elétricos

Os quadros elétricos da instalação serão colocados em locais próprios, a uma altura acima de 1,20 metros do pavimento e localizados conforme se pode observar nos desenhos do Anexo L.1. Os quadros serão do tipo modulares e metálicos, devendo ainda possuir painéis amovíveis com abertura para os equipamentos de corte e proteção. Os quadros deverão apresentar um índice de proteção nunca inferior ao definido pelos códigos IP43 e IK09 de Classe II de isolamento. Todos os quadros deverão ser equipados com barramento de fases e de neutro e um barramento para os condutores PE [9].

Os quadros devem ser dotados de 25% de espaço para reservas não equipadas.

Todos os quadros elétricos terão de ter porta plana, equipada de fechadura com chave. De referir ainda que este quadro deverá ser fixo com parafusos, não sendo permitido que este seja chumbado na parede.

O QGBT deverá ser dotado de um descarregador de sobretensões.

Neste quadro deverão ser montados os seguintes equipamentos:

- Um interruptor geral;
- Repartidor tetra polar (régua de bornes) 3F+N;
- Interruptores e disjuntores diferenciais;
- Descarregador de sobretensões de 15 kA, em regime TT.

O interruptor de corte geral instalado no quadro, foi dimensionado de forma a ter um calibre acima do aparelho de proteção instalado imediatamente a montante, como se pode verificar no Anexo F.5.

A ligação dos condutores ativos e passivos ao barramento deverá ser realizado por aperto mecânico.

As ligações entre aparelhagens, no interior do quadro, deverão ser feitas em condutores isolados do tipo H07V-R [8].

O quadro deverá ter sinalização de fases, para tal, devem ser instalados:

- Um porta-fusíveis;
- Um sinalizador;
- Um fusível.

Para além do QGBT, estão previstos quadros parciais, de forma a garantir uma melhor distribuição dos vários circuitos no edifício. A distribuição para os pisos superiores far-se-á a partir do QGBT por uma Coluna Montante (CM). Cada quadro tem a seguinte função:

• **Quadro de Serviços Comuns (QSC):** O quadro de serviços comuns vai alimentar o elevador, os circuitos de iluminação e tomadas das instalações sanitárias e das zonas comuns do Piso 0, bem como, o Armário de Telecomunicações de Edifício (ATE), Iluminação de Segurança e o Quadro em Muito Baixa Tensão de Segurança;

• **Quadro Parcial Laboratório 1.2A (QP Lab 1.2A):** Este quadro abastece os circuitos de iluminação e tomadas do Laboratório A (Piso 0). Este Laboratório será dotado de tomadas trifásicas e monofásicas;

• **Quadro Parcial Laboratório 1.2B (QP Lab 1.2B):** Este quadro parcial vai alimentar os circuitos de iluminação e tomadas do Laboratório 1.2 (Piso 0). De referir que este Laboratório também será dotado com tomadas trifásicas e monofásicas;

• **Quadro Parcial Laboratório 2.9 (QP Lab 2.9):** Este quadro vai alimentar os circuitos de iluminação e tomadas do Laboratório 2.9 (Piso 1). Este Laboratório será apenas dotado de tomadas monofásicas;

• **Quadro Parcial Piso 1 (QP 1):** Este quadro vai alimentar o QP Lab 2.9, o Armário de Telecomunicações Individual (ATI) e todos os restantes circuitos de iluminação e tomadas do Piso 1;

• **Quadro Parcial Laboratório 3.6 (QP Lab 3.6):** O QP Lab 3.6 vai alimentar os circuitos de iluminação e tomadas de uso geral do Laboratório 3.6 (Piso 2);

• **Quadro Parcial 2 (QP 2):** Este quadro irá fornecer energia ao QP Lab 3.6, ao ATI e aos circuitos de iluminação e tomadas do Piso 2;

• **Quadro Parcial 3 (QP 3):** Este quadro alimenta o ATI e todos os circuitos de iluminação e tomadas do Piso 3;

• **Quadro Parcial Exteriores (QP Ext):** O quadro parcial para circuitos exteriores vai alimentar os pontos de carregamento (lento) e os circuitos de iluminação exteriores ao edifício;

• **Quadro em Muito Baixa Tensão de Segurança (MBTS):** Este quadro vai alimentar o sistema de domótica.

• **Quadro Parcial Climatização (QP Clim):** Este quadro parcial é utilizado exclusivamente para alimentar a bomba de calor destinada para climatização do edifício.

2.8.1. Aparelhagem

De uma forma geral, as proteções dos circuitos serão feita através de disjuntores e os cortes gerais através de interruptores diferenciais, de maneira a conseguir-se seletividade nos circuitos [10]. A aparelhagem de corte, comando e proteção deverá ter as seguintes características:

- A aparelhagem de proteção deve ter simbologia de identificação, assim como, as características do aparelho: poder de corte, curva de disparo, calibre e a respetiva norma;
- Deve ser permitida a ligação por pente ou por fio. Independentemente da técnica utilizada, o índice IP2X de proteção contra contatos diretos deve ser garantido;
- Toda a aparelhagem deve ser dotada de porta etiquetas, de forma a identificar todos os circuitos;
- De forma a facilitar a montagem e manutenção da aparelhagem, esta deve possuir parafusos de fenda mista e fixação de dupla garra.

Todos os cabos terão o neutro com secção igual à fase, pois corresponde a uma melhoria na resposta ao fenómeno da distorção harmónica (3^a, 5^a, 7^a, etc).

A caixa de corte geral do QGBT, deverá ser equipada com um interruptor tetra polar [8]. Deverá também ser previsto junto da entrada do Edifício um botão de corte geral de energia elétrica.

2.9. Instalações de utilização

2.9.1. Circuitos de iluminação

Nos desenhos do Anexo L.1 encontram-se traçados os circuitos de iluminação e os pontos de luz. Será adotada uma instalação de iluminação com tecnologia LED, tanto no interior do edifício, como no exterior.

Os circuitos previstos para iluminação são estabelecidos em condutores do tipo H07V-U3G1,5 enfiados em tubos VD de diâmetro nominal apropriado ao número de condutores [8].

Os circuitos serão executados em cabo à vista e ocultos quando embebidos nas paredes.

As caixas de derivação ou passagem, indispensáveis ao encaminhamento e separação de troços serão em baquelite, sendo que as placas de bornes a instalar serão de duplo fundo e de base em poliéster com ligadores de aperto mecânico. Deve-se respeitar o número máximo de quatro condutores por ligador. As tampas de cobertura devem ser de aperto por parafusos.

2.9.2. Circuitos de tomadas

Nos desenhos do Anexo L.1 estão traçados os circuitos de tomadas monofásicas e trifásicas.

Os circuitos de tomadas monofásicas são estabelecidos em condutores do tipo H07V - U3G2,5, em tubos VD de diâmetro nominal adequado ao número de condutores e os circuitos de tomadas trifásicas são estabelecidos em condutores do tipo H07V – U5G6,0.

A potência dos circuitos de tomadas é dada pela equação 2.6.

$$S_T = N * \left(0,1 + \frac{0,9}{N}\right) * S_t \quad (2.6)$$

Em que,

N é o número de tomadas por circuito;

S_t é a potência por tomada, considera-se S_t = 1000 VA para tomadas monofásicas.

As tomadas devem ser do tipo schuko 10/16 A e de série. Estas deverão ter os alvéolos protegidos.

Os circuitos de tomadas serão protegidos por aparelhagem de proteção sensível à corrente diferencial residual de sensibilidade 30/300 mA [9].

2.10. Sistema de terras

De acordo com o mencionado na secção 542.4.1 das RTIEBT, todas as instalações elétricas devem possuir um terminal principal de terra, ao qual são ligados os condutores de proteção, os condutores de terra e os condutores de equipotencialização.

Os condutores PE não devem apresentar valores inferiores ao indicado no quadro 54F da secção 543.1.2 das RTIEBT. Nestes condutores, deverá ser previsto um dispositivo que permita medir o valor da resistência do elétrodo de terra das massas. Este dispositivo deve garantir a continuidade elétrica das ligações à terra, deve ser mecanicamente seguro e apenas desmontável através do uso de ferramentas, como especificado na secção 542.4.2 das mesmas regras.

O sistema a usar na ligação à terra será o sistema TT de terra única, estabelecido por um anel em cobre nú de 70 mm^2 , enterrado nas fundações e devidamente ligado à estrutura metálica (fundações/ pilares) do edifício, devendo ser distribuído por toda a envolvente.

De forma complementar e coincidindo com as descidas dos para-raios, existirão piquês colocados na forma de pé de galinha, sendo estes ligados à terra de proteção geral por um ligador amovível. Com este sistema, sempre que haja um aumento de potencial da terra, por exemplo, através de uma descarga atmosférica, nada deverá afetar a instalação, pois todas as terras encontram-se ao mesmo potencial (potencial de referência), desta maneira, a tensão a que os equipamentos ficam sujeitos será sempre de 230/400 V.

Assim, será conseguida uma boa segurança das instalações e equipamentos, sendo reduzidas as possibilidades de correntes de circulação devido à diferença de potencial entre os elétrodos terra. A resistência de terra não pode ser superior a 20Ω , nas piores condições.

2.11. Sistema de proteções contra descargas atmosféricas

Pela secção 1.4 do Guia Técnico de Para-raios [13], os edifícios equipados com para-raios devem ser classificados de acordo com as Consequências das Descargas (CD) e Altura e Implementação (AI).

Quanto às consequências das descargas, o edifício é caracterizado como sendo do tipo CD2, tratando-se de uma estrutura envolvendo riscos específicos (secção 1.4.1.2. do Guia [13]) que será frequentada por um grande número de pessoas e devido à existência de elementos sensíveis às sobretensões, sobretudo componentes eletrónicos (computadores, rede de telecomunicações, domótica, etc). O edifício terá um tipo de construção e utilização em que a incidência de uma descarga atmosférica origina um risco no volume a proteger. Relativamente à altura e implementação, o edifício é classificando como sendo do tipo AI2, pois trata-se de uma estrutura

em situação de risco normal, isto é, a altura e implantação não irá alterar significativamente a probabilidade de ocorrência de uma descarga atmosférica face à probabilidade de incidência no solo ocupado pelo edifício.

Tendo em consideração a classificação obtida anteriormente e a Tabela 1 do Guia Técnico de Para-raios, constata-se que é “NECESSÁRIO” a utilização de proteção contra descargas atmosféricas. Desta forma, será previsto a implementação de um sistema de Gaiola de Faraday e de equipamento supressor de sobretensões nos quadros elétricos, a fim de minimizar os riscos de propagação nos circuitos por f.e.m. induzidas, que poderiam danificar os equipamentos da instalação. Esta Gaiola de Faraday será composta por um emalhado de condutores que envolvem todo o perímetro da cobertura do edifício, complementada de vários captosres e várias baixadas interligadas à rede de terras. Estes captosres utilizam varetas de diâmetro de 8 mm de aço inox, devido à sua elevada resistência à corrosão. As varetas captoras são colocadas nos vértices do edifício e em pontos estratégicos. Devem ainda ser previstas baixadas nos vértices e em zonas estratégicas do edifício, as quais devem estar equipotencializadas, constituindo um anel de terra instalado no solo. O anel de terra deverá ser constituído pelo mesmo material da baixada.

A implementação deste sistema em Gaiola de Faraday, que permite um raio de proteção mais alargado, deve obedecer a Norma IEC 62305 [14].

2.12. Controlo de acessos

Nos locais onde será exigido um maior controlo de bens ou em áreas sensíveis por motivos tecnológicos, deverá ser implementado um sistema de restrição de acesso. Nos locais, tais como, laboratórios, áreas técnicas, gabinetes e salas de projeto, deverá ser implementado um sistema de controlo de acessos baseado num leitor de cartões ou leitor de impressão digital, de forma a que apenas as pessoas autorizadas consigam aceder a estes locais [34].

2.13. Elevador

O Elevador a instalar no edifício será um elevador com travagem regenerativa [15]. Deverá ser do tipo velocidade variável, devendo assegurar um funcionamento suave com o mínimo de folgas no sistema de guiamento e de fácil manutenção [16]. Os sistemas elétricos e mecânicos deverão ser desligados estruturalmente, de forma a eliminar a propagação de ruídos de impactos e vibrações [17]. A poupança dos elevadores com travagem regenerativa é de 80 % em relação aos elevadores convencionais. A tecnologia regenerativa permite recuperar a energia gerada em excesso pelo elevador e devolvê-la à rede do edifício.

Estes elevadores não necessitam de casa de máquinas, nem de lubrificação e são mais silenciosos em relação aos elevadores convencionais.

O elevador deverá ter capacidade para 6 pessoas e permitir o acesso a pessoas de mobilidade reduzida.

Os modos de operação do elevador com travagem regenerativa encontram-se ilustrados na Figura 2.

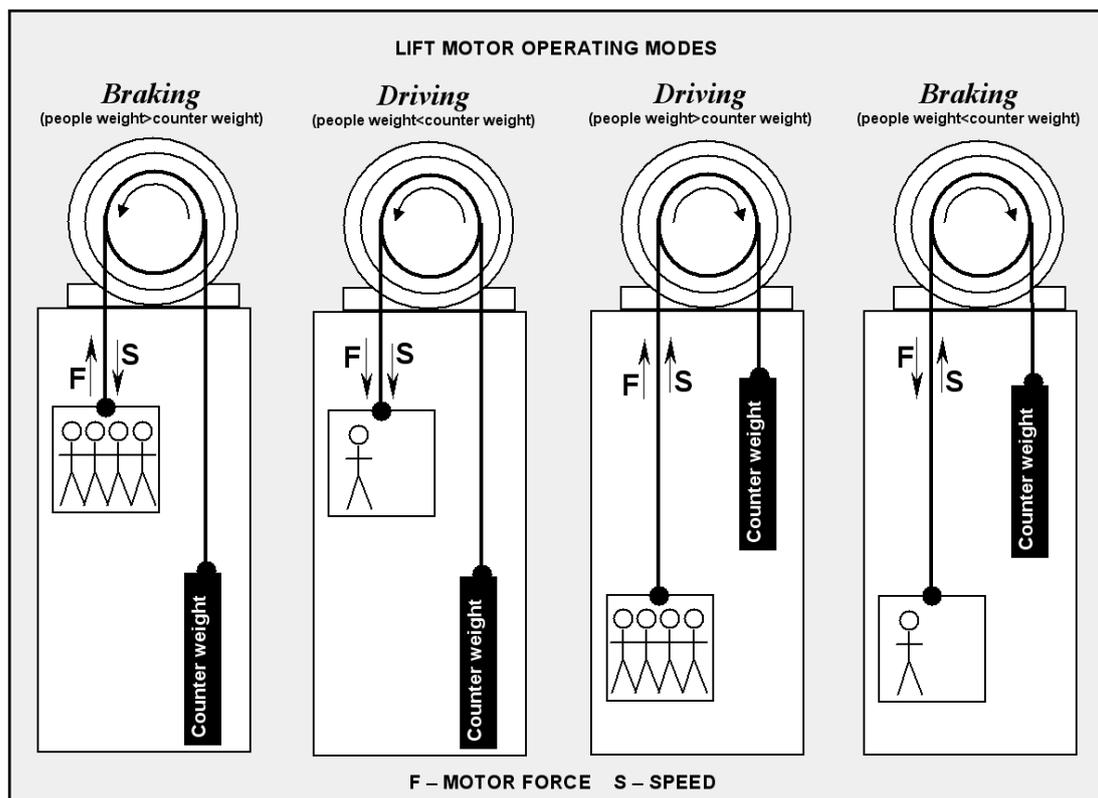


Figura 2: Elevador com travagem regenerativa. Fonte: Programa E4

Os valores standard do elevador são os seguintes:

- Área útil interior: 1,10 m x 1,40 m;
- Altura da porta: 2 m;
- Abertura da porta: 0,80 m úteis;
- Tamanho da caixa exterior: 1,80 m x 1,80 m;
- Profundidade do poço no R/ C: 1,20 m.

3. Projeto de Infra-Estruturas de Telecomunicações de Edifício

3.0. Eficiência energética das ITED

As comunicações são uma ferramenta indispensável para as pessoas e nos edifícios. De forma a garantir a eficiência energética e qualidade das Infra-estruturas de Telecomunicações em Edifícios (ITED) é obrigatório que a instalação seja projetada e executada de acordo com as normas e regulamentação em vigor.

Com Manual do ITED 2ª edição [18] procura-se assegurar a transmissão de voz e dados com um elevado nível de segurança e um bom desempenho energético. A secção da rede de cablagem deve ser projetada de acordo com a utilização e comprimento até às Tomadas de Telecomunicações (TT). No Edifício Zero + é vantajoso colocar um Armário de Telecomunicações Individual (ATI) por piso, tanto a nível operacional como de segurança e de eficiência energética.

3.1. Introdução

Este Capítulo destina-se ao estudo e interpretação do Projeto ITED – Infra-estruturas de Telecomunicações em Edifícios do Edifício Zero +. A memória descritiva e justificativa tem por base o Manual ITED 2ª edição [18], que se rege pelo Decreto-Lei (DL) n.º 258/2009, de 25 de setembro [19], que procede ao DL n.º 123/2009, de 21 de maio [20].

Com a presente memória descritiva, pretende-se justificar as opções tomadas no projeto e caracterizar de forma sucinta a infra-estrutura a instalar, referindo as condições técnicas mais relevantes a considerar no projeto.

O projeto da infra-estrutura é definido por uma arquitetura de redes de tubagens e caixas, na qual são colocados cabos par de cobre, cabos coaxiais, cabos de fibra ótica, equipamentos, entre outros dispositivos necessários para garantir níveis de qualidade das cablagens e consequentemente das comunicações/transmissões de dados e voz.

O Edifício Zero + é caracterizado como sendo um Edifício Especial, que pela sua utilização específica, enquadra-se como sendo do tipo Edifício Escolar. Nos Edifícios Especiais, para além das regras técnicas definidas, os materiais devem ser escolhidos de acordo com as classificações ambientais e com as condições de execução da instalação. Aconselha-se que a tubagem a utilizar deve ser livre de halogéneos, retardante à chama e com baixa opacidade de fumos.

Quanto à constituição do edifício, este é constituído por quatro pisos, como se pode verificar no Anexo C.

3.2. Classificações ambientais

É através das classificações ambientais, também conhecidas pelo conceito MICE, que se selecionam os materiais a utilizar na instalação, de acordo com o local e tipo de utilização.

O conceito MICE baseia-se em três níveis de exigência:

- Nível 1 – BAIXO;
- Nível 2 – MÉDIO;
- Nível 3 – ALTO.

De acordo com a Norma Europeia EN 50173-1 [21], os níveis de exigência ambiental são caracterizados pelas seguintes propriedades:

- M – Mecânicas;
- I – Ingresso ou Penetração;
- C – Climáticas ou Químicas;
- E – Eletromagnéticas.

O grau de exigência do edifício e ambiente dos espaços corresponde ao nível BAIXO, com classificação ambiental M1I1C1E1. Desta forma, os índices de proteção devem ser, no mínimo, IP20 e IK04.

3.3. Instalação

Os equipamentos e materiais a instalar devem cumprir os requisitos mínimos estabelecidos pelo Manual ITED 2ª edição [18], de acordo com o artigo 85º do DL n.º 258/2009, de 25 de setembro [19].

Nos espaços e tubagens de equipamentos é proibida a instalação de cabos ou de qualquer dispositivo que não se destine a garantir os serviços previstos nas instalações ITED.

No caso de caixas e condutas metálicas, a ligação à terra de proteção dos troços da instalação deve ser assegurada.

Nos trabalhos de instalação é obrigatório o uso de ferramentas específicas.

3.4. Entrada

A entrada das infra-estruturas de telecomunicações no edifício é feita a partir do Armário de Telecomunicações de Edifício (ATE), localizado numa sala técnica da cave do DEEC.

Caso se pretenda que o Edifício tenha uma rede de telecomunicações autónoma, a entrada dar-se-ia a partir de uma caixa de visita subterrânea denominada por Câmara de Visita Multi-operador (CVM). Neste caso, a CVM seria obrigatória e seria nesta caixa que termina toda a tubagem de entrada subterrânea vinda do edifício, de acordo com o ponto 4.2.2.6 do Manual do ITED. Esta caixa seria instalada no passeio, devendo ter a tampa metálica e a tubagem nela contida deveria fazer ligação com o Armário de Telecomunicações de Edifício (ATE).

Na entrada subterrânea de cabos, consideram-se 3 tubos de 63 mm a ligar ao ATE do DEEC para a entrada de cabos. Qualquer destes tubos, não deve conter curvas com um ângulo inferior a 120°. Os troços da tubagem subterrânea devem estar a uma profundidade mínima de 0,8 metros, devem ter as paredes interiores lisas, não possuir qualquer rebordo nas juntas e terminais de forma a evitar a deterioração do isolamento dos cabos.

Os 3 tubos que vão do ATE do DEEC até ao ATE do Edifício Zero + destinam-se ao alojamento de cabos pares de cobre, cabo coaxial e fibra ótica.

Todo o equipamento necessário à fixação dos cabos dos operadores é definido pelos próprios operadores.

3.5. Rede de tubagens

A rede de tubagens ou simplesmente tubagens têm por base a rede de cabos, conjunto de tubos, calhas técnicas e caixas interligadas destinadas à passagem de cabos previstos no projeto, ao alojamento de dispositivos de derivação e terminais. Esta rede deve ter todas as condições necessárias assegurando o sigilo das telecomunicações, bem como, a proteção física da rede de cabos. As tubagens deverão ainda permitir a uma eventual futura ampliação. O diâmetro da tubagem em cada troço tem em consideração o número e tipo de cabos a instalar, bem como, uma eventual ampliação. Nesta rede não é permitida a utilização de materiais propagadores de chama.

O percurso das tubagens no edifício deve ser uma instalação à vista. Nestes troços podem ser utilizadas calhas ou esteiras. O uso de esteiras está limitado às zonas não acessíveis ao público. Estas zonas não acessíveis ao público caracterizam-se por estarem fora do volume de acessibilidade, acima de 2,50 metros na vertical a partir do pavimento. As salas técnicas, galerias, tetos falsos, chãos falsos e caleiras também são consideradas zonas não acessíveis ao público. Os tubos à vista devem ainda ser fixos às paredes através de abraçadeiras com um espaçamento entre si inferior a 0,50 metros. As calhas devem ser fixadas às paredes com o uso de buchas ou colagem apropriada.

Os troços das tubagens devem ser retilíneas e colocadas na vertical ou na horizontal. O comprimento entre dois tubos deve ser inferior a 12 metros, para um troço retilíneo e horizontal. Entre duas caixas, não é permitida mais que duas curvas, sendo que cada curva diminui em 2 metros o comprimento máximo do troço.

A rede de tubagens será partilhada pela rede de cabos de pares de cobre, rede de cabos coaxiais e rede de cabos de fibra ótica. A rede de tubagens encontra-se nas peças desenhadas do Anexo L.2.

3.5.1. Tubos e calhas

De acordo com o especificado na Norma EN 50086 [22], a classificação dos tubos é obtida com recurso a uma sequência numérica de 12 dígitos.

Os diâmetros externos são equivalentes aos diâmetros nominais e comerciais dos tubos (dn), são os seguintes: 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90 e 110 mm.

O diâmetro interno (dim) dos tubos é obtido a partir da equação 3.1 que se calcula em função do diâmetro externo do cabo (dn).

$$dim = \frac{dn}{1,33} \quad (3.1)$$

São proibidos os tubos com diâmetro externo inferior a 20 mm.

Nas entradas subterrâneas, os tubos devem ser de material não-metálico, não propagador de chama, maleáveis ou rígidos, devem ter paredes lisas, possuir proteção contra a penetração de corpos sólidos e líquidos análogas ao grau IP55 e classificação 4432. Nas redes do edifício, os tubos devem ser, no mínimo, de material isolante, não propagador de chama e rígidos nas instalações à vista com classificação 4332.

As calhas seguem a Norma Europeia EN 50085 [23] e devem estar em conformidade com esta norma. Nas calhas, para além dos elementos de fixação, devem ser consideradas as tampas finais (tampos), os ângulos, os elementos de derivação e cantoneiras para corrigir curvaturas nas esquinas. Caso o edifício necessite de proteção suplementar, podem ser utilizadas calhas metálicas.

Os tubos e respetivas capacidades devem ser calculados a partir da equação 3.2, como realizado no Anexo G.

$$D_i \geq 1,8\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2} \quad (3.2)$$

Em que,

D_i é o diâmetro interno;

d_n é o diâmetro externo do cabo n.

O cálculo das secções das tubagens deve ter por base os seguintes diâmetros:

- UTP 4/categoria 6 – 6,50 mm²;
- Cabo Coaxial RG6 – 7,0 mm²;
- Fibra Ótica (2 fibras) – 4,50 mm².

Para o dimensionamento das calhas é necessário ter a equação 3.3 em consideração.

$$S_u \geq 2\sqrt{S_1^2 + S_2^2 + \dots + S_n^2} \quad (3.3)$$

Em que,

S_u é a secção útil da calha ou compartimento;

S_n é a secção do cabo n.

3.5.2. Caminho de cabos

Os caminhos de cabos destinados à passagem de cabos são estabelecidos em estruturas metálicas ou de plástico (Escadas ou Esteiras), ao longo de paredes, pavimentos e tetos. Estes troços devem ser, sempre que possível, horizontais ou verticais e retilíneos.

Da sala técnica à caixa de escada, isto é, ao local onde se inicia a coluna montante, deverá ser instalada uma esteira técnica fechada. Este troço ou caminho de cabos deverá ser feito na parede, junto ao teto.

Quanto ao dimensionamento da tubagem na coluna montante, para além do número de pontos de distribuição por piso, deverá ser considerada uma uniformização da secção da tubagem ao longo da coluna montante e uma eventual ampliação da rede.

Da caixa de coluna de cada piso do edifício até ao respetivo ATI deverá derivar um tubo de secção de 50 mm² com as 3 redes de cabos.

As tubagens entre o ATI de cada piso e as tomadas de telecomunicações (TT), destinadas à distribuição em estrela das redes PC, CC e FO, devem respeitar os comprimentos máximos de tubo entre caixas e o número máximo de curvas admissíveis.

Os dimensionamentos do caminho de cabos têm em conta os dados e regras do fabricante.

3.5.3. Caixas

As caixas da rede individual devem obedecer a certos requisitos técnicos, tais como, serem não metálicas (por exemplo: plástico), terem proteção contra impactos mecânicos, proteção contra a penetração de corpos sólidos estranhos e devem ser identificadas pela letra “T” ou em

alternativa pela palavra “TELECOMUNICAÇÕES” na face exterior da tampa ou porta. Nas caixas, os tubos de entrada e saída devem ser identificados por tecnologia.

Quando se utilizam caixas do tipo I na rede de tubagens, estas deverão respeitar as dimensões mínimas indicadas nas prescrições técnicas. A caixa II é geralmente usada como caixa de aparelhagem, apesar de haver outras soluções possíveis, principalmente para alojar tomadas mistas ou duas tomadas RJ45 numa só caixa. Nas caixas I3 e C1, estas devem ter tampa e buçins a proteger a entrada dos cabos. Recomenda-se que as caixas de aparelhagem sejam instaladas a uma altura de 30 cm acima do pavimento, isto é, ao nível das tomadas de eletricidade.

3.6. Redes de cablagens

A rede de cablagens do edifício é constituída pelo conjunto de cabos de telecomunicações (cabos par de cobre, cabos coaxiais e cabos de fibra ótica) interligados por aparelhagem de ligação e distribuição, equipamentos e materiais a usar nas TT da rede a instalar. Visto que, o edifício é constituído por uma fração independente, quer a rede de cabos de pares de cobre, quer a rede de cabos coaxiais e a rede de fibra ótica limitam-se a uma rede.

Na instalação e montagem da rede de cablagens, para além do que é prescrito nesta memória descritiva e no manual do ITED, deverá ser tido em consideração as instruções técnicas dos fabricantes, pois os cabos são sensíveis a apertos excessivos, podendo mesmo comprometer os requisitos de uma Classe.

No interior das caixas que alojam os dispositivos de ligação/transição, devem ser previstas curvaturas nos cabos com a folga necessária para uma eventual alteração de posições ou ligações futuras e uma boa fixação com abraçadeiras. Os cabos de passagem também devem ter uma curvatura no interior da caixa.

As curvaturas dos cabos devem ter um raio de curvatura igual ou superior a 6 vezes o diâmetro do cabo ou conforme os requisitos do fabricante. Deve ainda ser garantida a continuidade de todas as ligações de terra, desde as blindagens das caixas e cabos até ao BGT das ITED, que se localiza no ATE.

Todos os elementos da cablagem devem ser facilmente identificáveis.

3.6.1. Redes de par de cobre (PC)

Os cabos pares de cobre a utilizar, devem ser simétricos e entrançados (por exemplo: cabos UTP). Em todos os locais com ambientes húmidos, com risco de explosão ou corrosivos,

recomenda-se a utilização de cabos com características adequadas a esse ambiente. Serão admitidos apenas cabos de Categoria 6. As ligações em cabos Par de Cobre (PC) serão do tipo UTP (Unshielded Twisted Pair) categoria 6, sem blindagem de 4 pares simétricos de condutores de cobre entrançado. As características construtivas devem obedecer às especificações técnicas para a categoria 6, com base na Norma ISO – 11801 [24].

A Classe das aplicações a serem suportadas pela cablagem determina a escolha dos componentes, logo os componentes de categoria 6 devem garantir a ligação de Classe E exigida para os Edifícios Especiais.

A distribuição da rede de cabos PC será realizada em estrela, em cabos UTP Cat. 6 de 4 pares, como referido anteriormente. As tomadas desta tecnologia serão simples ou duplas, de 8 contactos, do tipo RJ45 (cat.6).

A Rede PC, encontra-se desenhada no Anexo L.2.

3.6.2. Redes de cabos coaxiais (CC)

A rede de cabos coaxiais deve garantir a receção e distribuição de sinais CATV (Community Antenna Television), como se pode observar nas peças desenhadas do Anexo L.2.

Os cabos coaxiais a utilizar nas ITED e os componentes devem ter frequência de 2,4 GHz e devem garantir a categoria TCD-C-H. As redes de cabo coaxial devem ser constituídas por cabos coaxiais flexíveis dos tipos RG6, RG11 e/ou RG69. Podem ainda ser utilizados cabos coaxiais de características iguais ou superiores.

O cálculo das atenuações e níveis de sinal previstos nas tomadas também devem ser considerados. Na rede CATV, as frequências de teste são 60, 90 e 750 MHz. As atenuações devem ser inferiores aos máximos estabelecidos pela norma EN 50173 [25]. As atenuações não foram calculadas, pois não se trata de um objetivo a atingir.

3.6.3. Redes de fibra ótica (FO)

Os cabos de fibra ótica a utilizar devem ser de classe OF-300 ou superior. Na interligação ótica devem ser utilizados chicotes de fibra Sc/Sc. O cabo de fibra ótica tem de ser obrigatoriamente do tipo monómodo e possuir duas fibras óticas OS1.

Todos os cabos de fibra ótica devem cumprir a norma EN 60794-1-1 [26]. Podem ser considerados outros cabos, para além dos cabos referidos no Manual do ITED, desde que garantam os requisitos da Norma Europeia anteriormente referida e especificações técnicas necessárias.

3.7. Armários e espaços de alojamento de equipamentos

3.7.1. Armário de Telecomunicações de Edifício (ATE)

O Armário de Telecomunicações de Edifício faz parte da rede de tubagens. Este armário do tipo Bastidor será instalado na Sala Técnica e terá acesso restrito. É neste armário que vão ser alojados os vários Repartidores Gerais (RG). O ATE pode ser constituído por um multi-armário compartimentado ou por um armário único. O ATE é o ponto de encontro das redes dos operadores, quer sejam em par de cobre, em cabo coaxial ou fibra ótica. Será instalado um ATE, de acordo com as necessidades previstas de acesso aos serviços públicos de telecomunicações e à caracterização do edifício.

O ATE deve garantir espaço suficiente para o acesso de duas redes de operadoras de comunicações eletrónicas, por cada uma das três tecnologias. Para efeitos de telecontagem, é recomendado que o ATE seja interligado aos contadores de eletricidade e água.

3.7.2. Repartidores Gerais (RG)

Os RG fazem parte das ITED. Devem ser dotados de legendas escritas nas estruturas convenientes de modo a que os trabalhos de execução das ligações ou uma futura exploração sejam realizados de forma simples e inequívoca. As fichas dos repartidores gerais devem ficar junto destes e devem ser colocadas em bolsas plásticas ou em material similar, de forma a garantir uma maior proteção.

A ligação dos repartidores gerais ao BGT do edifício deve ser garantida.

Os Repartidores Gerais a alojar no ATE são os seguintes:

- Repartidor Geral de Par de Cobre;
- Repartidor Geral de Cabo Coaxial;
- Repartidor Geral de Fibra ótica.

O Repartidor Geral de Par de Cobre (RG-PC) é o dispositivo que faz a interligação dos cabos pares de cobre vindos do DEEC à rede de cabos pares de cobre do edifício. O RG-PC é composto pelo primário, onde serão ligados os cabos de entrada do DEEC e pelo secundário, onde será ligada a rede do edifício. Como se trata de uma rede de telecomunicações a partir do DEEC, o material, a instalação e a ligação do primário do RG-PC é da responsabilidade do instalador. Caso o primário fizesse ligação com uma CVM, a instalação seria da responsabilidade dos operadores públicos de comunicações.

O Repartidor Geral de Cabo Coaxial (RG-CC) é o dispositivo que faz a interligação dos cabos coaxiais vindos do DEEC à rede de distribuição em cabo coaxial do edifício. O RG-CC deve garantir uma distribuição ascendente em estrela associado a CATV. Junto do RG-CC deve existir uma indicação escrita e dirigida aos operadores de CATV, com os padrões de sinal que melhor se adaptam à rede coaxial do edifício. O dimensionamento e instalação são da responsabilidade do instalador que efetuar a ligação do edifício ao DEEC.

O Repartidor Geral de Fibra Ótica (RG-FO) é o dispositivo que faz a interligação dos cabos de fibra ótica vindos do DEEC à rede de distribuição por cabo de fibra ótica do edifício. A instalação do primário e da ligação ao secundário do RG-FO é da responsabilidade do instalador. O secundário de RG-FO deve ser efetuado a partir de um painel de acopladores SC ou LC.

3.7.3. Armário de Telecomunicações Individual (ATI)

O ATI é constituído por uma caixa e pelos equipamentos de interligação entre a Coluna Montante (CM) e a rede de tubagens de acesso às Tomadas de Telecomunicações (TT). Será instalado um ATI em cada Piso (exceto no Rés-do-chão), junto do Quadro Parcial de piso e ao mesmo nível deste, ao qual se encontram ligados. O dimensionamento de cada ATI deve garantir espaço para o equipamento e dispositivos necessários às várias tecnologias projetadas (par de cobre, cabo coaxial e fibra ótica) em cada piso. Estes armários devem permitir ventilação por convecção nas portas ou em qualquer outro local adequado.

Ao ATI de cada piso serão ligadas tubagens destinadas aos Sistemas de Domótica, tais como, sistemas de vigilância e sistema de vídeo porteiro. Poder-se-ia ainda optar por uma rede de telecomunicações sem ATI, permitindo deste modo evitar eventuais estrangulamentos da rede.

3.7.4. Salas técnicas

É nesta sala técnica que vai ficar alojado o Armário Bastidor que corresponde ao ATE. A sala técnica deve garantir condições ambientais apropriadas, garantindo os requisitos mínimos, sobretudo iluminação adequada, temperatura entre os 18 e os 24 °C e humidade relativa entre os 30% e 55% [18].

3.8. Tomadas de Telecomunicações (TT)

Os dispositivos terminais a utilizar nas ITED, podem ser tomadas RJ45, tomadas TV/Rádio e/ou tomadas de fibra ótica. As tomadas referidas anteriormente, podem ser instaladas numa caixa de aparelhagem do tipo II, embebidas na parede. Se a tomada for de montagem exterior ou em calha, deve-se incluir uma caixa própria. Sugere-se o uso generalizado de tomadas mistas ou de espelho comum, dado que existem diferentes tecnologias de cabos a partilhar a mesma rede de tubagem. Desta forma, torna-se a instalação mais fácil e valoriza-se o aspeto estético da instalação final.

As caixas de aparelhagem devem ser adequadas a este tipo de tomadas. As tomadas RJ45 devem ter categoria igual à rede de cablagens e dispor do mesmo tipo de blindagem.

3.9. Interferências eletromagnéticas

É importante ter em consideração as interferências eletromagnéticas procedentes dos circuitos elétricos, motores elétricos, entre outros circuitos.

Durante a instalação deverá ser salvaguardado uma distância mínima entre os cabos da rede de telecomunicações e dos circuitos elétricos.

De forma a evitar eventuais interferências eletromagnéticas, a rede de telecomunicações e os circuitos elétricos devem seguir troços perpendiculares, garantindo sempre as distâncias mínimas, tal como é recomendado pelo Manual do ITED.

3.10. Instalações elétricas das ITED

O instalador das ITED deve salvaguardar as necessidades de alimentação elétrica das ITED. Desta forma, deve-se instalar 4 tomadas com terra para o ATE e 2 tomadas com terra para cada ATI. As tomadas a instalar para o ATE devem ser ligadas ao Quadro de Serviços Comuns do Edifício, as tomadas a instalar para cada ATI devem ser ligadas a um circuito procedente do Quadro Parcial de Piso respetivo e devem ser protegidas com um disjuntor diferencial. Tanto no ATE, como no ATI deve ser montado um barramento de terras.

3.11. Proteções e ligações de terra

A proteção e segurança das ITED devem seguir as indicações das Normas Europeias aplicáveis, nomeadamente a Norma EN 50310 [27] e as indicações previstas no Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Elétrica (RSIUEE) [73].

As ITED devem ser protegidas contra perturbações provocadas por descargas atmosféricas, bem como, contra uma possível influência eletromagnética provocada pelas linhas de transporte de energia.

As proteções são conseguidas com a colocação de aparelhagem de proteção capaz de interromper o circuito e escoar para terra as correntes provocadas pelas descargas elétricas. A blindagem dos dispositivos e cabos deve ser interligada ao BGT das ITED, que por sua vez será ligado à terra geral de proteção do edifício. As interligações devem ser também realizadas nos respetivos bornes de terra.

A chamada terra de proteção destina-se a evitar e/ou desviar das ITED os potenciais e as correntes perigosas. O BGT é uma superfície em material condutor, tipicamente em cobre, onde se ligam todos os circuitos de terra de proteção das ITED. O BGT deverá ser interligado ao BGT do edifício, que por sua vez, será ligado ao eléctrodo de terra. Neste caso, considera-se a existência de um sistema TT, de terra única, situação prevista e projetada no capítulo das instalações elétricas.

Deverá ser selecionado um disjuntor diferencial de alta sensibilidade, de forma a proteger a instalação (10 ou 30 mA).

Tanto as caixas metálicas da rede de tubagem, como descarregadores de sobretensões e repartidores de cabos coaxiais devem ser ligados à terra de proteção.

Os cabos utilizados na ligação à terra de proteção devem ser do tipo H07V-U/R, com revestimento exterior com cor verde/amarela ou verde/vermelho. A cor verde/vermelho é utilizada quando possa haver confusão entre condutores de terra das ITED e outros condutores de terra referentes a outros circuitos.

O condutor de terra de proteção não deve ter secção nominal inferior a 2,5 mm².

O esquema elétrico e a rede de terras encontra-se nas peças desenhadas do Anexo L.2.

3.12. Relatório de Ensaios de Funcionalidade (REF)

Os ensaios das ITED são da responsabilidade do instalador, que deverá elaborar um Relatório de Ensaios de Funcionalidades (REF), de acordo com o ponto 14.6 do Manual do ITED. O instalador deve ter ainda em consideração os requisitos do Manual do ITED, assim como, o projeto técnico. O instalador deverá ainda anexar ao REF uma cópia do projeto e um documento com tudo que julgou necessário à realização da instalação, que fará parte do cadastro do edifício [18].

4. Projeto Domótica

4.0. Eficiência energética na domótica

A automatização e controlo dos edifícios está extremamente interligada com a eficiência energética. Os sistemas de gestão técnica permitem controlar a iluminação (interior e exterior), climatização (aquecimento e arrefecimento), orientação de lâminas, bem como a gestão da rede de forma automática, manual ou através de cenários, de acordo com as exigências, ocupação, dimensão e construção do edifício [36]. A utilização de redes inteligentes apresentam inúmeras vantagens, conferindo uma melhor qualidade de vida, maior conforto, segurança e eficiência energética, dependendo sempre da conceção e da forma como é utilizado e explorado, pois os edifícios inteligentes são aqueles que são concebidos e geridos com inteligência.

A utilização dos sistemas de domótica permite uma diminuição do consumo de energia com aquecimento ou arrefecimento, sem perda de conforto para os utilizadores. O consumo de energia também é reduzido com a atuação das lâminas em função da temperatura e da luz vinda do exterior. Todas estas soluções de controlo e gestão reduzem o consumo de energia e aumentam os níveis de conforto [33].

4.1. Escolha tecnológica

Existem várias tecnologias disponíveis no mercado, tais como as tecnologias X10, KNX, DALI e Zigbee. De entre estas tecnologias encontram-se a X10 e a KNX, que por serem as mais completas são as mais amplamente utilizadas, havendo vantagens e desvantagens de uma em relação à outra. De seguida serão explicadas, de forma muito breve, ambas as tecnologias permitindo justificar a escolha efetuada.

A tecnologia X10 utiliza a rede elétrica como meio de comunicação. Os módulos são ligados às tomadas e esta tecnologia converte os dados digitais em pulsos analógicos e adiciona-os na onda de tensão da rede. Todos os dispositivos do sistema recebem os impulsos e leem os endereços de destino comparando-os com os seus. Sempre que verificarem o endereço, os dispositivos executam a ordem. Estes módulos têm endereços programáveis e a sua programação interna é feita digitalmente, pelo que necessita de um interface de ligação com um computador [72].

A tecnologia KNX precisa de um meio próprio para comunicar constituído por um barramento de comunicação e outro para alimentação. A comunicação entre os dispositivos desta tecnologia é realizada por telegramas que percorrem o BUS, sendo esta informação enviada em bytes. As restrições existentes nesta tecnologia devem-se ao tamanho máximo da linha, o que será uma desvantagem em grandes edifícios [28].

O sistema de domótica adotado para o Edifício, será baseado na tecnologia KNX, pois é o único sistema aberto em todo o mundo e que está aprovado pelas Normas Europeias CENELEC EN 50090 [29] e CEN EN 13321-2 [30] e pelas Normas Internacionais ISO/IEC 14543-3 [31].

O sistema escolhido para o edifício é suportado por vários fabricantes, podendo mesmo ser adotado qualquer equipamento, de qualquer fabricante que obedeça a norma KNX, pois a compatibilidade é garantida.

Com este sistema de domótica, pretende-se que a gestão do edifício seja eficiente, atingindo elevados níveis de conforto e segurança com baixos custos operacionais, através de poupanças energéticas com o controlo da iluminação e da climatização e através do controlo do sistema de deteção de intrusão.

4.2. Conceção geral do sistema

Com o sistema escolhido, pretende-se assegurar o comando, controlo e gestão otimizada da instalação elétrica do edifício e da segurança do mesmo.

O sistema deverá garantir as seguintes condições [32][33][35][36]:

- Programação da instalação fácil e rápida, recorrendo ao uso de um computador;
- Permitir uma modificação do programa sempre que seja desejado e que a alteração seja fácil e rápida;
- Instalação em Muito Baixa Tensão de Segurança (MBTS), com uma tensão de trabalho de 29 V DC, abastecidos por uma fonte de alimentação dedicada;
- Comando de equipamentos elétricos da instalação, principalmente os circuitos de iluminação e climatização, assim como, qualquer outro recetor elétrico a incorporar no sistema futuramente;
- A transmissão dos sinais de comando é feita por um único cabo, cabo esse que constitui o meio de comunicação para todos os elementos do sistema, de acordo com a norma standard KNX/EIB;
- Criação de comandos multi-ações que possibilitam controlar vários equipamentos a partir de uma única ordem;
- Os comandos de controlo de iluminação podem ser utilizados para armar e desarmar o alarme de intrusão;
- Os sensores previstos para o controlo de iluminação e climatização, também podem ser usados para o controlo do sistema de deteção de intrusão.

4.3. Cablagem da instalação

No sistema deverão ser utilizadas duas redes de cablagem, uma rede para a instalação de comando (29V DC) utilizada para a transmissão de informações necessárias ao comando do sistema e outra para a instalação de deteção (12V DC).

Com a separação dos circuitos de comando e deteção, a instalação torna-se mais segura, baixando consideravelmente os riscos de eletrocussão, pois a rede de comando em MBTS alimenta a maioria dos equipamentos do sistema. Esta separação de circuitos também permite uma simplificação e redução da cablagem.

As duas redes deverão ser compostas por dois cabos que vão interligar todos os equipamentos da instalação: sensores, detetores, atuadores, teclas, botões de pressão, entre outros. Os cabos deverão ser do tipo J-Y (St) Y 2x2x0,8 e UTP categoria 5e [32][33][36].

A arquitetura da rede deverá ser realizada em estrela.

4.4. Funcionalidades do edifício

O sistema de domótica adotado irá tornar o funcionamento do edifício mais flexível. A programação inicial e as possíveis alterações futuras preveem várias funcionalidades.

As principais funcionalidades para este projeto abrangem:

- Controlo da Iluminação interior e exterior;
- Controlo da Climatização;
- Sistema de vídeo porteiro;
- Sistema de vigilância;
- Lâminas orientáveis.

4.5. Controlo da iluminação

O controlo de iluminação será feito através de um botão de pressão ou teclas táteis com múltiplos canais. Nas instalações sanitárias, zonas técnicas e arrumos, a iluminação poderá ser controlada por movimento ou manualmente.

Nos espaços exteriores pretende-se que o funcionamento da iluminação seja baseado no sistema de leitura de luminosidade natural exterior da central meteorológica a instalar em conjunto com os temporizadores horários do sistema. O controlo da iluminação poderá ser feito individualmente através de um computador ou *Tablet*.

Os aparelhos de comando do edifício serão instalados em caixas de fundo duplo para facilitar as ligações. As ligações das entradas dos detetores de movimento e contatos de movimento são

efetuadas através de módulos de entradas instalados no interior das caixas anteriormente referidas ou em caixas de derivação próprias.

4.6. Controlo da climatização

A climatização do edifício será feita através de bombas de calor que permitem aquecimento e arrefecimento. O sistema de aquecimento ou arrefecimento é ativado após a leitura e comparação dos valores programados e os valores medidos pela sonda. Para evitar constantes alterações no sistema, a diferença entre o desejado e a leitura deverá ser de 1°C. No caso em que a diferença seja inferior a 1°C, a climatização desliga-se, de forma a evitar paragens e arranques sucessivos da bomba de calor.

O controlo da climatização depende ainda do estado (ligado ou desligado), do controlo (automático ou manual), do estado das janelas (abertas ou fechadas) e da leitura da temperatura ambiente.

4.7. Sistema de vídeo porteiro

O Sistema de vídeo porteiro IP previsto para o edifício terá um posto de chamada exterior, enquanto que, no interior não existirá qualquer posto de vídeo porteiro. As chamadas serão atendidas por *Tablet* ou outro aparelho controlado pelo sistema KNX.

4.8. Sistema de vigilância por circuito fechado de televisão (CCTV)

O sistema CCTV previsto permite observar remotamente vários locais do edifício, tanto no interior, como no exterior.

Com este sistema pretende-se, especialmente, o seguinte:

- Vigilância remota das zonas estratégicas do edifício;
- Visualização de imagens remotamente, a partir de qualquer ponto da rede do edifício;
- Gravação das imagens.

O sistema deverá ser constituído por câmaras a cores de alta resolução e por um gravador digital, permitindo a visualização de imagens em tempo real ou visualização de gravações.

O gravador digital deverá ter um disco com espaço igual ou superior a 2 Tb, DVD-RW, compressão MPEG4 e deverá estar interligado com a rede informática.

As câmaras de vigilância para o exterior deverão ser para dia/noite com objetiva varifocal e IP66.

4.9. Lâminas orientáveis

As lâminas orientáveis serão motorizadas e controladas automaticamente ou por comando local através de botões de pressão ou teclas táteis com múltiplos canais.

As lâminas serão controladas mediante a leitura dos sensores crepusculares, em função da posição do sol. Esta medida contribui para melhorar as condições de conforto visual e de conforto térmico, de acordo com os Anexos B.2 e B.3.

4.10. Características dos equipamentos

O sistema tecnológico KNX é constituído por dispositivos ligados ao BUS, como por exemplo, sensores e módulos de entrada, atuadores e módulos de saída, dispositivos de comando e supervisão. Os desenhos do projeto encontram-se no Anexo L.3. De seguida, será feita uma breve referência aos dispositivos previstos para o edifício [32][33][34][36].

- Módulo de alimentação KNX

O módulo de alimentação é alimentado com uma tensão de 230 V AC e frequência 50 Hz e fornece uma tensão de saída de 29V DC do tipo MBTS, que alimenta a rede de comunicação do sistema BUS. O dispositivo inclui um regulador de tensão e de corrente, o que garante proteção contra curto-circuitos pois apresenta um sistema de rearme automático. Este dispositivo possui ainda um transformador de isolamento e uma reserva de marcha que possibilita eliminar micro-cortes. Tem capacidade de ligação até 64 aparelhos, repartidos ao longo da rede BUS com comprimento máximo de 1000 metros. Todos os defeitos da instalação, sobretudo as sobrecargas, interrupção do BUS ou falta de alimentação BT são sinalizados na face frontal do dispositivo por LED. A fonte de alimentação de emergência assegura a alimentação do sistema sempre que haja falha de energia, através de uma bateria.

- Sensor Analógico Digital

Este sensor converte os sinais recebidos das sondas e converte-os em digitais para poderem ser interpretados pelos módulos.

- Acoplador de linha

Este módulo é necessário quando o sistema precisa de várias linhas de BUS, repetindo mensagens entre as linhas.

Este acoplador é ainda utilizado como filtro ou como amplificador de linha. De referir que, este módulo necessita de uma fonte de alimentação adicional.

- Módulo multi-comandos

O módulo multi-comandos é um painel tátil com 3.8'', monocromático. Tem várias funcionalidades com facilidade de comando.

Com este aparelho é possível garantir:

- Visualização do estado dos circuitos elétricos;
- Comando de todos os recetores elétricos;
- Quatro entradas livres de tensão;
- Funcionamento com código chave do sistema de alarme de deteção de intrusão.

- Módulo de 2/4 entradas encastrável

Este módulo de 2/4 entradas possibilita a ligação de 2/4 contatos de aparelhos elétricos. O módulo é colocado atrás de um ou vários botões ou sensores, dentro de caixas de derivação ou das caixas de aparelhagem de fundo duplo e as ordens de comando são transmitidas através do BUS.

- Atuadores para lâminas de calha DIN de 4/8 saídas

Os atuadores de 4/8 saídas (montados no quadro elétrico) recebem sinais de comando enviados pelos interfaces de entrada, através do BUS, comandando os recetores que lhe estão ligados, com uma corrente até 10 A por saída. Desta forma, é possível rodar as lâminas.

Os atuadores apresentam um seletor “auto/ manual” que proporciona o funcionamento em modo automático (ordens vindas do interface de entrada) ou em modo manual (através dos botões na face frontal do módulo). Estes atuadores recebem os telegramas do BUS e em função destes, atuam no máximo até dois motores de forma independente. Estes atuadores permitem ainda subir e descer estores elétricos.

- Atuadores binários de calha DIN de 4/8/12 saídas On/Off

Os atuadores binários de calha DIN de 4/8/12 saídas (montados no quadro elétrico) têm uma conceção semelhante aos atuadores de lâminas de 4/8 saídas (referidos anteriormente), mas com objetivos diferentes. Estes atuadores permitem ligar e desligar aparelhos de iluminação, ligar ou desligar circuitos de tomadas e comandar todos os recetores elétricos.

- Teclas táteis multi-comando de 1 ou 2 ou 4 canais

Estes dispositivos são utilizados para comando local da iluminação e motorizações. Sempre que o estado da iluminação é alterado, será indicado através de um LED.

As teclas táteis multi-comando de 2 canais com termostato podem ser utilizadas no comando local de iluminação, motorizações e na climatização.

- Detetores de movimento teto/parede

Os detetores de movimento serão instalados de acordo com o local e programados para controlo de iluminação e/ou intrusão. A deteção é feita, quando há leitura da radiação emitida por um corpo. Estes detetores de movimento serão alimentados a 12V DC e emitirão sinais de deteção aos módulos de entradas.

- Detetores óticos de fumo

Os detetores óticos de fumo serão instalados no centro do teto de todas as divisões do edifício e serão programados para deteção de fumos e chama. Estes detetores serão alimentados a 12V DC e emitirão sinais de deteção aos módulos de entradas sempre que haja deteção de incêndio.

- Sondas de inundação

As sondas de inundação serão aplicadas nas instalações sanitárias para deteção de inundações. Estas sondas não precisam de alimentação e emitirão sinais de deteção para os detetores de inundação, que por sua vez, emitem o sinal para os módulos de entradas. Sempre que a sonda deteta água, é acionado o relé inversor que dará sinal a uma entrada binária.

- Sirene exterior

Deverá ser instalada uma sirene exterior com bateria para o sistema de deteção de intrusão. Deverão ainda ser garantidas as seguintes características:

- Baixo consumo e LED's intermitentes;
- Proteção IP65;
- Tamper de parede, parafusos e tampa;
- Proteção de inversão de polaridade;
- Consumo em disparo não superior a 420mA;

- 109 dB;
- Strob 1W 1Hz.

- Módulo GSM

O módulo GSM servirá para comunicações GSM. Deverá permitir mensagens de voz e/ou sms para as entradas.

- Módulo de climatização

Este módulo permite controlar a temperatura, tanto para o sistema de aquecimento, como para o sistema de arrefecimento. Permite ainda “auto desligar” sempre que a temperatura esteja dentro dos valores programados, estando interligado com os detetores de presença e com os contactos magnéticos. Estes contactos magnéticos estão ligados aos módulos de entradas binárias. São instalados na caixilharia e são ativados sempre que as portas e/ou janelas são abertas. As sondas de temperatura utilizadas convertem os valores de temperatura em valores de tensão.

- Estação Meteorológica

A estação meteorológica será utilizada para medir a luminosidade, temperatura, chuva e velocidade do vento, memorizando o estado atual e envia para o BUS sempre que haja alteração do estado.

Este módulo deverá apresentar as seguintes características:

- Alimentação 29V DC;
- Sinais de 1 bit;
- Envio de valores aos BUS.

- Sensor Crepuscular

O módulo crepuscular (este módulo inclui interruptor KNX crepuscular e sonda) possibilita a medição de diferentes níveis de luminosidade ambiente, convertendo em tensão o nível de luminosidade.

- Web Server KNX

É necessário instalar um módulo TCP/IP para visualizar e controlar as funcionalidades da instalação via computador. O módulo deverá efetuar o controlo e gestão dos componentes KNX do edifício. Deverá também permitir o comando à distância da instalação via computador e *Internet*, deverá permitir visualizações, receção de mensagens de alarme, impressão de acontecimentos, controlo, gestão e gráficos dos consumos de energia e consulta da base de dados do sistema.

- Tablet

É necessário um *Tablet* ou um outro dispositivo, que através de um interface modular USB/KNX permite visualizar e controlar funcionalidades da instalação KNX. O interface modular USB/KNX permite ligar o *Tablet* ao BUS do sistema KNX através de uma porta USB, permitindo desta forma programar e visualizar todo o sistema.

As principais funções do *Tablet* são:

- Controlo da iluminação;
- Controlo da climatização;
- Controlo das lâminas orientáveis;
- Criação de cenários;
- Visualização do estado da instalação;
- Comando da instalação;
- Receção das chamadas vídeo porteiro;
- Receção das mensagens de alarme;
- Visualização de imagens do sistema de vigilância.

O comando à distância, é um dispositivo que também permite controlar remotamente o sistema em qualquer lado do edifício.

- Atuador de energia

Este atuador de energia efetua medições, memoriza-as e monitoriza a energia consumida pelas cargas elétricas do edifício, contribuindo desta forma para o aumento da eficiência energética. É através deste atuador de energia que será realizada a gestão da rede elétrica.

4.11. Especificações funcionais

Nos gabinetes, salas de projeto, sala de reuniões e laboratórios, o controlo da iluminação será em função de *dimming*, de forma a criar diferentes níveis de luz. O controlo da climatização é realizado através do painel de controlo, onde será programada a temperatura desejada. Os detetores de fumo serão colocados nestes espaços, bem como nas salas técnicas e arrumos, pois existem materiais e equipamentos com risco de incêndio.

Nas zonas técnicas haverá controlo de climatização e iluminação devido aos requisitos impostos na regulamentação para estes espaços. Será colocado no teto um detetor de movimento que ativa a iluminação para uma iluminância de 500 lux.

Nas circulações e escadas, a iluminação será controlada por sensores crepusculares que interagem com as lâminas orientáveis. A climatização nestes espaços é ativada quando é detetado valores de temperatura fora dos limites desejáveis.

Nas instalações sanitárias, a iluminação é controlada por controlo de presença e leitura crepuscular. Serão colocados detetores de inundação, devido ao risco inerentes a estes espaços.

A iluminação exterior é controlada por uma central meteorológica.

Espaço	Aplicação
Gabinetes	Controlo de iluminação
Salas de projeto	Controlo de climatização
Sala de reuniões	Detetores de fumo
	Controlo de iluminação
Laboratórios	Controlo de climatização
	Detetores de fumo
	Controlo de climatização
Zonas técnicas	Detetor de movimento
	Detetor de fumo
	Controlo de iluminação
Circulações e Escadas	Controlo de climatização
	Controlo de lâminas orientáveis
	Detetores de inundação
Instalações sanitárias	Controlo de presença
	Sensor crepuscular
Exterior	Controlo de iluminação

Tabela 2: Especificações funcionais do sistema de domótica

5. Projeto Luminotecnia

5.0. Eficiência energética na iluminação

Grande parte dos consumos dos edifícios deve-se à iluminação. Deste modo, para tornar o Edifício Zero + energeticamente eficiente, utiliza-se a tecnologia LED em toda a iluminação (interior e exterior). A tecnologia LED possui inúmeras vantagens em relação a outras luminárias existentes no mercado, desde logo, destacando-se o seu baixo consumo, parâmetro importante para se conseguir o objetivo de um edifício de balanço energético positivo. Outro fator importante a ter em conta é o seu tempo de vida longo, estimado em 50 mil horas [38]. A energia fornecida a estes díodos emissores de luz é praticamente toda convertida em iluminação, não havendo, praticamente, libertação de calor. Esta tecnologia apresenta um elevado nível de resistência e um vasto leque de cores, entre outras vantagens.

Existe ainda a necessidade de gerir a iluminação, sem perder o conforto visual dos utilizadores [37]. Para reduzir os consumos são implementados diferentes sensores e detetores de controlo de iluminação. No controlo de ocupação, a iluminação acende ou apaga em função da ocupação do espaço considerado. O controlo de luminosidade permite ajustar a iluminação artificial com a iluminação natural, de acordo com o nível de luminosidade estabelecido em função do espaço e da tarefa a desempenhar. O controlo programado é ativado ou desativado em função do horário estabelecido para utilização do edifício.

5.1. Considerações gerais

Dado que se trata de um edifício recebendo público que funciona em períodos em que a iluminação natural é insuficiente, este deverá ser dotado de iluminação artificial constituída por iluminação normal (iluminação utilizada no funcionamento normal do edifício) e iluminação de segurança (iluminação que em caso de falha da iluminação normal, permite uma evacuação segura e fácil do público para o exterior, bem como, manobras relativas a segurança) tal como é imposto pela secção 801.2.1.5.1.1 das RTIEBT [5]. Para o edifício não será considerada a iluminação de socorro, pois não há necessidade de manter o funcionamento parcial ou total em caso de falha de alimentação. O projeto luminotécnico deve respeitar o estabelecido na secção 801.2.1.5.1.2 das RTIEBT, a qual refere que os lugares acessíveis ao público e caminhos de evacuação, deverão ser suficientemente iluminados, garantindo uma circulação fácil do público e permitindo realizar manobras essenciais à segurança, durante o período de funcionamento do edifício. De acordo com o mencionado na secção 801.2.1.5.1.3 das RTIEBT, a aparelhagem de iluminação instalada em zonas de circulação não deverá constituir qualquer obstáculo à circulação, sendo que tal condição é satisfeita, desde que a parte inferior dos aparelhos de

iluminação esteja a uma altura mínima de 2,25 metros acima do pavimento ou para alturas inferiores, não apresentar qualquer saliência nas zonas de livre passagem.

Segundo a secção 801.2.1.5.1.6, os objetos que estabeleçam obstáculo à livre circulação (degraus, rampas, saídas com e sem portas) deverão ser iluminados ou, no mínimo, sinalizados. Na secção 801.2.1.5.1.7 das RTIEBT são impostos dispositivos que facilitem e orientem a localização das saídas (letreiros), que devem possuir pictogramas característicos dessa função com sinalização própria.

5.2. Conceitos técnicos gerais

O olho humano é capaz de ver um conjunto de radiações eletromagnéticas com comprimento de onda entre os 380 nm e os 780 nm. É dentro desta gama de valores que se procuram as melhores condições visuais, as quais implicam melhores condições mentais e físicas. Uma iluminação apropriada a um dado espaço implica uma boa sensação de conforto visual, minimizando o estado de alerta, risco de acidentes, bem como, uma redução do cansaço, para além de assegurar uma boa acuidade visual [38].

Num projeto luminotécnico há necessidade de recolher o máximo de informação do local a iluminar, tais como, dimensão do local, natureza e fator de reflexão dos tetos, pavimento, paredes e plano de trabalho, iluminação em função da tarefa a realizar no local, difusão da iluminação (direto, indireto ou misto) e tipo de iluminação (geral ou localizada).

Existe ainda a necessidade de definir diferentes grandezas luminotécnicas, tais como:

- **Fluxo luminoso (Φ)** é a quantidade total de luz emitida por uma fonte luminosa.
Unidade: Lumen (lm).
- **Intensidade luminosa (I)** é o fluxo luminoso emitido por unidade de ângulo sólido numa dada direção concreta.
Unidade: Candela (cd).
- **Iluminância ou nível de iluminação (E)** é o fluxo luminoso recebido por uma dada superfície.
Unidade: lux (lx) em que 1 lm/m^2 .
- **Luminância (L)** é a relação entre a intensidade luminosa e a superfície aparente vista pelo olho numa dada direção, isto é, intensidade luminosa refletida numa dada direção.
Unidade: candela/m² (cd/m²).
- **Rendimento luminoso ou eficiência luminosa (η)** é a relação entre o fluxo luminoso produzido e a potência elétrica consumida.
Unidade: Lumen/Watt (Φ/P).

Para além das necessidades de adequação ao tipo de local, utilização e aspetos técnicos, os parâmetros mais importantes na conceção de uma iluminação de qualidade dependem da eficiência energética, temperatura de cor, índice de restituição de cor e eficiência luminosa.

- **Temperatura de cor**

A temperatura de cor ou aparência de cor das fontes luminosas, medida em Kelvin (K), pode ser dividida em três tipos.

Aparência de cor	Temperatura de cor (K)
Quente (Branco avermelhado)	$T < 3300$
Intermédia (Branco neutro)	$3300 \leq T \leq 5300$
Fria (Branco azulado)	$T > 5300$

Tabela 3: Distinção dos tipos de temperatura de cor **Fonte:** [39]

- **Índice de Restituição de cor (IRC ou Ra)**

O índice de reprodução de cor é a terminologia usada para descrever a aparência da cor de um objeto ou superfície sob iluminação artificial. Como se pode observar pela Tabela 4, o índice de reprodução de cor é definido por uma escala que varia entre 0 (mau) e 100 (excelente).

Classificação	Índice de reprodução de cor Ra [%]
Excelente	$90 \leq Ra < 100$
Muito Bom	$80 \leq Ra < 90$
Bom	$70 \leq Ra < 80$
	$60 \leq Ra < 70$
Suficiente	$40 \leq Ra < 60$
	$20 \leq Ra < 40$
Mau	$0 \leq Ra < 20$

Tabela 4: Escala do índice de reprodução de cor **Fonte:** [38]

- **Tempo de vida útil**

O tempo de vida de uma lâmpada caracteriza-se pelo número de horas em funcionamento à temperatura nominal.

5.3. Iluminação interior

A iluminação interior deverá ser projetada de forma a garantir um ambiente correto em cada divisão do edifício, com níveis de iluminação adequados ao tipo de tarefas a realizar, bem como, a ocupação prevista.

5.3.1. Iluminação normal

A iluminação normal do edifício deverá respeitar as condições impostas pela secção 801.2.1.5.2.1 das RTIEBT [5], a qual refere que todos os locais dos estabelecimentos recebendo público de 4ª categoria, no qual se insere o Edifício Zero +, a instalação elétrica deve ser realizada para que uma eventual avaria de um foco luminoso ou respetivo circuito, não deixe o local totalmente sem iluminação normal. Deste modo, foi utilizado mais que um circuito, possibilitando, caso de avaria, um nível aceitável de iluminação em cada divisão. Para além do indicado anteriormente, a secção 801.2.1.5.2.2 das RTIEBT refere que os dispositivos de comando não devem permitir que esses locais fiquem integralmente sem iluminação natural. De referir, que nos edifícios escolares, os aparelhos de iluminação devem ser do tipo fixo.

5.3.2. Iluminação de segurança

A iluminação de segurança nos edifícios escolares de 4ª categoria deverá ser do tipo C, isto é, pode ser alimentada por uma fonte central (bateria de acumuladores ou por um grupo gerador acionado por um motor de combustão) ou por blocos autónomos (permanente ou não permanente), de acordo com as secções 801.2.3.2 e 801.2.1.5.3.4.3 das RTIEBT [5]. Desta forma, a iluminação de segurança para o edifício em estudo, será realizada através do uso de blocos autónomos. A iluminação de segurança deve estar devidamente integrada com a iluminação normal, cumprindo todas as normas do sistema elétrico de um edifício. Desta forma, o sistema de iluminação de segurança deverá mostrar com indicadores a rota de evacuação, garantir iluminação suficiente ao longo dessa mesma rota e permitir que os equipamentos de segurança contra incêndios e alarmes sejam facilmente identificáveis (5 lux).

As luminárias de segurança deverão ser instaladas junto das portas de saída utilizadas em caso de emergência, em pontos que haja mudança de direção, junto de escadas para que os degraus sejam iluminados, próximo de caixas de primeiros socorros, nas interseções de passagens e próximo dos dispositivos de segurança contra incêndios. A sinalização das vias de evacuação deverá ser em pictogramas mostrando um desenho branco em fundo verde, permitindo uma evacuação rápida e segura do edifício.

5.4. Estudo económico comparativo

O estudo económico comparativo tem como objetivo comparar a tecnologia proposta no estudo luminotécnico com outras menos eficientes. Como se verifica na Tabela 5, o estudo foi baseado nas características de cada tecnologia e nas necessidades do Edifício. O preço unitário do equipamento tem em consideração todo o conjunto necessário ao correto funcionamento de cada tecnologia e segue os valores de mercado.

Equipamento	Quant. ²	Tempo vida (h)	Horas/dia	Potência [W]	Potência Total[W]	Preço Un. ³ [€]	Investimento inicial [€]
T8	344	8000	12	70	24080	25	8600
T5	344	20000	12	35	12040	65	22360
LED	222	50000	12	51,3	11388,6	202,30	44910,6

Tabela 5: Características das soluções em função das necessidades do Edifício Zero +

Na Tabela 6, são apresentados os custos previstos por cada tipo de cargas, as poupanças e o tempo de retorno do investimento (*payback*) em relação à solução *standard* (solução T8). O estudo económico é desenvolvido tendo em conta uma utilização de 12 horas por dia, durante 260 dias por ano. O preço do kWh é de 0,0726€⁴, valor este, igual ao da faturação do DEEC. O estudo foi realizado para 16 anos devido ao tempo vida útil da tecnologia LED.

Parâmetros	Tempo	T8	T5	LED
Custos com manutenção [€]	1 ano	0	0	0
Custos com consumíveis [€]	1 ano	258	215	0
Custos com manutenção [€]	16 anos	0	0	0
Custos com consumíveis [€]	16 anos	4128	3440	0
Custo diário [€]	1 dia	21	10,49	9,92
Custo mensal [€]	1 mês	455	227,28	214,97
Custo anual [€]	1 ano	5460	2727,4	2579,65
Custo em 16 anos [€]	16 anos	87360	43638,4	41274,4
Poupança em relação à solução T8 [€]	1 ano	-----	2732,6	2880,35
Poupança em relação à solução T8 [€]	16 anos	-----	43721,6	46085,6
Poupança em relação à solução T8 [kWh/ano]		-----	37639,1	39674,2
Custo da solução [€]		8858	22575	44910,6
Diferença de custo em relação à solução T8 [€]		-----	13717	36052,6
<i>Payback</i> [anos]		-----	5,02	12,52

Tabela 6: Comparação económica entre tecnologias

² Quantidade de luminárias da solução T8 e T5 com base em auditoria deambulatória ao DEEC.

³ Preço da solução T8 e T5 corresponde aos preços médios de mercado.

⁴ Valor obtido da Dissertação de Mestrado em curso do aluno Tiago Teixeira.

5.5. Estudo luminotécnico

5.5.1. Luminárias utilizadas

Na iluminação normal do edifício são utilizadas luminárias quadradas (EEE CRLI 158/13 06064-02 BE) e retangulares (EEE CRLI 158/13 12034-02 BE). Ambas as luminárias são de aplicação saliente, constituídas por placas de LEDs de cor branco neutro (4000 K) e com difusor opalino. O fluxo total dos LEDs de ambas as luminárias é de 5440 lm [41].

5.5.2. Simulação luminotécnica

As simulações luminotécnicas foram desenvolvidas com o auxílio do *software* DIALux. No Anexo H, encontram-se mais detalhes do estudo luminotécnico apresentado para cada espaço tipo do edifício.

5.5.2.1. Laboratório 1.2A

Na Figura 3 pode-se observar a representação 3D do Laboratório 1.2A, onde são utilizadas 24 placas de LEDs retangulares (EEE CRLI 158/13 12034-02 BE 5440 lm) com altura de montagem a 3,90 metros e fator de manutenção de 0,80.



Figura 3: Representação 3D do Laboratório 1.2A simulado pelo DIALux

A Figura 4 apresenta as linhas isográficas de iluminância ao nível do plano de trabalho (0,80 m) do Laboratório 1.2A. O valor médio de iluminância obtido ao nível do plano de trabalho nesta simulação foi de 517 lux, valor este, acima dos 500 lux recomendados. Não foi considerada qualquer zona marginal, pois pode haver bancos de ensaios junto das paredes.

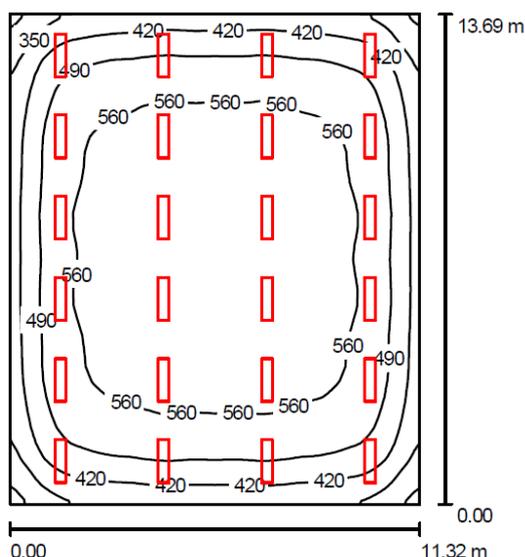


Figura 4: Iluminância ao nível do plano de trabalho do Laboratório 1.2A

5.5.2.2. Gabinete 3.1

Poder-se-á observar na Figura 5, a representação 3D da simulação luminotécnica do Gabinete 3.1. Nesta simulação, são utilizadas 5 placas de LEDs quadradas (EEE CRLI 158/13 06064-02 BE 5440lm) de potência 51,3 W cada. As placas LEDs apresentam uma montagem com altura de 3,50 metros e um fator de manutenção 0,80.

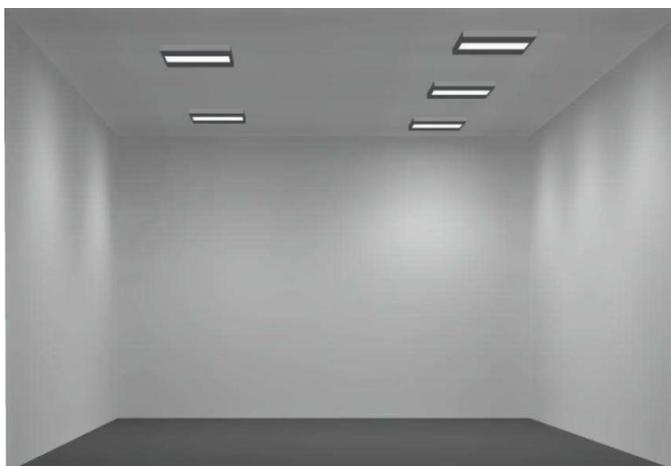


Figura 5: Representação 3D do Gabinete 3.1 simulado pelo DIALux

As linhas isométricas de iluminância ao nível do plano de trabalho (0,80 metros) do Gabinete 3.1 são apresentadas na Figura 6. Nesta simulação é considerada uma zona marginal de 0,40 metros.

Os níveis de iluminância pretendidos nos gabinetes são de 500 lux. Dado que o valor obtido de iluminância média com o programa DIALux ao nível do plano de trabalho é de 501 lux, poder-se-á afirmar que esta iluminação enquadra-se com o espaço.

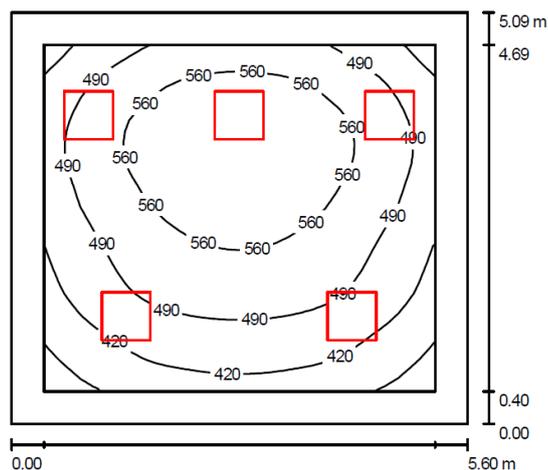


Figura 6: Iluminância ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.1

5.5.2.3. Gabinete 3.2

Como se pode observar pela representação 3D da Figura 7, são utilizadas 4 placas LEDs quadradas (EEE CRLI 158/13 06064-02 BE 5440lm) de potência 51,3W cada. A simulação das placas de LEDs foi realizada para uma altura de montagem a 3,50 metros e fator de manutenção 0.80.

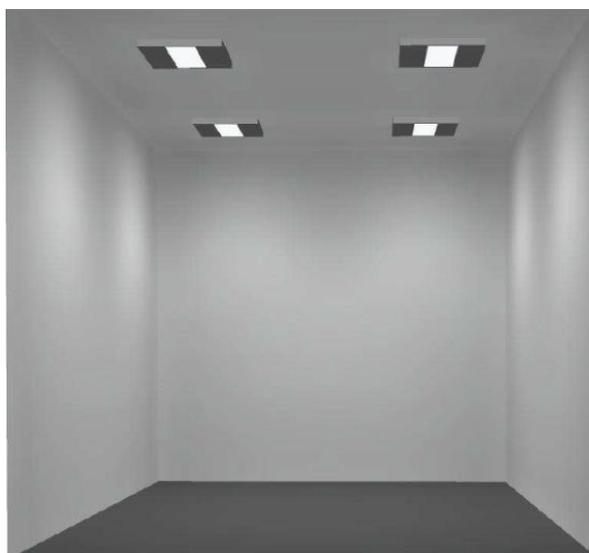


Figura 7: Representação 3D do Gabinete 3.2 simulado pelo DIALux

A Figura 8 apresenta as linhas isográficas de iluminância ao nível do plano de trabalho (0,80 metros) do Gabinete 3.2. Na simulação deste gabinete foi considerada uma zona marginal de 0,40 metros. O valor de iluminância médio obtido na simulação é de 544 lux, estando acima dos valores pretendidos para o tipo de tarefa a desempenhar neste espaço.

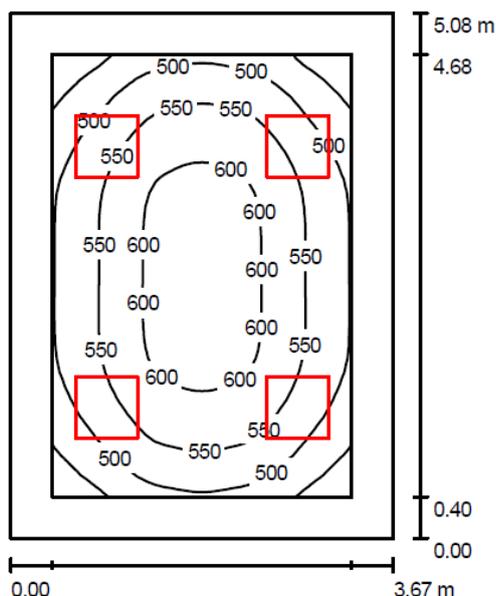


Figura 8: Iluminância ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.2

5.5.2.4. Gabinete 3.3

No Gabinete 3.3 são utilizadas 4 placas LEDs quadradas do tipo EEE CRLI 158/13 06064-02 BE 5440lm de potência 51,3 W e dispostas conforme a representação 3D da Figura 9. A simulação deste espaço teve em consideração uma altura de montagem das placas LEDs a 3,50 metros e um fator de manutenção de 0,80.

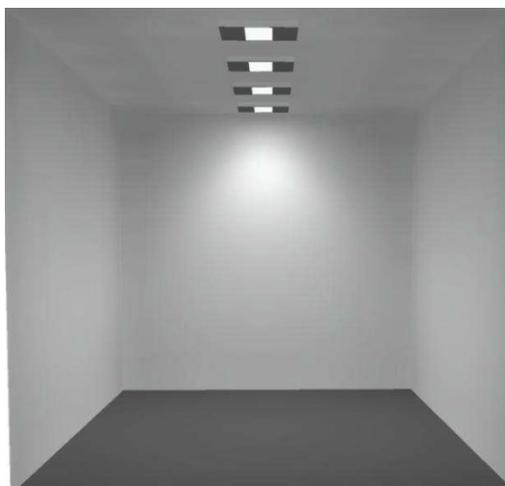


Figura 9: Representação 3D do Gabinete 3.3 simulado pelo DIALux

As linhas isométricas da Figura 10, representam os níveis de iluminância ao nível do plano de trabalho (0,80 metros) do Gabinete 3.3. Tal como nos Gabinetes simulados anteriormente, foi considerada uma zona marginal de 0,40 metros. Com esta simulação, os níveis de iluminância obtidos ao nível do plano de trabalho foram de 476 lux.

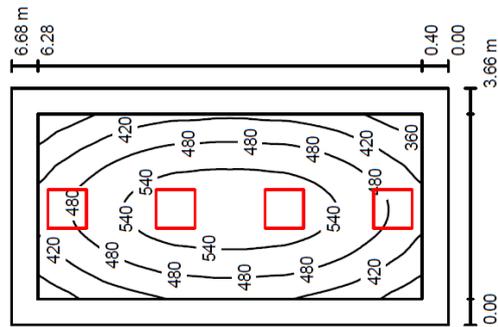


Figura 10: Iluminância ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.3

5.5.2.5. Gabinete 3.4

As 9 placas de LEDs quadradas do tipo EEE CRLI 158/13 06064-02 utilizadas na simulação do Gabinete 3.4, conforme se pode observar pela representação 3D da Figura 11, garantem um nível de iluminância médio de 561 lux. A simulação foi realizada com altura de montagem a 3,50 metros e fator de manutenção 0,80.

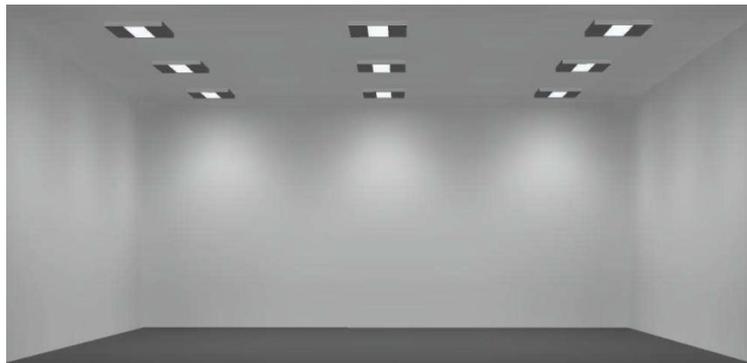


Figura 11: Representação 3D do Gabinete 3.4 simulado pelo DIALux

As linhas isográficas da Figura 12, representam os níveis de iluminância ao nível do plano de trabalho (0,80 metros) do Gabinete 3.4. Como se pode verificar pela Figura 11, a simulação foi realizada com uma zona marginal de 0,40 metros.

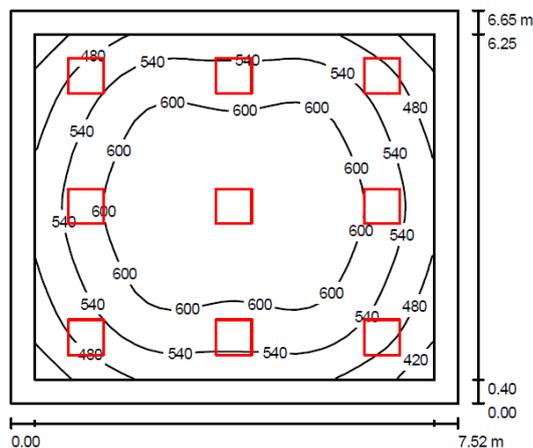


Figura 12: Iluminância ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.4

5.5.2.6.Laboratório 3.6

A representação 3D da Figura 13 é relativa ao Laboratório 3.6. Neste espaço, são utilizadas 12 placas quadradas de LEDs do tipo EEE CRLI 158/13 06064-02 BE 5440lm. A montagem das luminárias é realizada a 3,50 metros, com um fator de manutenção de 0,80.

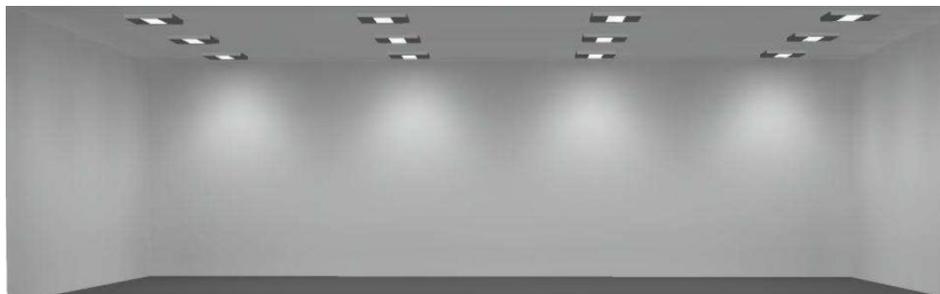


Figura 13: Representação 3D do Laboratório 3.6 simulado pelo DIALux

Na Figura 14 estão representadas as linhas isográficas da iluminância, cujo valor médio ao nível do plano de trabalho é de 514 lux.

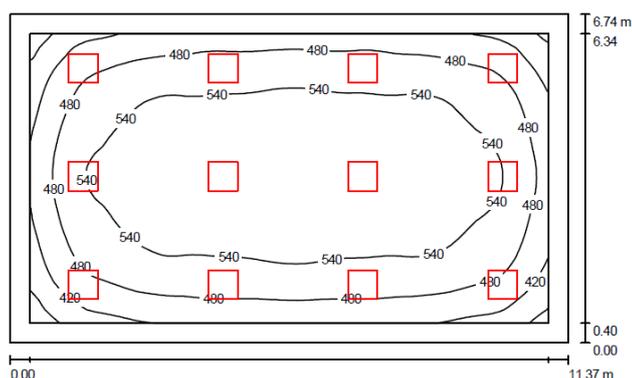


Figura 14: Iluminância ao nível do plano de trabalho do Laboratório 3.6

5.5.2.7.Circulação

Conforme a representação 3D da Figura 15, são utilizadas 5 placas LEDs quadradas do tipo EEE CRLI 158/13 06064-02 BE 5440lm no corredor.

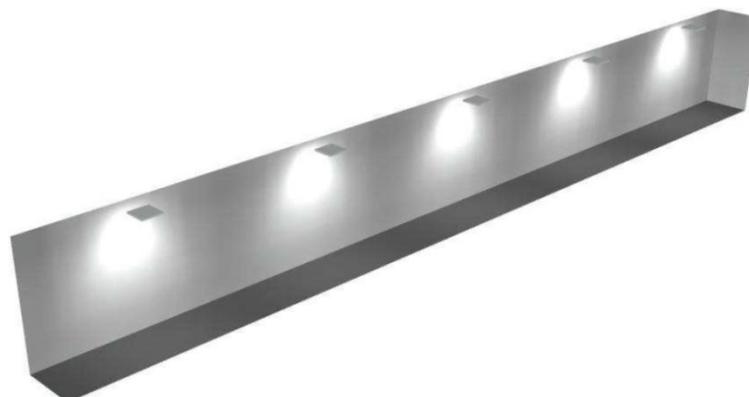


Figura 15: Representação 3D do corredor do piso 2 simulado pelo DIALux

As linhas isográficas representadas na Figura 16, reproduzem os níveis de iluminância do corredor. Foi considerada uma simulação com altura de montagem de 3,50 metros e fator de manutenção 0,80. Neste espaço, não foi considerada qualquer zona marginal. Os valores de iluminância médios obtidos com o programa DIALux foram de 160 lux, valores acima dos valores recomendados para estes espaços.

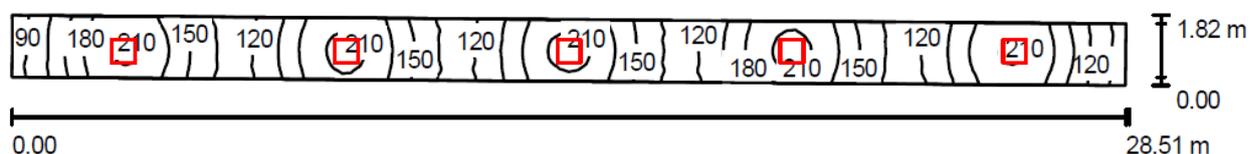


Figura 16: Iluminância ao nível do plano de trabalho do corredor

5.5.2.8. Valores recomendados e resultados obtidos

A Tabela 7 apresenta os valores recomendados de iluminação para os diferentes tipos de espaço, tarefa ou atividade segundo a norma EN12464-1 [39]. Apesar do nível de iluminância recomendado para Gabinetes ser de 300 lux, desejam-se iluminâncias de 500 lux nestes espaços.

Tipo de espaço, tarefa ou atividade	E_m [lux]	UGR	Ra
Gabinetes	300	19	80
Laboratórios	500	19	80
Áreas de circulação e corredores	100	25	80
Escadas	150	25	80
Instalações Sanitárias	200	25	80

Tabela 7: Valores recomendados para os espaços tipo do edifício **Fonte:** [39]

Na Tabela 8 são apresentados os resultados obtidos da simulação luminotécnica realizada com o *software* DIALux. No Anexo H são apresentados mais detalhes do estudo luminotécnico.

Espaço	P_t [W]	Área [m ²]	D [W/m ²]	D_r [W/m ² /100lux]	E_m [lux]	E_{min} [lux]	E_{max} [lux]
Lab 1.2A	1231,2	154,94	7,95	1,54	517	271	602
Gab 3.1	256,5	28,53	8,99	1,79	501	306	623
Gab 3.2	205,2	18,62	11,02	2,03	544	404	622
Gab 3.3	205,2	24,43	8,40	1,76	476	311	584
Gab 3.4	461,7	50,05	9,23	1,64	561	375	660
Lab 3.6	615,6	76,63	8,03	1,56	514	318	594
Corredor	256,5	45,60	5,63	3,51	160	78	220

Tabela 8: Características luminotécnicas dos espaços analisados com o *software* DIALux

5.6. Caso de Estudo luminotécnico: - Análise Comparativa

A realização do estudo luminotécnico comparativo com o ISR existente tem como grande objetivo a obtenção de uma referência. As áreas e a energia consumida das luminárias usadas em ambos os edifícios serão comparadas, de modo a verificar as poupanças obtidas com a tecnologia LED.

Para tal, foi realizado um pequeno inventário do tipo e da quantidade de luminárias, bem como, da área de diversos espaços do ISR existente. Os dados recolhidos do ISR existente e os dados do Edifício Zero + são apresentados na Tabela 9.

No caso do ISR existente, este utiliza na generalidade luminárias do tipo T8. A potência considerada para estas luminárias diz respeito à potência nominal da luminária e à potência do Balastro eletromagnético.

Para o cálculo dos consumos anuais previstos para este tipo de cargas, é necessário estimar os vários *input*, tais como, potências, horas de funcionamento e ocupação.

Edifício	Parâmetros			Iluminação		
	Espaço	Área [m ²]	Horas funcionamento	Nº luminárias	Tipo luminárias	Potência [W]
Edifício Zero +	Gab. 3.1	28,45	8	5	06064-02	256.5
	Gab. 3.2	18,64	8	4	06064-02	205.2
	Gab. 3.3	24,34	8	4	06064-02	205.2
	Gab 3.4	50,01	8	9	06064-02	461.7
	Lab. 3.6	75,61	8	12	06064-02	615.6
	Lab. 1.2A	155,0	10	24	12034-02	1231.2
	Corredor	51,89	8	5	06064-02	256.5
ISR existente ⁵	Gab. grande	27,09	8	8	L58W/840	560
	Gab. pequeno	12,97	8	4	L58W/840	280
	Lab. S.1.2	92,49	10	20	L58W/840	1400
	Lab. R.1.3	46,53	11	12	L58W/840	840
	Lab. S.0.3	111,4	11	32	L58W/840	2240
	Lab S0.29/0.30	131,0	24	24	L58W/840	1680

Tabela 9: Dados do Edifício Zero + e do ISR existente

⁵ Levantamento das características de utilização com base em auditoria deambulatória ao DEEC.

Após uma comparação entre espaços de área semelhante de ambos os edifícios, as poupanças energéticas obtidas com a tecnologia LED são evidentes. De seguida, são apontados algumas comparações.

Comparando o Gabinete 3.1 do Edifício Zero + e o Gabinete grande do ISR existente, a poupança obtida com a implementação da tecnologia LED será de 54,2%.

As poupanças obtidas com a implementação de luminárias LED no Gabinete 3.4 do Edifício Zero + e iluminação existente no Laboratório R.1.3 do ISR existente são de 45%.

Entre o Laboratório 3.6 do Edifício Zero + e o Laboratório S.1.2 do ISR existente, a implementação da tecnologia LED significa uma poupança de 56%.

A implementação da tecnologia LED no Laboratório 1.2A em detrimento da iluminação utilizada no Laboratório S.0.3 garante uma poupança de 45%.

Se a comparação for efetuada entre o Laboratório 1.2A do Edifício Zero + e o Laboratório S.0.29/0.30, tem-se uma poupança energética de 26,7%.

Na Figura 17 é apresentado o ambiente de trabalho relativo a uma simulação realizada a um Gabinete grande do ISR existente.

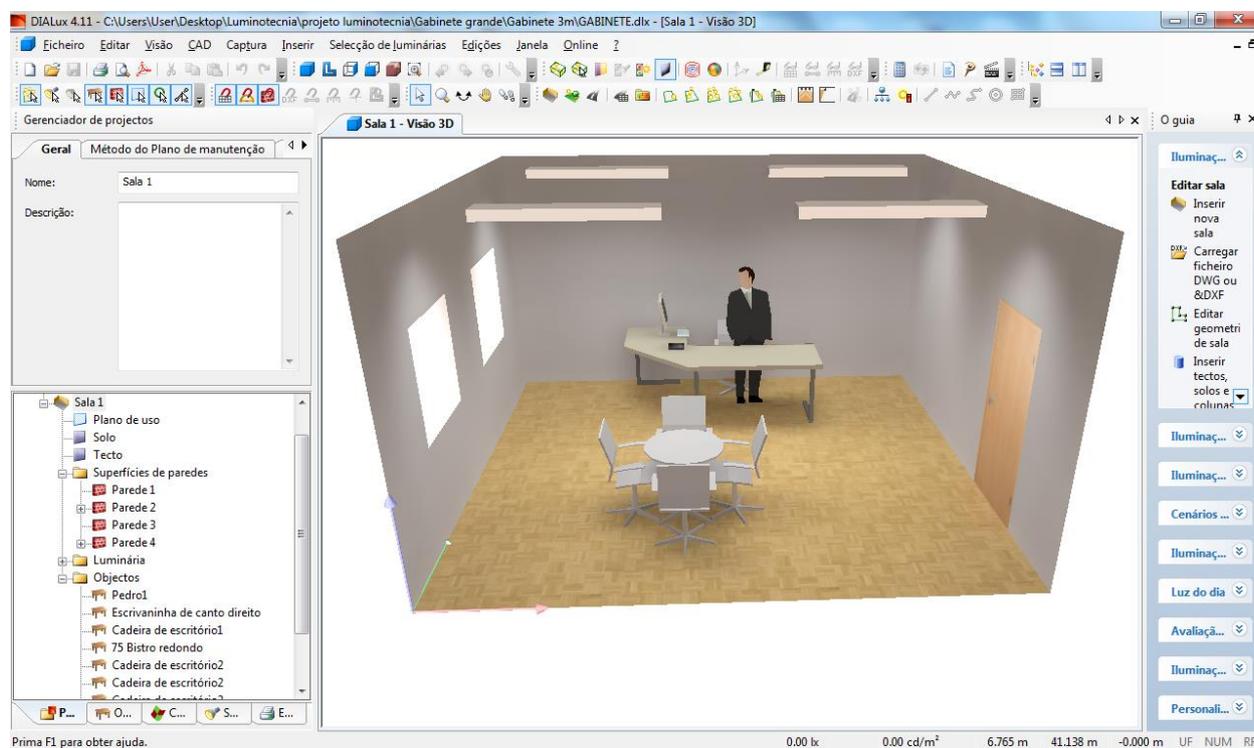


Figura 17: Ambiente de trabalho do programa DIALux

5.7. Produção e consumos estimados do Edifício

A estimativa mensal de produção de energia elétrica dos painéis fotovoltaicos adotados para o Edifício Zero +, apresentados na Tabela 10, refere-se ao estudo da Dissertação de Mestrado em curso do aluno Helder Costa. A estimativa dos consumos com a iluminação ao longo do ano é realizada com base nas potências das luminárias de tecnologia LED propostas, nas horas e dias de utilização, na ocupação e na insolação média diária na cidade de Coimbra (Tabela 9). Tal como no estudo económico com a iluminação, prevê-se uma utilização média de 12 horas e de 260 dias por ano ($c = 260/12 = 21,6667$ dias por mês). A potência total (P_t) da iluminação é de 11,3886 kWh. Dado que ao longo das 12 horas, nem todas as luminárias se encontram ligadas, foi adotado um fator de simultaneidade de 0.75. Com o sistema de domótica proposto para o edifício, o controlo da iluminação artificial em função de *dimming* permite criar diferentes níveis de iluminação, de acordo com a leitura do sensor crepuscular com a iluminação natural. Desta forma, admite-se um fator de simultaneidade de 0.50 nas horas de insolação (b). Nas horas sem insolação (a), não será admitido este fator de simultaneidade.

Na estimativa dos consumos mensais com a iluminação é utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{Consumo iluminação} = P_t * 0.75 * (a + 0.50 * b) * c$$

Meses	Produção PV [kWh/mês] ⁶	Insolação média [h/dia] [53]	Consumo iluminação [kWh/mês] ⁷	Consumo [%]
Janeiro	5243	4,9	1767,37	33,71
Fevereiro	5623	5,1	1748,86	31,10
Março	8781	6,4	1628,57	18,55
Abril	9025	6,6	1610,07	17,84
Mai	10497	7,3	1545,29	14,72
Junho	10814	8,6	1425,00	13,18
Julho	11682	9,6	1332,47	11,41
Agosto	11485	9,4	1350,97	11,76
Setembro	9613	7,4	1536,04	15,98
Outubro	7666	5,7	1693,35	22,09
Novembro	5283	4,8	1776,62	33,63
Dezembro	4843	4,1	1841,40	38,02
TOTAL [kWh/ano]	100555		19256,00	19,15

Tabela 10: Produção e consumo com a iluminação previstos

⁶ Valores obtidos da Dissertação de Mestrado em curso do aluno Helder Costa.

⁷ Levantamento das características de utilização com base em auditoria deambulatória ao DEEC.

O Gráfico 4 apresenta os valores estimados de produção fotovoltaica e os consumos mensais das cargas previstos no Edifício Zero + ao longo do ano.

Como é expectável, a produção fotovoltaica aumenta de acordo com a insolação ao longo do ano. Em sentido contrário, os consumos com a iluminação diminuem com o aumento da insolação, devido ao aproveitamento de iluminação natural.

Com esta análise, verifica-se que o consumo com a iluminação varia entre 11,41% no Verão e 38,02% no Inverno em relação à produção fotovoltaica.

O consumo anual com a iluminação é de 19,15% face à produção estimada com a produção fotovoltaica.

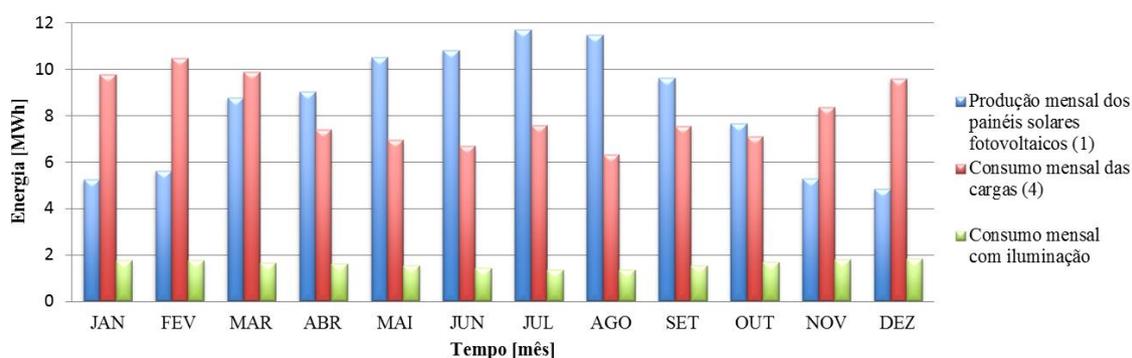


Gráfico 3: Comparação entre a produção PV e o consumo mensal das cargas do Edifício Zero +

Produção anual dos painéis fotovoltaicos [kWh/ano] (1)	100555,00
Consumo anual das cargas [kWh/ano] (2) (3)	97629,27
Consumo anual com a iluminação [kWh/ano] (2)	19256,01

Tabela 11: Balanço energético do Edifício Zero +

A produção de energia elétrica estimada no estudo da Dissertação de Mestrado em curso do aluno Helder Costa, tem por base, uma simulação realizada com painéis solares monocristalinos.

(1) Valores obtidos da Dissertação em curso do aluno Helder Costa

(2) Levantamento das características de utilização com base em auditoria deambulatória ao DEEC

(3) Valores de consumo mensal do DEEC obtidos da Dissertação em curso do aluno Tiago Teixeira

(4) Consumos da iluminação, climatização e rede informática

6. Conclusões e trabalhos futuros

6.1. Conclusões

O grande desafio lançado pela União Europeia no setor dos edifícios tem como objetivo, que todos os edifícios novos devem, a partir do final de 2020, apresentar balanço energético quase nulo. Tal desafio implica uma entreaajuda entre as mais variadas entidades. Para alcançar os objetivos, as medidas de eficiência energética devem ser pensadas desde a fase de conceção e projeto.

Dado que, o grande objetivo para o Edifício Zero + trata-se de um edifício de balanço energético positivo, pretende-se que após a aplicação dos projetos desenvolvidos ao longo da dissertação permitam obter elevados níveis de eficiência energética.

A aplicação do RTIEBT no projeto de instalações elétricas confere, desde logo, medidas de segurança e eficiência energética na instalação. A potência a alimentar de 101,4 kVA, o correto dimensionamento, a separação dos circuitos e distribuição de fases na instalação, garantem um bom funcionamento de toda a instalação e proteção de pessoas e equipamentos.

Os projetos ITED que seguem o Manual do ITED 2ª edição e as normas aplicáveis em vigor são, quando aplicados, projetos com elevados níveis de fiabilidade e segurança, na transmissão e distribuição de dados e voz.

O protocolo KNX escolhido no projeto de domótica, permite aplicar regras pré-programadas baseadas nos consumos energéticos, medidas de otimização que evitem desperdícios, diminuído desta forma os consumos energéticos e o conseqüente valor da fatura energética. As monitorizações e medições dos consumos de energia podem ser acedidos *on-line*, podendo ser realizadas comparações de índices e práticas com registos de diagramas de cargas anteriores, permitindo ainda estabelecer cumprimentos de objetivos. A qualquer momento pode ser fornecido um relatório de consumos e respetivos custos, bem como, de registos históricos de consumos. Toda a instalação pode ser supervisionada e controlada remotamente por programação, por telefone ou via *internet*. Sempre que haja deteção de ocorrências, há emissão do alarme por *e-mail*.

O controlo da iluminação artificial é realizado por sensores crepusculares em função de *dimming*, permitindo desta forma diferentes níveis de luminosidade, de acordo com a iluminação natural que entra nos espaços interiores pelas janelas.

A temperatura de cor de 4000 K (luz branca neutra) das placas LEDs utilizadas no projeto luminotécnico é a adequada para o tipo de atividade e tarefa a desenvolver no edifício, garantindo uma boa sensação de conforto visual e uma boa acuidade visual, minimizando o cansaço e o estado de alerta. A simulação com o *software* DIALux permite otimizar o número de

luminárias em função da área do espaço e da iluminância pretendida ao nível do plano de trabalho de acordo com a tarefa e atividade a desempenhar. Desta forma, os vários espaços tipo simulados no projeto luminotécnico permitem níveis adequados de iluminância e apenas com o número de luminárias necessário. A tecnologia LED adotada permite obter poupanças na ordem dos 50% em relação às luminárias utilizadas no DEEC.

Com o estudo económico comparativo pode-se concluir que a tecnologia LED é a solução energeticamente mais eficiente, contudo esta solução apresenta um retorno financeiro de 12 anos e meio em relação à solução *standard* (luminárias T8), devido ao investimento inicial elevado desta tecnologia. Para eliminar os níveis de ofuscamento da tecnologia LED adotada, as placas LED apresentam um difusor opalino, reduzindo desta forma a eficiência energética.

A estimativa anual de produção de energia elétrica da Dissertação de Mestrado em curso do aluno Helder Costa é de 100,555 MWh/ano, a estimativa dos consumos totais anuais das cargas é de 97,629MWh/ano e os consumos anuais previstos com a iluminação é de 19,256 MWh/ano.

Após a análise entre a produção anual estimada e os consumos totais anuais previstos das cargas, poder-se-á concluir que o Edifício Zero + reúne condições para atingir o balanço energético positivo.

A manutenção de toda a aparelhagem constituinte dos projetos deve ser realizada periodicamente, permitindo deste modo obter um bom rendimento e eficácia dos aparelhos, para além de conferir uma maior durabilidade dos mesmos.

6.2. Perspetivas de trabalhos e ações futuras

Dado a presente dissertação apresentar temas bastante abrangentes, de seguida serão enumerados alguns tópicos que poderão ser estudados futuramente, dando continuidade ao trabalho até aqui realizado.

- A utilização de estores motorizados no edifício poderá revelar-se importante na estação de arrefecimento. O controlo destes estores poderá ser facilmente implementado pelo sistema KNX projetado, permitindo inúmeros benefícios, tanto ao nível do conforto térmico, como ao nível do conforto visual.
- A implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais com armazenamento das águas da chuva para utilização nas instalações sanitárias, contribuem para a redução da fatura relativa aos consumos de água e preserva-se este bem essencial.
- O Edifício Zero + pode, futuramente, ser objeto de estudo em outras áreas, nas quais podem ser realizadas o projeto de construção, projeto de segurança contra incêndios, projeto de acústica, projeto de estabilidade, projeto de águas, projeto do elevador, projeto de esgotos, entre outros.

Referências Bibliográficas

- [1] Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia, “*Directiva 2010/31/EU de 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético de edifícios*”, Jornal Oficial da União Europeia, (PT), União Europeia, 18 de Junho de 2010.
- [2] DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia <http://www.dgeg.pt/> [consultado em 4 de março de 2013].
- [3] Lisboa, Carlos; “*Net-Zero energy performance em edifícios de serviços*”, Net Zero-Energy Buildings Conference, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Lisboa, 25 de junho de 2012.
- [4] Gonçalves, Hélder; “*Net Zero Energy Buildings*”, Net Zero-Energy Buildings Conference, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Lisboa, 25 de junho de 2012.
- [5] Ministério da Economia e da Inovação, “*Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão (RTIEBT)*”, Portaria n.º 949-A/2006, de 11 de Setembro.
- [6] Norma Portuguesa “*NP EN 60529: Graus de protecção assegurados pelos invólucros (Código IP)*”, Ref. Nº NP EN 60529:1994/A1:2002.
- [7] Norma Portuguesa “*NP EN 50102: Graus de protecção assegurados pelos invólucros contra os impactos mecânicos (Código IK)*”, Ref. Nº NP EN50102:2002.
- [8] Morais, J. L. e Pereira, J. M. G. – “*Guia Técnico das Instalações Eléctricas*”. 2ª ed. Lisboa: CERTIEL – Associação Certificadora de Instalações Eléctricas, 2007. ISBN 978-972-95180-5-8.
- [9] Vilela Pinto, L. M. – “*HabitatPro – Técnica e Certificação das Instalações Eléctricas*”. Porto: Schneider Electric Portugal, 2006. ISBN-10:989-95174-0-2.
- [10] RTIEB – Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão, DGGE – Direção Geral de Geologia e Energia, 1ª Edição Anotada, ISBN 978-972-8268-37-4.
- [11] Norma Portuguesa “*NP 2365 (IEC 60502) – Cabos de cobre isolados*”.
- [12] Norma Portuguesa “*NP 2356 – Cabos isolados com policloreto de vinilo para tensões estipuladas até 450/750V*”, Ref. Nº NP 2356-5:1996.
- [13] Direção Geral de Geologia e Energia, “*Guia Técnico de Pára-Raios*”, 5ª ed. Lisboa: DGGE, 2005. ISBN-972-8268-11-4.
- [14] IEC - International Electrotechnical Commission, “*IEC 62305: Protection against lightning*”, International Standard Ref. Nº IEC 62305:2010.
- [15] Almeida, Aníbal T., “*E4 – Energy Efficient Elevators*”, s.l.: Intelligent Energy Europe – European Commission, March 2010, ISBN 978-972-8822-19-4.

- [16] Almeida, Aníbal T. [et al.] – Energy-efficient elevators and escalators in Europe: An analysis of energy efficiency potentials and policy measures. *Energy and Buildings* 47 (2012) 151-158.
- [17] ENEA, “Eficiência energética em elevadores e escadas rolantes: - opções de melhoramento da eficiência energética em elevadores e escadas rolantes”, Brochura no âmbito do Projeto E4, 2010.
- [18] ACIST – Associação Empresarial de Comunicações de Portugal, “Dossier ITED 2”, 2ª ed. Lisboa: ACIST – Associação Empresarial de Comunicações de Portugal, 2010. ISBN 978-972-99997-5-8.
- [19] Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Decreto-Lei n.º 258/2009, Diário da República nº187, 1ª Série de 25 de setembro de 2009.
- [20] Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Decreto-Lei n.º 123/2009, Diário da República nº98, 1ª Série de 21 de maio de 2009.
- [21] CENELEC – European Committee for Electrotechnical Standardization, “EN50173-1: Information technology – Generic cabling systems – Part 1: General requirements”, European Standard Ref. Nº EN 50173-1:2011.
- [22] CENELEC – European Committee for Electrotechnical Standardization, “EN50086: Conduit systems for cable management”, European Standard Ref Nº EN 50086:1994.
- [23] CENELEC – European Committee for Electrotechnical Standardization, “EN50085: Cable trunking systems and cable ducting systems for electrical installations”, European Standard Ref. Nº EN 50085:2005.
- [24] ISO – International Organization for Standardization, “ISO/IEC11801: Information technology – Generic cabling for customer premises”, International Standard Ref. Nº ISO/IEC 11801:2002.
- [25] CEN – European Committee for Standardization, “EN50073: Guide for selection, installation, use and maintenance of apparatus for the detection and measurement of combustible gases or oxygen”, European Standard Ref Nº EN50073:2002.
- [26] IEC – International Electrotechnical Commission, “IEC60794-1-1: Optical fibre cables – Part 1-1: Generic specification – General”, International Standard Ref. Nº IEC 60794-1-1:2011.
- [27] CENELEC – European Committee for Electrotechnical Standardization, “EN50310: Application of equipment bonding and earthing in buildings with information technology equipment”, European Standard Ref. Nº EN 50310:2006.
- [28] Associação KNX, disponível em <http://www.knx.org/pt/standard-knx/introducao/> [consultado em 26 de abril de 2013].

- [29] CENELEC – European Committee for Electrotechnical Standardization, “*EN50090: Home and Building Electronic Systems (HBES)*”, European Standard Ref. N° 50090:1994.
- [30] CEN – European Committee for Standardization, “*EN13321-2: Open Data Communication in Building Automation, Controls and Building Management – Home and Building Electronic Systems – Part 2: KNXnet/IP Communication*”, European Standard, Ref. N° EN13321-2:2012.
- [31] ISO – International Organization for Standardization, “*ISO/IEC14543-3: Information technology – Home electronic systems (HES) architecture – Media and media depend layers*”, International Standard Ref. N° ISO/IEC 14543-3:2007.
- [32] Catálogo ABB, “*Eficiência Energética em edifícios com KNX - Benefícios da automatização*”.
- [33] Schneider Electric Portugal - “*Catálogo KNX 2011: KNX – Componentes de sistema, actuadores, sensores e componentes de gestão centralizada*”, Schneider Electric, disponível em <http://www.schneider-electric.com/download/pt/pt/details/2491649-Catalogo-KNX-2011/?showAsIframe=false&reference=PT-Catalogo-KNX-2011>.
- [34] Catálogo 2013/ 2014 Legrand – “*Especialista mundial em infraestruturas elétricas e tecnologias de informação para edifícios*”, Legrand Eléctrica, S.A.
- [35] ABB – “*ABB i-bus KNX – Smart Home and Intelligent Building Control – Product Range Overview*”, 2013.
- [36] Hager, “*Catálogo Geral Hager*”, disponível em CD-ROM.
- [37] Almeida, António Manuel e Martins, António Gomes, *Iluminação eficiente em edifícios: a grande lacuna regulatória*, Relatório de Investigação nº16 do Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores – Coimbra (INESC Coimbra), Coimbra, Dezembro de 2009.
- [38] OSRAM, “*Iluminação: Conceitos e Projetos*”, disponível em: http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0262/Af_Apostila_Conceitos_e_Projetos.pdf.
- [39] CEN – European Committee for Standardization, “*EN12464-1: Light and Lighting – Lighting of Work Places – Part 1: Indoor Work Places*”, European Standard Ref. N° EN 12464-1:2011, Bruxelas, Bélgica, janeiro de 2011.
- [40] CEN – European Committee for Sandardization, “*EN15193: Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting*”, European Standard Ref. N° EN 15193:2007, Bruxelas, Bélgica, setembro de 2007.
- [41] EEE – Empresa de Equipamento Eléctrico, “*Catálogo Geral 2011 EEE WHITE & BLACK*”, disponível em:

- <http://www.eee.pt/pt/downloads/downloads/scripts/core.htm?p=downloads&f=downloads&lang=pt>.
- [42] Direção Geral de Energia – Ministério da Economia, “*Eficiência Energética nos Edifícios*”, Brochura de divulgação no âmbito do Programa E4 – Eficiência Energética e Energias Endógenas, Lisboa, Fevereiro de 2002, ISBN: 972-8268-25-4.
- [43] ADENE – Agência para a Energia.
- [44] ADENE, “*EPBD (recast) e as implicações para Portugal*”, Net-Zero Energy Buildings Conference, Lisboa, 26 de junho de 2012.
- [45] Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, “*Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)*”, Decreto-Lei n.º 80/2006, Diário da República n.º67: 2468-2513 – I Série-A de 4 de abril de 2006.
- [46] Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações “*Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)*”, Decreto-Lei n.º 79/2006, Diário da República n.º67: 2416-2468 – I Série-A de 4 de abril de 2006.
- [47] Ministério da Economia e da Inovação, “*Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)*”, Decreto-Lei n.º 78/2006, Diário da República n.º67:2411-2415 – I Série-A de 4 de abril de 2006.
- [48] Edifícios e Energia, “*Nova Regulamentação Térmica aprovada em Conselho de Ministros*”. <http://www.edificioseenergia.pt/pt/noticia/nova-regulamentacao-termica-a-caminho-do-conselho-de-ministros>. [consultado em 14 de julho de 2013].
- [49] Moita, Francisco – “*Energia Solar Passiva*”, (volumes 1 e 2), DGE, 1987.
- [50] Amorim, Cláudia – “*Desempenho térmico de edificações e simulação computacional no contexto da arquitetura bioclimática: - Estudo de caso na região de Brasília*”, Brasília: Universidade de Brasília, 1998.
- [51] Gonçalves, H. e Graça, J. M. - “*Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*”. Lisboa: INETI, 2004.
- [52] Lanham, Ana e Gama, Pedro e Braz, Renato – “*Arquitetura Bioclimática: - Perspectivas de inovação e futuro*”. Lisboa: Seminários de Inovação, Instituto Superior Técnico, 2004.
- [53] Instituto Geofísico da Universidade de Coimbra, disponível em <http://www.ci.uc.pt/iguc/> [consultado em 6 de maio de 2013].
- [54] Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território – Agência Portuguesa do Ambiente, Atlas do Ambiente, Sistema de Informação Geográfica do ambiente Físico, disponível em <http://sniamb.apambiente.pt/webatlas/> [consultado em 5 de maio de 2013].

- [55] Coelho, Carlos Manuel de Campos - *“Eficiência Energética em Edifícios Escolares: - Análise de Consumos de Energia e de Técnicas Passivas Aplicáveis”*, Coimbra: Universidade de Coimbra, 2007. Tese de Mestrado.
- [56] Tavares, Paulo Filipe de Almeida Ferreira - *“Concepção de Edifícios Energeticamente Eficientes. Uma Contribuição Metodológica Baseada em Simulação Computacional”*, Coimbra: Universidade de Coimbra, 2004. Tese de Mestrado.
- [57] Ribeiro, Artur Manuel da Silva, *“Concepção de edifícios energeticamente eficientes com incorporação de energias renováveis”*, 2008.
- [58] Panagopoulos, T. - *“Using microclimatic landscape to create thermal comfort and energy efficiency”*. Faro: ESTUA – 1ª Conferência sobre edifícios eficientes, 2008.
- [59] Martins, António Gomes – *“Utilização eficiente de energia em edifícios: – Introdução ao aproveitamento passivo da energia solar”*. Coimbra: DEEC-FCTUC, Apontamentos GEEL, 2012.
- [60] CEN – European Committee for Standardization, *“EN13162: Thermal insulation products for buildings – Factory made mineral wool (MW) products – Specification”*, European Standard Ref. N° EN13162:2012.
- [61] CEN – European Committee for Standardization, *“EN13163: Thermal insulation products for buildings – Factory made expanded polystyrene (EPS) products – Specification”*, European Standard Ref. N° EN13163:2012.
- [62] CEN – European Committee for Standardization, *“EN13164: Thermal insulation products for buildings – Factory made extruded polystyrene foam (XPS) products – Specification”*, European Standard Ref. N° EN13164:2012.
- [63] CEN – European Committee for Standardization, *“EN13165: Thermal insulation products for buildings – Factory made rigid polyurethane foam (PUR) products – Specification”*, European Standard Ref. N° EN13165:2012.
- [64] CEN – European Committee for Standardization, *“EN13166: Thermal insulation products for buildings – Factory made phenolic foam (PF) products – Specification”*, European Standard Ref. N° EN13166:2012.
- [65] CEN – European Committee for Standardization, *“EN13167: Thermal insulation products for buildings – Factory made cellular glass (CG) products – Specification”*, European Standard Ref. N° EN13167:2012.
- [66] CEN – European Committee for Standardization, *“EN13168: Thermal insulation products for buildings – Factory made wood wool (WW) products – Specification”*, European Standard Ref. N° EN13168:2012.

- [67]CEN – European Committee for Standardization, “*EN13169: Thermal insulation products for buildings – Factory made expanded perlite board (EPB) products – Specification*”, European Standard Ref. N° EN13169:2012.
- [68]CEN – European Committee for Standardization, “*EN13170: Thermal insulation products for buildings – Factory made products of expanded cork (ICB) – Specification*”, European Standard Ref. N° EN13170:2012.
- [69]CEN – European Committee for Standardization, “*EN13171: Thermal insulation products for buildings – Factory made wood fibre (WF) products – Specification*”, European Standard Ref. N° EN13171:2012.
- [70]Almeida, M. G. e Silva, Sandra M. – “*Climatização e Instalações das construções II – Térmica de Edifícios*”. Guimarães: Universidade do Minho, 2005.
- [71]Teixeira, Arminio, “*Eficiência Energética das Instalações de Iluminação*”. Porto: Universidade de Porto, DEEC – UP, 2006.
- [72]Electrónica, disponível em: <http://www.electronica-pt.com/> [consultado em 25 de junho de 2013].
- [73]Direção Geral de Energia – Ministério da Economia, “Regulamento de Segurança das Instalações de Utilização de Energia Eléctrica (RSIUEE), Decreto-Lei n.º740/74., de 26 de Dezembro.

Anexos

Anexo A - Legislação e Certificação

A.1. Legislação Europeia

A.1.1. Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)

A Diretiva 2010/31/EU [1] relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação), veio alterar a Diretiva 2002/91/CE, introduzindo alterações significativas. A nova diretiva tem como principal objetivo promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios da União Europeia e frações autónomas.

No âmbito desta disposição, os Estados Membros devem estabelecer requisitos mínimos de desempenho energético, tanto nos edifícios/frações novos, como existentes (quando haja intervenção). Os elementos construtivos da envolvente dos edifícios também devem satisfazer os requisitos mínimos sempre que forem substituídos ou renovados para alcançar níveis ótimos de rentabilidade exigidos.

Nos edifícios novos, antes da construção, deve ser realizado um estudo da viabilidade técnica, ambiental e económica de sistemas alternativos de elevada eficiência (sistemas descentralizados baseados em energias renováveis, cogeração, redes urbanas ou coletivas de aquecimento ou arrefecimento baseadas em energias renováveis e bombas de calor).

Quanto aos edifícios existentes, sempre que haja grandes renovações, o desempenho energético deve ser melhorado. Nestes edifícios, deverá existir um incentivo à análise de sistemas alternativos de elevada eficiência.

Os requisitos relativos aos sistemas técnicos dos edifícios são estabelecidos para instalações novas, substituições ou melhoria de existentes e aplicados sempre que possível no ponto de vista técnico, económico e funcional. Serão abrangidos os sistemas de aquecimento, sistemas de águas quentes sanitárias (AQS), sistemas de ar condicionado, grandes sistemas de ventilação ou uma combinação destes sistemas.

O grande desafio imposto pela diretiva são os edifícios com necessidades quase nulas de energia, em que a partir de 31 de dezembro de 2018 todos os novos edifícios públicos devem ser edifícios com necessidades quase nulas de energia (nZEB) e a partir de 31 de dezembro de 2020 todos os edifícios novos sejam também nZEB. A disposição incentiva ainda, através de um plano nacional, à transformação dos edifícios existentes [1].

Os edifícios terão de possuir um certificado de desempenho energético que deverá incluir informações de consumos energéticos, percentagem de energia proveniente de fontes renováveis, assim como, recomendações de melhoria da rentabilidade.

A emissão dos certificados de desempenho energético é necessária na construção, venda ou arrendamento de um edifício/fração. O certificado de desempenho deve ser afixado em local de destaque, nos edifícios abertos ao público com área superior a 500 m² (250 m² a partir de 9 de julho de 2015).

As inspeções periódicas a equipamentos e sistemas de aquecimento são necessárias para caldeiras com potência nominal útil superior a 20 kW. Nos sistemas de ar condicionado, a inspeção periódica é imposta para uma potência nominal útil superior a 12 kW.

Os certificados de desempenho energético dos edifícios e a inspeção dos sistemas devem ser efetuados por peritos qualificados independentes e acreditados para o efeito.

Deverá ser estabelecido um sistema de controlo independente dos certificados de desempenho energético e dos relatórios da inspeção. A escolha dos processos deve ser aleatória.

A transposição da diretiva para a legislação nacional foi aprovada em Conselho de Ministros a 14 de julho de 2013, faltando, até à data, ser promulgada.

A.2. Legislação Portuguesa

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [45], assim como, o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios (RSECE) [46] e Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) [47] correspondem à transposição da Diretiva 2002/91/CE para a legislação nacional.

A.2.1. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

O RCCTE [45] veio estabelecer padrões de qualidade energética da construção de novos edifícios habitacionais e de pequenos edifícios de serviços com área útil igual ou inferior a 1000 m² e sem sistema de climatização ou com potência nominal igual ou inferior a 25 kW. O regulamento aplica-se também a grandes remodelações ou alterações da envolvente ou em instalações de águas quentes sanitárias dos edifícios referidos anteriormente, bem como, em ampliações de edifícios existentes.

Realçam-se os requisitos ao nível das características da envolvente (paredes, pavimentos, coberturas, envidraçados). O regulamento obriga a instalação de coletores solares, valorizando também o uso de outras energias de fonte renovável na análise do desempenho energético do edifício.

O RCCTE define vários índices e parâmetros de caracterização do comportamento térmico dos edifícios, tais como, necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}), para

arrefecimento (Nvc) e para produção de AQS (Nac), necessidades globais de energia primária para climatização e AQS (Ntc), bem como pelos parâmetros complementares, os coeficientes de transmissão térmica superficiais e lineares, classe de inércia térmica do edifício ou fração autónoma, fator solar dos vãos envidraçados e taxa de renovação de ar. Para melhor aplicação, o País é dividido em zonas climáticas de Verão e de Inverno.

O regulamento impõe limites de consumos energéticos para climatização (necessidades nominais de energia útil para aquecimento e arrefecimento) e para produção de águas quentes sanitárias (AQS). Limita ainda as necessidades nominais globais de energia primária do edifício e requer mínimos de qualidade térmica dos edifícios.

No cálculo dos índices e parâmetros (Nic,Nvc,Nac, Ntc) utilizam-se condições interiores de referência, em que a temperatura ambiente de conforto na estação de aquecimento é de 20 °C, na estação de arrefecimento é 25 °C, a taxa de referência de 0,6 renovações de ar por hora e um consumo diário de 40 litros de água quente a 60 °C por pessoa.



Figura 18: Medidas a serem implementadas no RCCTE Fonte: [43]

A.2.2. Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios

O RSECE [46] define condições de conforto térmico e de higiene requeridos para os espaços dos edifícios de acordo com as tarefas a desenvolver no espaço, pretende melhorar os níveis de eficiência energética global dos edifícios em todos os tipos de consumos de energias, avançando com limitações efetivas para padrões aceitáveis. O regulamento também impõe regras de eficiência nos sistemas de climatização, de forma a permitir um melhor desempenho energético efetivo e assegurar os meios para uma boa qualidade do ar interior. O regulamento propõe ainda a monitorização das práticas de manutenção dos sistemas de climatização no contexto da eficiência energética e da qualidade do ar interior.

Os requisitos definidos pelo RSECE aplicam-se a todos os grandes edifícios de serviços existentes com área útil superior a 1000 m², no caso de centros comerciais, supermercados, hipermercados e piscinas aquecidas cobertas, aplica-se a áreas superiores a 500 m². Para o licenciamento de todos os grandes edifícios de serviços novos e pequenos edifícios de serviços novos, o regulamento aplica-se para uma potência instalada superior a 25 kW na climatização. O regulamento aplica-se ao licenciamento de todos os edifícios ou frações autónomas residenciais novos para uma potência instalada superior a 25 kW na climatização. De referir que os requisitos da qualidade do ar interior (QAI) aplicam-se a pequenos edifícios de serviços existentes e em todos os edifícios ou frações autónomas. Dependendo da tipologia do edifício, é imposto um valor máximo dos consumos energéticos efetivos em climatização, iluminação e em equipamentos típicos de acordo com a função do espaço, nomeadamente águas quentes sanitárias e elevadores, impondo requisitos mínimos na manutenção dos sistemas, de QAI e da monitorização.

O RSECE estabelece que desde a construção até ao fim de vida do edifício, a diminuição dos consumos energéticos é uma obrigação e um objetivo de todos os intervenientes, bem como, os níveis de qualidade do ar interior. Todos os edifícios abrangidos pelo regulamento têm de ser auditados por técnicos ou empresas devidamente credenciadas. Os requisitos energéticos, os planos de manutenção da qualidade do ar interior, assim como, a manutenção das instalações são obrigatórios.

A.2.3. Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios

O Sistema Nacional de Cerificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) [47] pretende garantir a aplicação dos requisitos impostos para a eficiência energética, uso de sistemas de energias renováveis e qualidade do ar interior, garantir a certificação do desempenho energético e da qualidade do ar interior dos edifícios, assim como, apresentar planos de melhoria a aplicar nos edifícios e sistemas energéticos, tanto ao nível do desempenho energético, como na qualidade do ar interior.

Este regulamento abrange os edifícios novos e edifícios existentes sempre que sujeitos a grandes intervenções de reabilitação. Como referido anteriormente nas especificações do RSECE, os edifícios de serviços existentes são sujeitos a auditorias periódicas. Nos contratos de venda ou arrendamento de edifícios existentes residenciais ou de serviços, o proprietário deve mostrar o Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior do edifício ou da fração autónoma.

A classificação dos edifícios ou frações autónomas seguem uma escala de 7 + 2 classes (A+, A, B, B-, C, D, E, F e G), em que a classe A+ caracteriza o edifício com o melhor desempenho energético e a classe G define o edifício com o pior desempenho energético, como se pode observar na Figura 19.

A classe energética nos edifícios existentes pode variar entre as classes A+ e G, enquanto que nos edifícios novos, a classe energética apenas varia entre as classes A+ e B-.

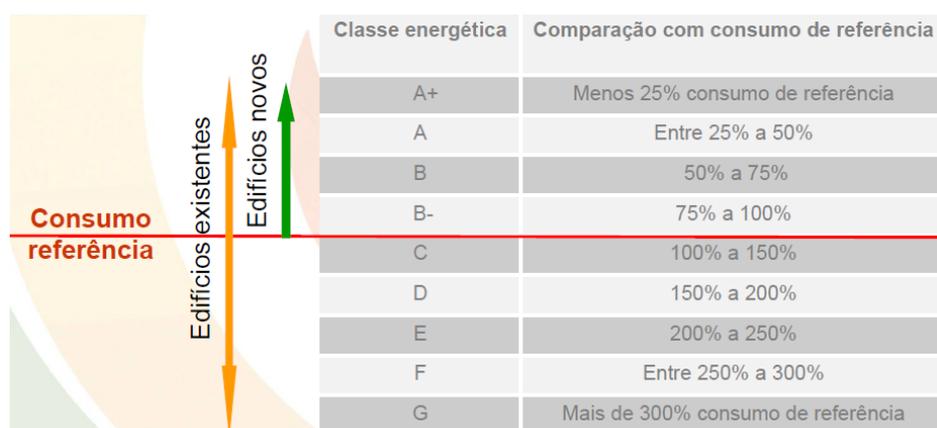


Figura 19: Classificação energética Fonte: [44]

A.2.4. Transposição do Regulamento Térmico

Com a atualização da regulamentação térmica dos edifícios aprovada em Conselho de Ministros, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) e o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, atualizam o RCCTE, RSECE e SCE [48].

Anexo B - Aproveitamento passivo de energia solar

B.1. Conceitos Bioclimáticos

○ Localização

Na escolha do local de implementação de um edifício deve ser dada atenção à insolação, aos ventos predominantes, às condições microclimáticas, à topografia do terreno, a proximidade de manchas de água e de zonas verdes, entre outros fatores [49].

▪ Energia Solar

A energia solar é um dos parâmetros fundamentais da Arquitetura Bioclimática, dependendo da duração da exposição solar e da trajetória do sol [55]. Como se pode ver pela Figura 20, a duração da exposição solar varia ao longo dos dias do ano, assim como, o ângulo de incidência dos raios solares. Tanto no hemisfério Norte, como no hemisfério Sul, aquando dos equinócios de Primavera (21 de março) e de Outono (21 de setembro), a duração do dia é igual ao da noite e o Sol nasce exatamente a Este e põe-se a Oeste, dado que o sol gira em torno da linha do Equador [50]. Durante o Solstício de Inverno (21 de dezembro), o hemisfério Norte recebe menos horas de sol, enquanto que no Solstício de Verão (21 de junho) a exposição solar é máxima.

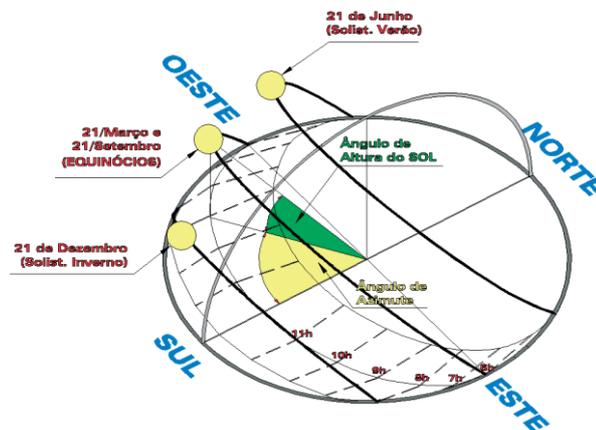


Figura 20: Trajetória do sol ao longo do ano **Fonte:** [51]

A energia solar que atinge a superfície terrestre chega de três formas diferentes:

- Radiação direta: proveniente diretamente do sol;
- Radiação difusa: radiação recebida indiretamente, resultante da interceção com partículas da atmosfera (ex. nuvens, poeiras, etc), levando a que esta radiação tenha outras direções;

- Radiação refletida: radiação proveniente da reflexão em objetos circundantes a edifícios, solo, entre outros.

Em dia de céu limpo, a radiação solar na superfície terrestre é cerca de 50% do emitido pelo sol, enquanto que num dia nublado, pode variar entre os 10% e os 100% [52].

Na Tabela 12 encontram-se os valores médios mensais de insolação no concelho de Coimbra.

Insolação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	ANO
Média [h]	4.9	5.1	6.4	6.6	7.3	8.6	9.6	9.4	7.4	5.7	4.8	4.1	6.7
%	49	47	53	50	51	58	65	69	59	51	48	43	54

Tabela 12: Valores mensais médios da insolação em Coimbra **Fonte:** [53]

Os valores de radiação média registados no concelho de Coimbra encontram-se na Tabela 13.

Radiação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	ANO
média [cal.cm2]	175	240	362	436	492	560	579	527	405	283	193	149	367

Tabela 13: Valores da radiação média em Coimbra **Fonte:** [53]

Na Figura 21 poder-se-á observar a insolação média anual no concelho de Coimbra.

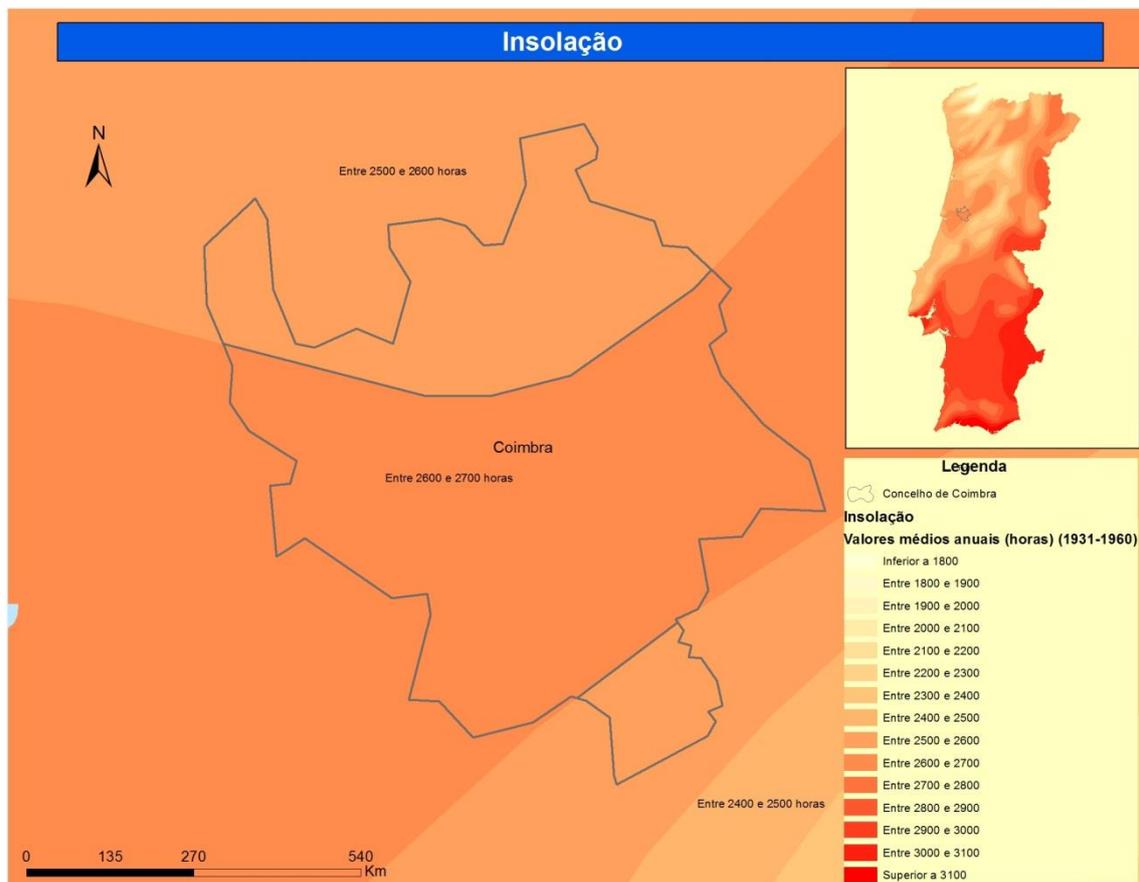


Figura 21: Insolação média anual do concelho de Coimbra **Fonte:** [54]

- Temperatura

A temperatura está diretamente relacionada com a radiação solar, da altitude, da natureza do solo, do vento, bem como da proximidade de grandes manchas de água e humidade relativa do ar. Estes dois últimos fatores atenuam as amplitudes térmicas. Um clima quente e húmido tem uma amplitude térmica baixa.

No caso do concelho de Coimbra, os valores da temperatura média são dados na Tabela 14.

Temp.[°C]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	ANO
média	9.5	10.7	12.3	13.4	15.6	18.8	20.8	20.7	19.3	16.2	12.7	10.7	15.1
méd. max.	14.1	15.7	18.3	19.2	21.6	25.5	28.4	28.7	26.7	22.0	17.4	14.7	21.0
méd. min.	5.9	7.0	7.7	8.9	11.0	13.8	15.5	15.4	14.4	12.0	9.0	7.4	10.7

Tabela 14: Valores da temperatura média em Coimbra **Fonte:** [53]

- Humidade Relativa do Ar

A humidade do ar é a relação entre a quantidade de vapor de água no ar e o ar saturado (quantidade máxima de vapor que o ar pode conter) [50][52]. Os valores da humidade são afetados pela temperatura do ar, exposição solar, vento, vegetação, tipo de solo, mas essencialmente pela precipitação.

A humidade relativa está estritamente relacionada com a temperatura de bolbo seco. Os valores de humidade relativa atingem o valor mais elevado durante a madrugada, ao passo que a temperatura regista o seu valor mínimo. Quando a temperatura de bolbo seco atinge o valor máximo, a humidade relativa é mínima.

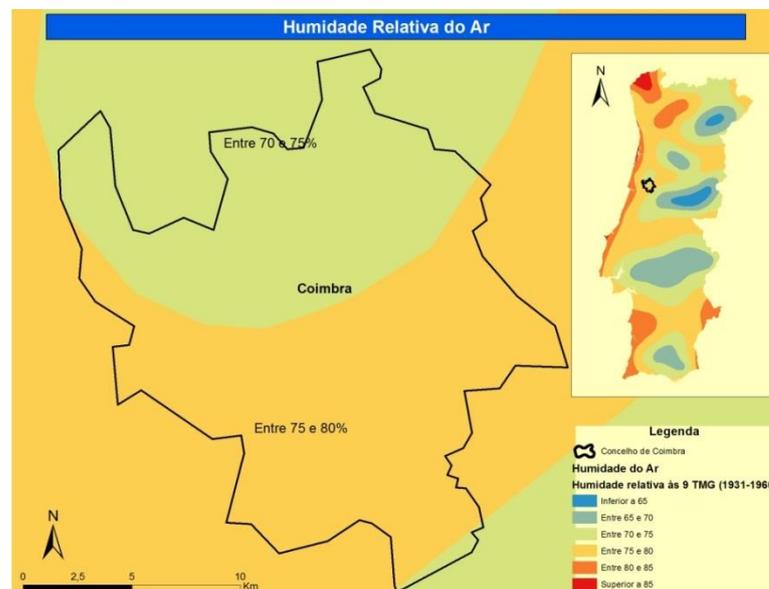


Figura 22: Humidade média relativa do ar do concelho de Coimbra **Fonte:** [54]

Os valores de humidade relativa do ar registados no concelho de Coimbra são apresentados na Tabela 15 e podem ser observados na Figura 22.

Humidade Relat. [%]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	ANO
	80	78	74	75	77	75	73	73	74	78	80	81	77

Tabela 15: Humidade relativa mensal em Coimbra **Fonte:** [53]

- Vento

Os ventos são movimentos de grandes massas de ar de zonas de alta pressão para zonas de baixa pressão, conferindo uma vantagem de Verão (arrefecimento da atmosfera), mas uma desvantagem no Inverno.

O vento é caracterizado pela rosa-dos-ventos, a qual fornece informação acerca da velocidade, frequência e direção dos ventos.

Para o concelho de Coimbra, esta informação é dada na Tabela 16.

Vento	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	ANO
Vel. Média [Km/h]	9.8	9.7	9.4	9.2	8.8	8.3	8.2	8.0	7.6	8.5	9.0	10.7	8.9
Direção Predominante	SE	SE	NO	NO/ SE	S	SE							
Duração [h]	138.7	107	126.7	138.3	177.5	178.7	257.2	233.5	157.9	101.4/ 107	98.2	133.3	

Tabela 16: Valores mensais médios e direção predominante do vento em Coimbra **Fonte:** [53]

- Vegetação

A vegetação permite a criação de um microclima em torno do edifício, pois o uso de vegetação e de árvores colocadas em zonas estratégicas permite um controlo da temperatura do ar e dos ventos.

Nos quadrantes dos ventos predominantes, devem ser colocadas árvores de folha persistente e densa, de forma a garantir uma barreira de proteção. Nos restantes quadrantes, deverão ser colocadas árvores de folha caduca, permitindo uma radiação solar máxima nas fachadas de Inverno e sombreamento de Verão.

- Manchas de água

Como foi referido anteriormente, as manchas de água atenuam as amplitudes térmicas, desta forma, influenciam os microclimas ajudando a regular as variações da temperatura.

Na Figura 23 é ilustrado o número de dias de precipitação por ano no concelho de Coimbra.

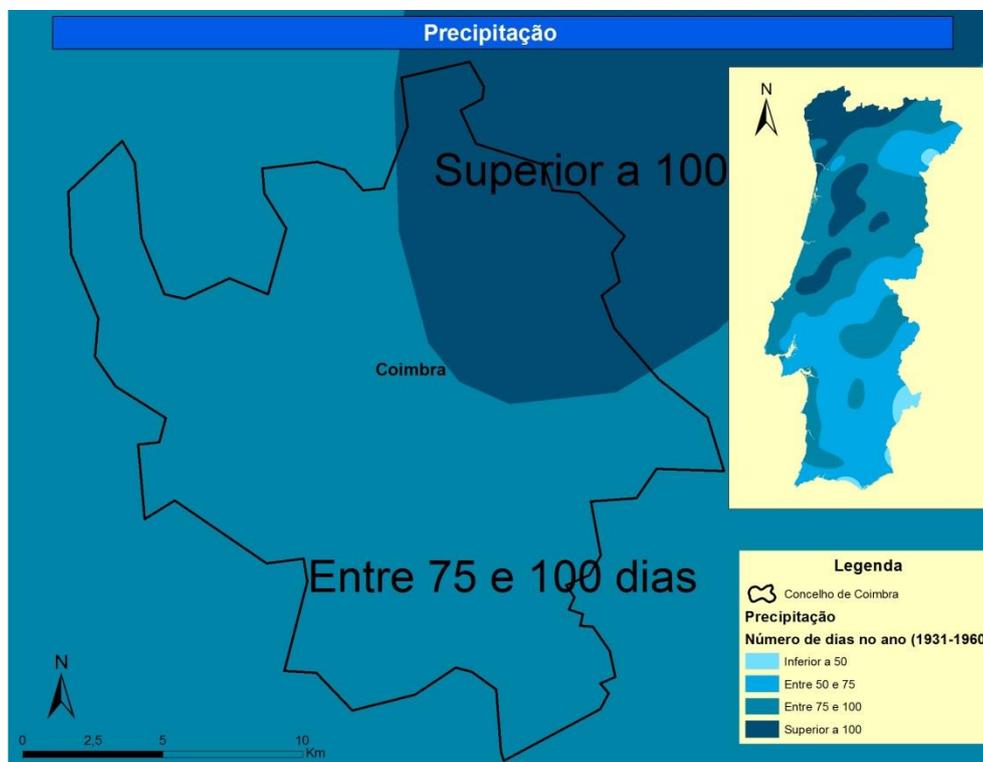


Figura 23: Número de dias de precipitação no concelho de Coimbra **Fonte:** [54]

Na Tabela 17, apresentam-se os valores médios de precipitação registados no concelho de Coimbra.

Precipitação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	ANO
0h-24h[mm]	119.6	114.2	71.9	88.6	80.6	42.6	14.4	16.5	50.8	104	113.3	139.8	956.3
Nº de dias	15	13	13	15	13	9	5	5	9	14	14	15	138

Tabela 17: Valores médios de precipitação em Coimbra **Fonte:** [53]

- Orientação

O fator mais importante a ter em conta na orientação do edifício, é a exposição solar. O edifício deverá ter a fachada virada para Sul, de forma a maximizar os ganhos solares passivos, assim como a orientação da cobertura para produção de energia. Nesta situação, deverão ser projetadas palas para sombreamento no Verão. A orientação do edifício deverá ter em conta também os ventos predominantes.

- Forma do edifício

A forma é um fator importante a considerar durante a concepção de um edifício, pois influencia as perdas térmicas. Quanto mais compacta é a forma do edifício, menores são as trocas de calor com o exterior e conseqüentemente, melhor será o balanço térmico global do edifício [59]. A forma do edifício deverá ser otimizada tendo também em consideração a direção dos ventos predominantes, frequência e intensidade.

- Envolvente

A troca de calor através da envolvente do edifício, quer por ganhos de calor indesejáveis no Verão, quer por perdas de calor de Inverno influenciam significativamente o comportamento térmico do edifício. De forma a minimizar estes efeitos indesejáveis, tanto de Verão como de Inverno, deve-se melhorar a resistência térmica dos materiais da envolvente. Na envolvente opaca (paredes, pavimento e cobertura) devem-se utilizar materiais isolantes (produtos enumerados no ponto seguintes). Quanto à envolvente envidraçada, através das janelas (vidro, caixilho e estores) devem garantir valores altos de resistência térmica e até mesmo seletividade.

- Isolamento

O isolamento é extremamente importante nos edifícios, prevenindo trocas de calor entre o interior e o exterior do edifício, tanto no Inverno como de Verão. Um bom isolamento térmico das paredes, cobertura, pavimento e envidraçados garante uma redução substancial das trocas de calor, resultando num bom nível de conforto térmico, com menores consumos de energia. Devem-se evitar as pontes térmicas, pois estas podem atingir os 30% das perdas de calor [52].

O isolamento térmico pode ser garantido com a aplicação dos seguintes produtos em edifícios:

- ✓ Lã mineral (MW) [60];
- ✓ Poliestireno expandido (EPS) [61];
- ✓ Poliestireno expandido extrudido (XPS) [62];
- ✓ Espuma rígida de poliuretano (PUR) [63];
- ✓ Espuma fenólica (PF) [64];
- ✓ Vidro celular (CG) [65];
- ✓ Lã de madeira (WW) [66];
- ✓ Perlite expandida (EPB) [67];
- ✓ Cortiça expandida (ICB) [68];
- ✓ Fibras de madeira (WF) [69].

B.2. Conforto Térmico

O conforto térmico depende de vários fatores que em conjunto determinam o bem-estar e grau de satisfação de uma pessoa. Estes fatores variam de pessoa para pessoa de acordo com o metabolismo, temperatura da pele e da roupa a usar, dependem do ambiente envolvente à pessoa, nomeadamente da temperatura do ar, da humidade relativa e da velocidade do ar, podem ainda ser culturais (hábitos e educação) e psicológicos. O RSECE determina que a referência das condições ambiente de conforto para a estação de aquecimento (Inverno) é de 20°C de temperatura do ar e para a estação de arrefecimento (Verão), uma temperatura de 25°C e 50% de humidade relativa [46].

O conforto térmico é um aspeto muito importante a considerar num edifício, pois um desconforto dos ocupantes implica distrações, baixos níveis de concentração e conseqüentemente um abaixamento da produtividade. Para garantir um nível elevado de conforto térmico, o estudo de um edifício deverá ter em consideração a localização, a orientação, a forma, a envolvente e o isolamento do edifício.

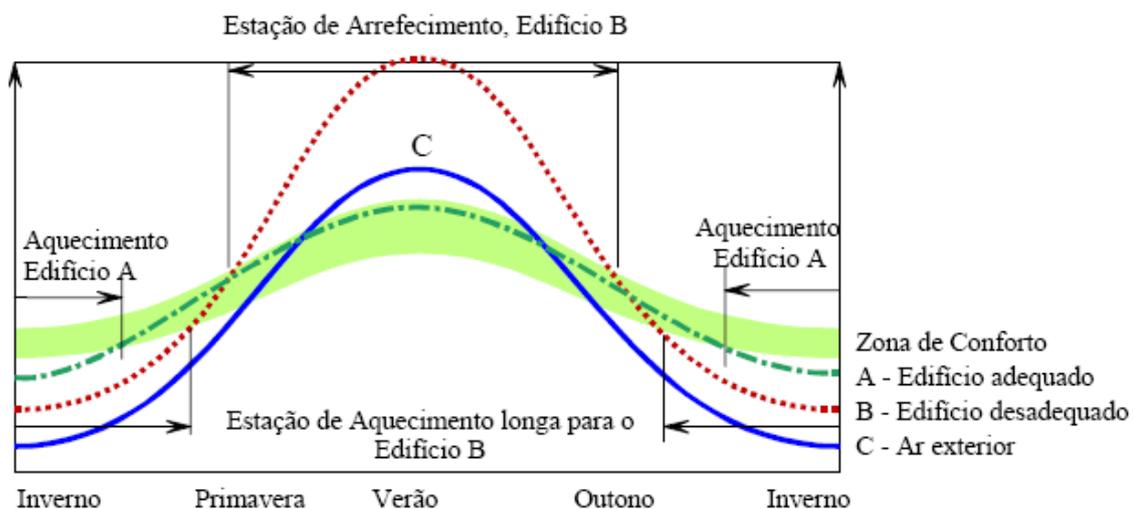


Figura 24: Evolução da temperatura num edifício passivo durante o ano (hemisfério norte) **Fonte:** [70]

B.3. Conforto Visual

O conforto visual é uma condição a atingir nos edifícios. Para além de conferir bem-estar, é um dos fatores que determina os níveis de produtividade. Iluminar muito não é sinónimo de iluminar bem, pois o brilho excessivo e o ofuscamento levam a perturbações psicológicas e problemas de concentração e de visão, prejudicando deste modo as tarefas a desenvolver. O conforto visual depende da iluminação natural, dado que esta apresenta um largo espectro magnético [38]. Neste contexto, a conceção dos edifícios deve ter em conta uma combinação entre iluminação natural e iluminação artificial.

As janelas são um elemento essencial para a iluminação interior dos edifícios, mas devem ser dotadas de sistemas de sombreamento para evitar o excesso de brilho e um desconforto térmico na estação de arrefecimento. Os edifícios podem ser ainda dotados de aberturas zenitais ou sistemas de redirecionamento de luz que permitem uma uniformização da distribuição da iluminação ao contrário das aberturas laterais. A segregação de circuitos é uma estratégia que permite uma melhor otimização e rentabilização dos sistemas de iluminação, pois separa os circuitos de iluminação que se encontram junto das entradas de luz natural dos restantes. Quanto ao papel da automatização na iluminação é assegurada uma luminosidade agradável ao longo do dia, adaptada às variações da luz natural nos vários espaços, permitindo um bom nível de conforto e poupanças energéticas.

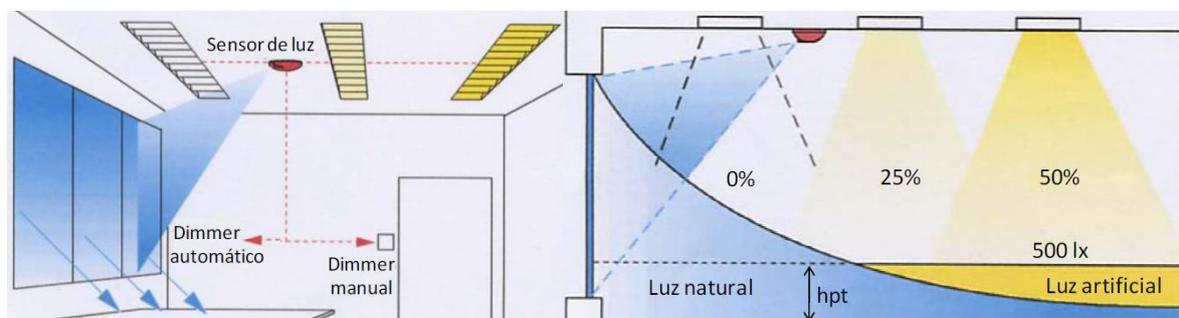


Figura 25: Sistema de iluminação controlado por sensor crepuscular **Fonte:** Adaptado de [71]

B.4. Zona Climática

As características bioclimáticas variam de clima para clima, tanto na estação de arrefecimento, como na estação de aquecimento. Desta forma, o RCCTE divide o país em três zonas climáticas de Inverno (I1, I2 e I3) e em três zonas climáticas de Verão (V1, V2 e V3) [45]. A carta bioclimática de Baruch Givoni recorre a um diagrama psicométrico para definir a estratégia a utilizar em cada zona climática.

No caso específico de Coimbra, em que se encontra numa zona climática I1 V2 (Figura 26), na estação de aquecimento (Inverno), deve-se fomentar os ganhos solares (zona H) e uma inércia forte e restringir as perdas por condução (zona H). Para a estação de arrefecimento (Verão), deve-se restringir os ganhos solares (zonas V, EC, AC e M), os ganhos por condução e fomentar a ventilação (zona V) e uma inércia forte (paredes com isolamento pelo exterior). A zona N indica a zona de conforto e a zona AC indica que não é possível atingir o conforto térmico sem recurso a meios passivos [51].

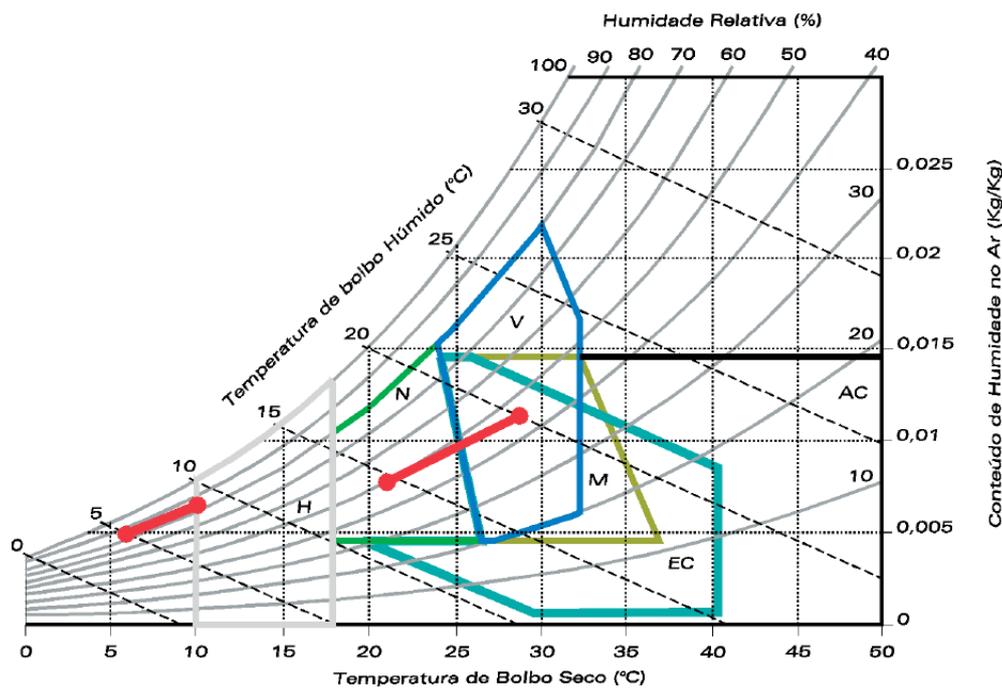


Figura 26: Carta Bioclimática de Baruch Givoni para Coimbra (I1 V2) Fonte: [51]

Anexo C – Constituição do edifício

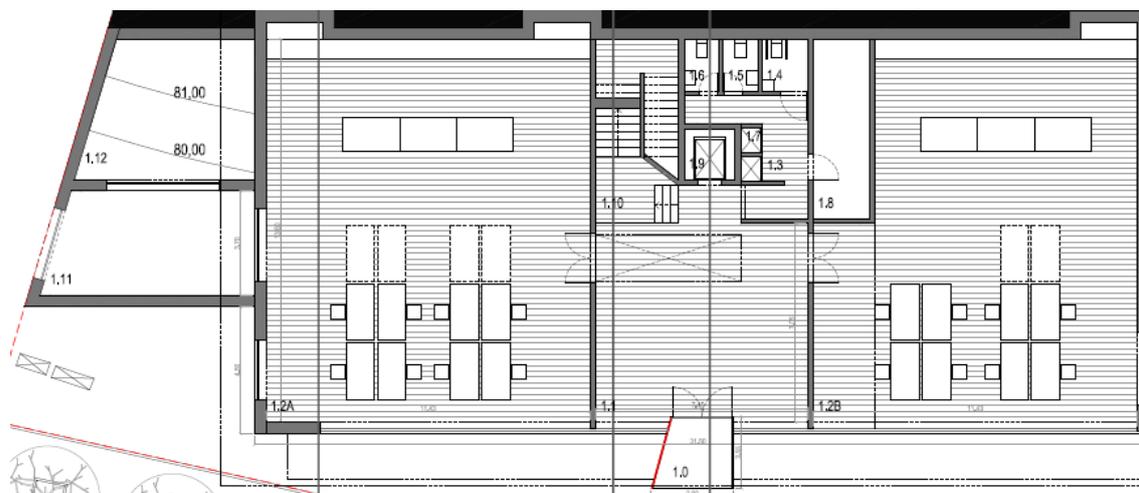


Figura 27: Planta Piso 0

- | | | |
|-----------------------------|------------------------|---------------------|
| 1.0. Área Exterior Coberta; | 1.4. I.S. Deficientes; | 1.9. Elevador; |
| 1.1. Entrada; | 1.5. I.S. Homens; | 1.10. Escadas; |
| 1.2A. Laboratório A; | 1.6. I.S. Mulheres; | 1.11. Pátio; |
| 1.2B. Laboratório B; | 1.7. Espaço Técnico; | 1.12. Área Técnica. |
| 1.3. Circulação; | 1.8. Área Técnica; | |



Figura 28: Planta Piso 1

- | | | |
|-------------------------|------------------------|---------------------|
| 2.1. Ponto de encontro; | 2.6. Sala de Projetos; | 2.11. Distribuição; |
| 2.2. Gabinete; | 2.7. Poço de luz; | 2.12. I. S. Homens; |
| 2.3. Sala de Reuniões; | 2.8. Sala de Projetos; | 2.13. Área Técnica; |
| 2.4. Secretariado; | 2.9. Laboratório C; | 2.14. Elevador; |
| 2.5. Gabinete Direção; | 2.10. Circulação; | 2.15. Escadas. |



Figura 29: Planta Piso 2

- | | | |
|------------------------|---------------------------|-------------------|
| 3.1. Gabinete duplo; | 3.6. Laboratório D; | 3.11. Elevador; |
| 3.2. Gabinete; | 3.7. Poço de luz; | 3.12. Circulação; |
| 3.3. Gabinete duplo; | 3.8. Circulação; | 3.13. Escadas. |
| 3.4. Sala de Projetos; | 3.9. Inst. San. Mulheres; | |
| 3.5. Sala de Projetos; | 3.10. Área Técnica; | |



Figura 30: Planta Piso 3

- | | | |
|--------------------|-------------------|----------------|
| 4.1. Gabinete; | 4.4. Gabinete; | 4.7. Elevador. |
| 4.2. Arrumo; | 4.5. Poço de luz; | |
| 4.3. Área Técnica; | 4.6. Circulação; | |

Anexo D – Classificação do edifício

A Categoria do edifício é determinada em função do número de pessoas estimado que possam vir a ocupar os diferentes espaços, como se mostra na Tabela 18.

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

Tabela 18: Categoria de Edifícios em função da lotação **Fonte:** RTIEBT [5]

O cálculo da lotação nos locais sem lugares ou postos de trabalhos fixos, é realizado de acordo com os índices de ocupação da Tabela 19.

Locais	Índice de ocupação [pessoas/m²]
Espaço de ensino não especializado	0,7
Salas de reunião, de estudo ou de leitura	0,5
Salas de convívio e refeitório	1
Gabinetes	0,1
Secretarias	0,2
Recintos gimnodesportivos:	
• zona de atividades	0,2
• balneários e vestiários	1
Bares (zona de consumo)	2

Tabela 19: Índice de ocupação para locais de Edifícios do tipo Escolar **Fonte:** [5]

Nos locais sem lugares ou postos de trabalho fixos:

ESPAÇO	ÁREA [m ²]	ÍNDICE [m ² /pessoas]	LOTAÇÃO [pessoas]
Gabinete Projetos 2.6	50.30	0.1	6
Gabinete Projetos 3.4	50.30	0.1	6
Gabinete Projetos 2.8	40.10	0.1	5
Gabinete Projetos 3.5	40.10	0.1	5
Laboratório 1.2A	155.38	0.1	16
Laboratório 1.2B	141.30	0.1	15
Laboratório 2.9	75.95	0.1	8
Laboratório 3.6	75.95	0.1	8
Secretaria 2.4	18.70	0.2	4
Sala de reuniões	38.20	0.5	20
TOTAL			93

Tabela 20: Cálculo da Lotação do Edifício para locais sem lugares ou postos de trabalho fixos

Nos locais com lugares ou postos de trabalhos fixos:

ESPAÇO	Nº DIVISÕES	LOTAÇÃO [pessoas]
Gabinete Direção	1	1
Gabinete 2.1, 2.2, 3.2, 4.1 e 4.4	12	12
Gabinetes Duplos 3.1 e 3.3	3	6
TOTAL		19

Tabela 21: Cálculo da Lotação do Edifício para locais com lugares ou postos de trabalho fixos

O Edifício Zero + terá uma lotação estimada de 112 pessoas (soma dos resultados obtidos da Tabela 20 e 21). Desta forma, enquadra-se nos edifícios de 4ª Categoria.

Anexo E – Influências externas

Espaço	IP	IK	Temperatura	Condições Climáticas	Água	Corpos Sólidos	Influências Eletromagnéticas	Radiações Solares	Vibração	Competência Pessoas	Resistência Pessoas
Gabinetes	IP20	IK04	AA5	AB5	AD1	AE1	AM1	AN1	AH1	BA4	BB1
Salas Projeto	IP20	IK04	AA5	AB5	AD1	AE1	AM1	AN1	AH1	BA4	BB1
Sala Reuniões	IP20	IK04	AA5	AB5	AD1	AE1	AM1	AN1	AH1	BA4	BB1
Laboratórios	IP20	IK04	AA5	AB5	AD1	AE1	AM6	AN1	AH2	BA4	BB1
Instalações Sanitárias	IP20	IK04	AA5	AB5	AD2	AE1	AM1	AN1	AH1	BA4	BB1
Circulações	IP20	IK04	AA5	AB5	AD1	AE1	AM1	AN1	AH1	BA4	BB1
Salas Técnicas	IP20	IK04	AA5	AB5	AD1	AE1	AM3	AN1	AH1	BA5	BB1
Arrumos	IP20	IK04	AA5	AB5	AD1	AE1	AM1	AN1	AH1	BA4	BB1
Exterior	IP65	IK09	AA7	AB4	AD4	AE2	AM6	AN3	AH2	BA4	BB2

Tabela 22: Influências externas quanto ao ambiente e utilização

Anexo F – Cálculos justificativos do projeto de instalações elétricas

F.1. Dimensionamento das instalações

A distribuição da potência deverá ser efetuada de forma equilibrada por cada fase do sistema trifásico que alimenta as instalações.

F.1.1. Cálculo das quedas de tensão admissíveis

Pelo Quadro 520 da secção 525 das RTIEBT, as quedas de tensão máximas admissíveis das canalizações têm os seguintes valores:

- 6% para circuitos de Iluminação;
- 8% para os circuitos de Outros Usos.

Estes valores indicados devem-se ao facto de as instalações poderem ser alimentadas a partir do Posto de Transformação (PT) do DEEC.

Sempre que possível, as quedas de tensão nos circuitos finais devem ser limitadas aos seguintes valores:

- 3% para circuitos de Iluminação;
- 5% para os circuitos de Outros Usos.

Os cálculos da máxima queda de tensão admissível são determinados pelas equações 2.2 e 2.3, a partir da equação 2.1.

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (2.1)$$

Sistema monofásico:

$$\Delta U = 2l * (R * \cos(\varphi) + X * \sin(\varphi)) * I_B \quad (2.2)$$

Sistema trifásico:

$$\Delta U = \sqrt{3} * l * (R * \cos(\varphi) + X * \sin(\varphi)) * I_B \quad (2.3)$$

Em que:

ρ – é a resistividade do condutor (0,0225 para o cobre a 25°C) [$\Omega \cdot mm^2 / m$];

l – é o comprimento do condutor [km];

S – é a secção do condutor [mm^2];

I_B – é a corrente de serviço [A];
 $\cos(\varphi)$ – é o fator de potência;
 ΔU – é a queda de tensão relativa [%].

O cálculo das quedas de tensões encontra-se no Anexo F.4. e os resultados obtidos das quedas de tensão encontram-se dentro da gama de valores referidos anteriormente.

F.1.2.Cálculo das proteções das canalizações contra sobreintensidades

Pela secção 43 das RTIEBT, a proteção contra sobreintensidades (podem ser na forma de sobrecargas ou de curto-circuitos) é feita apenas nos condutores ativos e no início da canalização.

De acordo com a secção 433.2 das RTIEBT e como calculado no Anexo F.4, a corrente estipulada do dispositivo de proteção (I_n) é menor ou igual que a corrente admissível na canalização (I_z).

Todos os condutores devem cumprir as normas portuguesas NP 2365 [11] e NP 2356 [12] e os valores considerados de I_z devem ser os indicados pelas tabelas das RTIEBT.

As condições utilizadas no cálculo das proteções das canalizações foram as equações 2.4 e 2.5.

$$I_B \leq I_n \leq I_z \quad (2.4)$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_z \quad (2.5)$$

Em que,

I_B é a corrente de serviço admissível do circuito [A];

I_n é a corrente estipulada do dispositivo de proteção [A];

I_z é a corrente admissível na canalização [A];

I_2 é a corrente convencional de funcionamento [A].

Como referido na secção 435.1 das RTIEBT e como se pode verificar no Anexo F.7., pode-se afirmar que as proteções escolhidas cumprem os requisitos e têm poder de corte superior às correntes de curto-circuito, considerando-se que os dispositivos garantem proteção contra os curto-circuitos da canalização.

F.2. Proteção para garantir a segurança

De acordo com a secção 4 das RTIEBT, a proteção de pessoas, de animais e de bens contra os perigos inerentes a instalações elétricas advém de vários aspetos importantes, nomeadamente:

- Proteção contra choques elétricos;
- Proteção contra efeitos térmicos em serviço normal;
- Proteção contra sobreintensidades;
- Proteção contra as sobretensões.

F.2.1. Proteção contra choques elétricos

A proteção contra choques elétricos é efetuada com a proteção contra contactos diretos e com a proteção contra contactos indiretos.

- Proteção contra contactos diretos

O cumprimento da secção 412.1 das RTIEBT garante a proteção contra contactos diretos.

As partes ativas dos circuitos devem ser completamente isoladas, colocadas dentro de invólucros ou atrás de obstáculos que impeçam uma aproximação intencional ou não intencional às partes ativas.

- Proteção contra contactos indiretos

Com o cumprimento das secções 413.1 e 481.3.1. das RTIEBT garante-se a proteção contra contactos indiretos.

Este sistema compreende-se com a ligação direta das massas da instalação à terra, por meio de condutores de proteção próprios e na colocação de um aparelho de proteção de corte automático da alimentação, pela corrente diferencial residual de defeito associada.

De referir, que de acordo com a secção 701.413.1.6 das RTIEBT, nas casas de banho deve-se realizar ligações equipotenciais suplementares, de forma a interligar todos os elementos condutores existentes no volume 3 (único volume a considerar, dado que nestes espaços não existem banheiras, nem chuveiros).

F.2.2. Proteção contra efeitos térmicos em serviço normal

Os equipamentos elétricos não devem constituir qualquer causa de perigo de incêndio para os materiais próximos.

As proteções contra efeitos térmicos são garantidas, mediante o cumprimento das secções 422.1 e 422.2 das RTIEBT.

F.2.3. Proteção contra sobreintensidades

As proteções contra sobreintensidades (sobrecargas e curto-circuitos) foram mencionadas anteriormente. Estas proteções são garantidas mediante o cumprimento das secções 433 e 434 das RTIEBT, sendo que estas proteções podem ser garantidas pelo mesmo dispositivo, de acordo com a secção 435.1 das mesmas regras.

Relativamente à proteção contra curto-circuitos é necessário garantir que os aparelhos de proteção utilizados possuam poder de corte suficiente para cortar a máxima corrente de curto-circuito previsível no circuito.

A intensidade nominal dos aparelhos de proteção deve ser determinada de maneira a que a corrente de curto-circuito seja cortada antes que a canalização atinja a sua temperatura limite admissível. Esta determinação deve ser feita comparando a curva característica de funcionamento do aparelho de proteção e a característica de fadiga térmica da canalização. Desta forma, o tempo de corte do aparelho de proteção deverá ser inferior ao resultado obtido a partir da equação 2.7.

$$\sqrt{t} = \frac{K*S}{I_{k3}} \quad (2.7)$$

Em que,

t é o tempo [segundos];

S é a secção dos condutores [mm²];

I_{k3} é a corrente de curto-circuito efetiva [A];

K = 115, para os condutores com alma de cobre isolado a policloreto de vinilo (PVC).

A utilização de diferenciais tem o objetivo de proteção contra curto-circuitos.

Para o cálculo da corrente de curto-circuito (Anexo F.6) utiliza-se a equação 2.8., com base no cálculo das impedâncias realizado no Anexo F.5.

$$I_{k3} = \frac{U_N * c * m}{\sqrt{3} * Z_t} = \frac{U_N * c * m}{\sqrt{3} * \sqrt{(\sum R_t)^2 + (\sum X_t)^2}} \quad (2.8)$$

Em que,

I_{k3} - é a corrente de curto-circuito trifásico;

U_N - é a tensão composta nominal;

c - é o fator de tensão;

c_{max} = 1,05 - para os cálculos da corrente máxima;

c_{min} = 0,95 - para os cálculos da corrente mínima;

R_t – é a resistência do circuito;

X_t – é a impedância do circuito;

$m = 1,05$ – fator de carga (transformador ou gerador).

F.3. Potência a alimentar

A potência aparente total é:

$$S_T = S_{CLIM} + S_{QSC} + S_{Ext} + S_{QP\ Lab.A} + S_{QP\ Lab.B} + S_{QP\ Piso\ 1} + S_{QP\ Piso\ 2} + S_{QP\ Piso\ 3}$$

$$S_T = 15 + 7 + 17 + 15 + 10 + 15 + 15,2 + 7,2 = 101,4\ kVA$$

Deste modo, a potência necessária para satisfazer as condições do Edifício Zero +, será a soma de todas as potências, que resulta em 101,4 kVA.

F.4. Cálculo das quedas de tensão

Os cálculos das correntes de serviço (I_B) efetuam-se a partir da seguinte fórmula:

$$S = \sqrt{3} * U_C * I_B \Leftrightarrow I_B = \frac{S}{\sqrt{3} * U_C}$$

De seguida, calculam-se as secções dos condutores em função do método de referência adotado para a canalização, de modo a que as características de funcionamento dos dispositivos de proteção das canalizações contra sobrecargas satisfaçam as condições 2.4 e 2.5.

$$I_B \leq I_n \leq I_z \quad (2.4)$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_z \quad (2.5)$$

A secção nominal dos condutores fase deverá obedecer as correntes admissíveis e as condições anteriores. Devido à possível distorção harmónica, a secção do condutor de neutro será igual à secção do condutor de fase. Os condutores de proteção respeitam o Quadro 54F das RTIEBT.

Relativamente ao cálculo das quedas de tensão admissíveis, o valor é determinado a partir das fórmulas 2.1 e 2.3, dado que se trata de uma instalação trifásica até aos Quadros Parciais considerados. As quedas de tensão máximas admissíveis não devem ultrapassar os valores limites referidos nas RTIEBT.

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (2.1)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * l * (R * \cos(\varphi) + X * \sin(\varphi)) * I_B \quad (2.3)$$

Quadro Geral de Baixa Tensão

$S = 101,4 \text{ kVA}$		Quadro 52H, referência 61, método de referência D
$I_B \approx 146,4 \text{ A}$	1ª condição	Condutas enterradas
$I_Z = 216 \text{ A}$	$146,4 \leq 160 \leq 216$	Quadro 52-C30
$I_N = 160 \text{ A}$	2ª condição	Canalizações enterradas
$I_2 = 256 \text{ A}$	$256 \leq 313,2$	<u>Secção nominal dos condutores</u>
$l = 100 \text{ metros}$		Condutores de fase: 70 mm^2
$\cos(\phi) = 0,9$		Condutor de neutro: 70 mm^2
$\Delta U = 8,66 \text{ V}$		Condutor de proteção: ----

Tabela 23: Resultados justificativos da instalação até ao QGBT

Quadro Serviços Comuns

$S = 12 \text{ kVA}$		Quadro 52H, referência 13, método de referência E
$I_B = 17,32 \text{ A}$	1ª condição	Cabos em caminhos de cabos perfurados
$I_Z = 43 \text{ A}$	$17,32 \leq 32 \leq 43$	Quadro 52-C9
$I_N = 32 \text{ A}$	2ª condição	Condutores isolados a policloreto de vinilo (PVC)
$I_2 = 51 \text{ A}$	$51 \leq 62,35$	<u>Secção nominal dos condutores</u>
$l = 5 \text{ metros}$		Condutores de fase: 6 mm^2
$\cos(\phi) = 0,8$		Condutor de neutro: 6 mm^2
$\Delta U \approx 0,45 \text{ V}$		Condutor de proteção: 6 mm^2

Tabela 24: Resultados justificativos da instalação entre o QGBT e o QSC

Quadro Parcial Exteriores

$S = 12 \text{ kVA}$		Quadro 52H, referência 13, método de referência E
$I_B = 17,32 \text{ A}$	1ª condição	Cabos em caminhos de cabos perfurados
$I_Z = 43 \text{ A}$	$17,32 \leq 32 \leq 43$	Quadro 52-C9
$I_N = 32 \text{ A}$	2ª condição	Condutores isolados a policloreto de vinilo (PVC)
$I_2 = 51 \text{ A}$	$51 \leq 62,35$	<u>Secção nominal dos condutores</u>
$l = 6 \text{ metros}$		Condutores de fase: 6 mm^2
$\cos(\phi) = 0,9$		Condutor de neutro: 6 mm^2
$\Delta U \approx 0,61 \text{ V}$		Condutor de proteção: 6 mm^2

Tabela 25: Resultados justificativos da instalação entre o QGBT e o QP Exteriores

Quadro Parcial Climatização

$S = 15 \text{ kVA}$		Quadro 52H, referência 13, método de referência E
$I_B = 21,65 \text{ A}$	1ª condição	Cabos em caminhos de cabos perfurados
$I_Z = 43 \text{ A}$	$21,65 \leq 32 \leq 43$	Quadro 52-C9
$I_N = 32 \text{ A}$	2ª condição	Condutores isolados a policloreto de vinilo (PVC)
$I_2 = 51 \text{ A}$	$51 \leq 62,35$	<u>Secção nominal dos condutores</u>
$l = 25 \text{ metros}$		Condutores de fase: 6 mm^2
$\cos(\phi) = 0,8$		Condutor de neutro: 6 mm^2
$\Delta U \approx 2,81 \text{ V}$		Condutor de proteção: 6 mm^2

Tabela 26: Resultados justificativos da instalação entre o QGBT e o QP Climatização

Quadro Parcial Laboratório 1.2A

$S = 15 \text{ kVA}$		Quadro 52H, referência 13, método de referência E
$I_B = 21,65 \text{ A}$	1ª condição	Cabos em caminhos de cabos perfurados
$I_Z = 43 \text{ A}$	$21,65 \leq 32 \leq 43$	Quadro 52-C9
$I_N = 32 \text{ A}$	2ª condição	Condutores isolados a policloreto de vinilo (PVC)
$I_2 = 51 \text{ A}$	$51 \leq 62,35$	<u>Secção nominal dos condutores</u>
$l = 12 \text{ metros}$		Condutores de fase: 6 mm^2
$\cos(\phi) = 0,8$		Condutor de neutro: 6 mm^2
$\Delta U \approx 1,34 \text{ V}$		Condutor de proteção: 6 mm^2

Tabela 27: Resultados justificativos da instalação entre o QGBT e o QP Laboratório 1.2A

Quadro Parcial Laboratório 1.2B

$S = 10 \text{ kVA}$		Quadro 52H, referência 13, método de referência E
$I_B \approx 14,43 \text{ A}$	1ª condição	Cabos em caminhos de cabos perfurados
$I_Z = 43 \text{ A}$	$14,43 \leq 32 \leq 43$	Quadro 52-C9
$I_N = 32 \text{ A}$	2ª condição	Condutores isolados a policloreto de vinilo (PVC)
$I_2 = 51 \text{ A}$	$51 \leq 62,35$	<u>Secção nominal dos condutores</u>
$l = 4 \text{ metros}$		Condutores de fase: 6 mm^2
$\cos(\phi) = 0,8$		Condutor de neutro: 6 mm^2
$\Delta U \approx 0,30 \text{ V}$		Condutor de proteção: 6 mm^2

Tabela 28: Resultados justificativos da instalação entre o QGBT e o QP Laboratório 1.2B

Coluna Montante

$S = 37,4 \text{ kVA}$		Quadro 52H, referência 13, método de referência E
$I_B = 53,98 \text{ A}$	1ª condição	Cabos em caminhos de cabos perfurados
$I_Z = 80 \text{ A}$	$53,98 \leq 63 \leq 80$	Quadro 52-C9
$I_N = 63 \text{ A}$	2ª condição	Condutores isolados a policloreto de vinilo (PVC)
$I_2 = 101 \text{ A}$	$101 \leq 116$	<u>Secção nominal dos condutores</u>
$l = 17 \text{ metros}$		Condutores de fase: 16 mm^2
$\cos(\phi) = 0,9$		Condutor de neutro: 16 mm^2
$\Delta U \approx 2 \text{ V}$		Condutor de proteção: 16 mm^2

Tabela 29: Resultados justificativos da instalação na Coluna Montante

Quadro Parcial Piso 1

$S = 15 \text{ kVA}$		Quadro 52H, referência 13, método de referência E
$I_B = 21,65 \text{ A}$	1ª condição	Cabos em caminhos de cabos perfurados
$I_Z = 43 \text{ A}$	$21,65 \leq 32 \leq 43$	Quadro 52-C9
$I_N = 32 \text{ A}$	2ª condição	Condutores isolados a policloreto de vinilo (PVC)
$I_2 = 51 \text{ A}$	$51 \leq 62,35$	<u>Secção nominal dos condutores:</u>
$l = 2 \text{ metros}$		Condutores de fase: 6 mm^2
$\cos(\phi) = 0,9$		Condutores de neutro: 6 mm^2
$\Delta U \approx 0,25 \text{ V}$		Condutores de proteção: 6 mm^2

Tabela 30: Resultados justificativos da instalação entre a CM e o QP Piso 1

Quadro Parcial Laboratório 2.9/ 3.6

$S = 5 \text{ kVA}$		Quadro 52H, referência 13, método de referência E
$I_B \approx 7,217 \text{ A}$	1ª condição	Cabos em caminhos de cabos perfurados
$I_Z = 34 \text{ A}$	$7,217 \leq 25 \leq 34$	Quadro 52-C9
$I_N = 25 \text{ A}$	2ª condição	Condutores isolados a policloreto de vinilo (PVC)
$I_2 = 44 \text{ A}$	$44 \leq 49,3$	<u>Secção nominal dos condutores</u>
$l = 7,5 \text{ metros}$		Condutores de fase: 4 mm^2
$\cos(\phi) = 0,9$		Condutores de neutro: 4 mm^2
$\Delta U \approx 0,47 \text{ V}$		Condutores de proteção: 4 mm^2

Tabela 31: Resultados justificativos da instalação entre o QP Piso 1/ 2 e o QP Lab 2.9/ 3.6

Quadro Parcial Piso 2

$S = 15,2 \text{ kVA}$		Quadro 52H, referência 13, método de referência E
$I_B \approx 21,94 \text{ A}$	1ª condição	Cabos em caminhos de cabos perfurados
$I_Z = 43 \text{ A}$	$21,94 \leq 32 \leq 43$	Quadro 52-C9
$I_N = 32 \text{ A}$	2ª condição	Condutores isolados a policloreto de vinilo (PVC)
$I_2 = 51 \text{ A}$	$51 \leq 62,35$	<u>Secção nominal dos condutores</u>
$l = 2 \text{ metros}$		Condutores de fase: 6 mm^2
$\cos(\phi) = 0,9$		Condutor de neutro: 6 mm^2
$\Delta U \approx 0,26 \text{ V}$		Condutor de proteção: 6 mm^2

Tabela 32: Resultados justificativos da instalação entre a CM e o QP Piso 2

Quadro Parcial Piso 3

$S = 7,2 \text{ kVA}$		Quadro 52H, referência 13, método de referência E
$I_B \approx 10,4 \text{ A}$	1ª condição	Cabos em caminhos de cabos perfurados
$I_Z = 34 \text{ A}$	$10,4 \leq 25 \leq 34$	Quadro 52-C9
$I_N = 25 \text{ A}$	2ª condição	Condutores isolados a policloreto de vinilo (PVC)
$I_2 = 44 \text{ A}$	$44 \leq 49,3$	Secção nominal dos condutores:
$l = 2 \text{ metros}$		Condutores de fase: 4 mm^2
$\cos(\phi) = 0,9$		Condutores de neutro: 4 mm^2
$\Delta U \approx 0,18 \text{ V}$		Condutores de proteção: 4 mm^2

Tabela 33: Resultados justificativos da instalação entre a CM e o QP Piso 3

F.5. Cálculo das impedâncias

Os cálculos das impedâncias, têm em conta os circuitos desde a Rede de Distribuição da EDP (Rede a Montante) até aos quadros parciais de piso do Edifício Zero +.

A rede a montante tem em consideração as seguintes equações:

$$Z_m = \frac{(m * U)^2}{S_{cc}}$$

$$X_m = 0,0995 * Z_m$$

$$R_m = 0,1 * X_m$$

A impedância no Transformador é determinada a partir das equações seguintes:

$$Z_T = \frac{(m * U)^2 * U_{CC}}{S_{CC} * 100}$$

$$X_T = 0.95 * Z_T$$

$$R_T = 0.31 * Z_T$$

A impedância das ligações entre quadros é calculada através das seguintes equações:

$$R_C = \rho \frac{l}{S}$$

$$X_C = 0.08 \frac{m\Omega}{m}$$

$$Z_C = R_C + jX_C \Leftrightarrow Z_C = \sqrt{R_C^2 + X_C^2}$$

Ligação	R [mΩ]	X [mΩ]	Z [mΩ]
Rede a Montante	0,0351	0,351	0,353
Transformador	3,472	10,64	11,2
Transformador – QGBT DEEC	0,75	1,2	1,4151
QGBT DEEC – QGBT	10,714	8,0	13,37
QGBT – QP Piso 1	2,06	0,352	2,0899
QGBT – QP Piso 2	3,891	0,664	3,947
QGBT – QP Piso 3	5,719	0,976	5,80
QGBT – QSC	6,25	0,4	6,263
QGBT – QP Climatização	31,25	2,0	31,314
QGBT – QP Exteriores	7,5	0,48	7,515
QGBT – QP Laboratório 1.2A	15	0,96	15,03
QGBT – QP Laboratório 1.2B	5	0,32	5,01
QP Piso 1 – QP Laboratório 2.9	14,063	0,6	14,076
QP Piso 2 – QP Laboratório 3.6	14,063	0,6	14,076

Tabela 34: Impedância em cada ligação entre Quadros

Na Tabela 35 apresentam-se os resultados obtidos após os cálculos das impedâncias desde a rede a montante até aos quadros.

	R [mΩ]	X [mΩ]	Z [mΩ]
Rede a montante	0.0351	0.351	0.353
Transformador	3.472	10.64	11.2
Ligação	0.75	1.2	1.4151
Disjuntor	Desprezável	$X_d = 0.15/\text{pólo}$ $= 0.15*4$ $= 0.6$	$Z_d = 0.6$
QGBT DEEC	Desprezável	Desprezável	Desprezável
Ligação	10.714	8	13.37
QGBT Edifício	Desprezável	Desprezável	Desprezável
Ligação	5.719	0.976	5.80
QP PISO 3	Desprezável	Desprezável	Desprezável

Tabela 35: Impedância dos circuitos desde a rede a montante até ao quadro parcial piso 3

F.6. Cálculo das correntes de curto-circuito

O cálculo das correntes de curto-circuito é determinado a partir da equação 2.8. Neste cálculo são consideradas todas as impedâncias desde o circuito a montante até ao respetivo quadro. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 36.

Quadro	Rt	Xt	I _{k3} [kA]
QGBT DEEC	4.2571	12.791	18.8869
QGBT Edifício	14.9711	20.791	9.93788
QP Piso 1	17.0311	21.143	9.37819
QP Piso 2	18.8621	21.455	8.91266
QP Piso 3	20.6901	21.767	8.47819
QSC	21.2211	21.191	8.48991
QP Climatização	46.2211	22.791	4.94059
QP Exteriores	22.4711	21.271	8.22868
QP Laboratório 1.2A	29.9711	21.751	6.87544
QP Laboratório 1.2B	19.9711	21.111	8.76139
QP Laboratório 2.9	31.0941	21.743	6.71053
QP Laboratório 3.6	32.9251	22.055	6.42482

Tabela 36: Corrente de curto-circuito desde a rede a montante

F.7. Poder de corte

De acordo com a Secção 434.3 das RTIEBT, o poder de corte não deve ser inferior à corrente de curto-circuito presumida no ponto em que o dispositivo for instalado. O poder de corte dos Quadros deverá seguir os valores apresentados na Tabela 37.

Disjuntor	I_{k3} [kA]	Poder de Corte [kA]
QGBT DEEC	> 18.8869	25
QGBT Edifício	> 9.93788	15
QP PISO 1	> 9.37819	15
QP PISO 2	> 8.91266	10
QP PISO 3	> 8.47819	10
QSC	> 8.48991	10
QP CLIM	> 4.94059	10
QP Ext	> 8.22868	10
QP Lab 1.2A	> 6.87544	10
QP Lab 1.2B	> 8.76139	10
QP Lab 2.9	> 6.71053	10
QP Lab 3.6	> 6.42482	10

Tabela 37: Poder de corte dos Quadros a instalar

Anexo G – Cálculos justificativos do projeto ITED

Foi utilizada a seguinte folha de cálculo para calcular as secções das tubagem.

$$D_i \geq 1,8 \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}$$

D_i - diâmetro interno da tubagem

D_n - diâmetro externo do cabo n

Insira a quantidade de cabos que atravessa o troço considerado (tubagem)

	Tipo de cabo	Quantidade [unidades]	d [mm]	n x d ²
Cabo PC	UTP 4/ cat. 6	1	6,50	42,25
	STP 4/ cat. 6			0
				0
Cabo CC	RG - 6	2	7,00	98
	RG - 7		8,08	0
	RG - 11		10,29	0
	RG - 59		6,14	0
Cabo FO	F.O. (2 fibras)	1	4,50	20,25
				0
				0
				0
n.º de cabos:		4	$D_i \geq$	22,80

$$\mathbf{D = 32}$$

Diâmetros da tubagem

diâmetro externo (D) dos tubos [mm]	diâmetro interno (Di) mínimo dos tubos [mm]
20	15 *
25	19 *
32	24 *
40	30
50	37
63	47
75	56
90	67
110	82

*, pela formula $D_i = D/1,33$

VD25 --> $D_i = 21,4$ **[mm]

VD32 --> $D_i = 27,8$ **[mm]

** , dados Legrand, para tubo VD [34]

Anexo H – Estudo luminotécnico

Luminárias utilizadas

- EEE CRLI 158/13 12034-02 BE 5440lm

Esta luminária retangular, será aplicada de forma saliente no teto dos Laboratórios do Piso 0 do Edifício Zero +. A luminária é constituída por uma placa de LEDs de Temperatura de cor 4000K, permitindo uma iluminação mais próxima da iluminação natural. De forma a reduzir os níveis de ofuscamento⁸, a luminária incorpora um difusor opalino. O fluxo total dos LEDs desta luminária é de 5440 lumens.

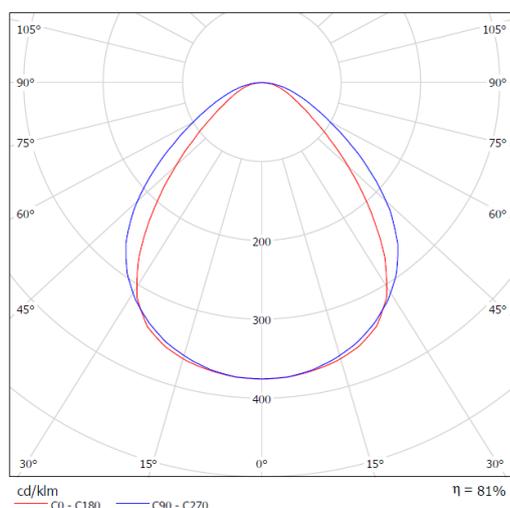


Figura 31: Fotometria da luminária EEE CRLI 158/13 12034-02 BE 5440 lm **Fonte:** [41]

Avaliação de ofuscamento seg. UGR											
p Tecto		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
p Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
p Solo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamanho da sala	X	Direcção transversal do olhar em relação ao eixo da lâmpada					Direcção longitudinal do olhar em relação ao eixo da lâmpada				
	Y										
2H	2H	17.9	19.0	18.2	19.3	19.5	20.1	21.2	20.4	21.4	21.7
	3H	18.5	19.5	18.8	19.8	20.1	21.0	22.0	21.3	22.2	22.5
	4H	18.8	19.8	19.2	20.1	20.3	21.3	22.3	21.7	22.6	22.8
	6H	19.1	20.0	19.4	20.3	20.6	21.7	22.6	22.0	22.8	23.1
	8H	19.2	20.0	19.6	20.4	20.7	21.8	22.6	22.2	22.9	23.3
4H	12H	19.3	20.1	19.6	20.4	20.7	21.9	22.7	22.3	23.0	23.3
	2H	18.4	19.4	18.7	19.6	19.9	20.3	21.2	20.6	21.5	21.8
	3H	19.2	20.0	19.6	20.3	20.7	21.3	22.1	21.7	22.5	22.8
	4H	19.7	20.4	20.0	20.7	21.1	21.9	22.6	22.3	22.9	23.3
	6H	20.0	20.6	20.4	21.0	21.4	22.3	22.9	22.7	23.3	23.7
8H	8H	20.2	20.7	20.6	21.1	21.5	22.5	23.1	23.0	23.5	23.9
	12H	20.3	20.8	20.7	21.2	21.6	22.7	23.2	23.1	23.6	24.0
	4H	19.9	20.5	20.4	20.9	21.3	22.0	22.5	22.4	22.9	23.3
	6H	20.5	20.9	20.9	21.3	21.8	22.6	23.0	23.0	23.4	23.9
	8H	20.7	21.1	21.2	21.5	22.0	22.8	23.2	23.3	23.7	24.2
12H	12H	20.9	21.2	21.4	21.7	22.2	23.1	23.4	23.6	23.9	24.4
	4H	20.0	20.5	20.4	20.9	21.3	22.0	22.5	22.4	22.9	23.3
	6H	20.6	21.0	21.0	21.4	21.9	22.6	23.0	23.1	23.4	23.9
8H	20.8	21.2	21.3	21.6	22.1	22.9	23.2	23.4	23.7	24.2	
Variação da posição do observador para as distâncias de luminária S											
S = 1.0H		+0.4 / -0.6					+0.3 / -0.3				
S = 1.5H		+0.8 / -1.1					+0.5 / -0.8				
S = 2.0H		+1.4 / -1.6					+1.2 / -1.2				
Tabel padrão		BK04					BK04				
Adicional de correcção		2.3					4.4				
Índices de ofuscamento corrigidos com referência a 5440lm Corrente luminosa total											

Figura 32: Variação do ofuscamento da luminária EEE CRLI 158/13 12034-02 BE 5440 lm **Fonte:** [41]

⁸ Termo utilizado para caracterizar a distribuição de luminâncias ou contrastes de luminâncias, provocando incómodo.

- EEE CRLI 158/13 06064-02 BE 5440lm

Esta luminária apresenta uma forma quadrada e conforme a luminária anterior, terá uma aplicação saliente. A placa de LEDs que constitui a luminária tem Temperatura de cor de 4000K, concedendo aos espaços uma luz branca neutra adequada às tarefas e atividade a desempenhar. O difusor opalino incorporado na luminária permite uma melhor distribuição das luminâncias. Esta luminária, tal como a anterior, apresenta um fluxo luminoso de 5440 lumens.

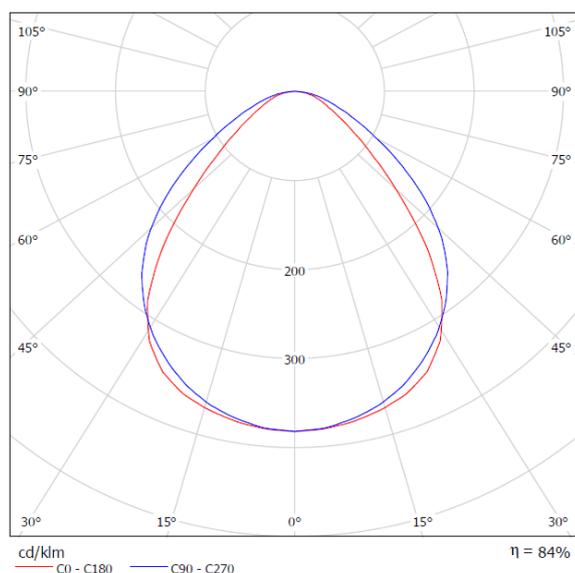


Figura 33: Fotometria da luminária EEE CRLI 158/13 06064-02 BE 5440 lm **Fonte:** [41]

Avaliação de ofuscamento seg. UGR											
ρ Tecto	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Solo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamanho da sala X Y	Direcção transversal do olhar em relação ao eixo da lâmpada					Direcção longitudinal do olhar em relação ao eixo da lâmpada					
2H	2H	18.6	19.8	18.9	20.0	20.2	20.9	22.0	21.1	22.2	22.4
	3H	19.2	20.2	19.5	20.5	20.8	21.7	22.7	22.0	22.9	23.2
	4H	19.5	20.5	19.8	20.7	21.0	22.0	23.0	22.3	23.2	23.5
	6H	19.8	20.7	20.1	21.0	21.3	22.3	23.2	22.6	23.5	23.8
4H	8H	19.9	20.7	20.2	21.0	21.4	22.4	23.3	22.8	23.6	23.9
	12H	20.0	20.8	20.3	21.1	21.4	22.5	23.3	22.9	23.6	23.9
	2H	19.1	20.1	19.5	20.4	20.6	21.0	22.0	21.3	22.2	22.5
	3H	19.9	20.7	20.3	21.0	21.4	22.0	22.8	22.4	23.1	23.5
8H	4H	20.3	21.0	20.7	21.4	21.7	22.5	23.2	22.9	23.5	23.9
	6H	20.7	21.3	21.1	21.7	22.1	22.9	23.5	23.3	23.9	24.3
	8H	20.9	21.4	21.3	21.8	22.2	23.1	23.7	23.5	24.1	24.5
	12H	21.0	21.5	21.4	21.9	22.3	23.2	23.7	23.7	24.1	24.6
12H	4H	20.6	21.1	21.0	21.5	21.9	22.6	23.1	23.0	23.5	23.9
	6H	21.1	21.6	21.6	22.0	22.4	23.1	23.6	23.6	24.0	24.5
	8H	21.3	21.7	21.8	22.2	22.7	23.4	23.8	23.9	24.2	24.7
	12H	21.5	21.9	22.0	22.3	22.8	23.6	23.9	24.1	24.4	24.9
Variação da posição do observador para as distâncias de luminária S	S = 1.0H	+0.4 / -0.6					+0.3 / -0.3				
	S = 1.5H	+0.8 / -1.2					+0.5 / -0.8				
	S = 2.0H	+1.5 / -1.7					+1.3 / -1.3				
Tabel padrão	BK04					BK04					
Adicional de correção	3.1					5.2					
Índices de ofuscamento corrigidos com referência a 5460lm Corrente luminosa total											

Figura 34: Variação do ofuscamento da luminária EEE CRLI 158/13 06064-02 BE 5440 lm **Fonte:** [41]

Laboratório 1.2A

No Laboratório 1.2A são utilizadas luminárias do tipo EEE CRLI 158/13 12034-02 BE de 5440 lm, estando dispostas no espaço conforme a Figura 35.

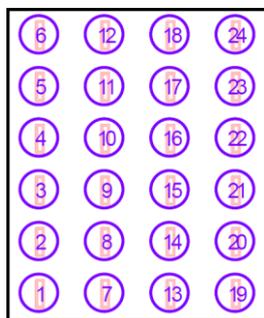


Figura 35: Localização e disposição de luminárias no Laboratório 1.2A.

Os resultados obtidos após a simulação com o *software* DIALux, são apresentados na Tabela 38. São ainda apresentados os níveis de cinzento e os valores de iluminância ao nível do plano de trabalho, na Figura 36 e Figura 37, respetivamente.

Fluxo luminoso total: 106164 lm

Potência total: 1231.2 W

Fator de manutenção: 0.80

Zona marginal: 0.000 m

Superfície	Iluminâncias médias [lux]			Grau de reflexão [%]	Luminância média [cd/m ²]
	Direto	Indireto	Total		
Plano trabalho	431	86	517	/	/
Solo	394	91	484	20	31
Teto	0.09	103	103	70	23
Parede 1	148	89	236	50	38
Parede 2	130	92	221	50	35
Parede 3	152	89	242	50	38
Parede 4	128	91	219	50	35

Tabela 38: Resultados Luminotécnicos do Laboratório 1.2A

Potência específica: 7.95 W/m²/100 lux

Superfície básica: 154.94 m²

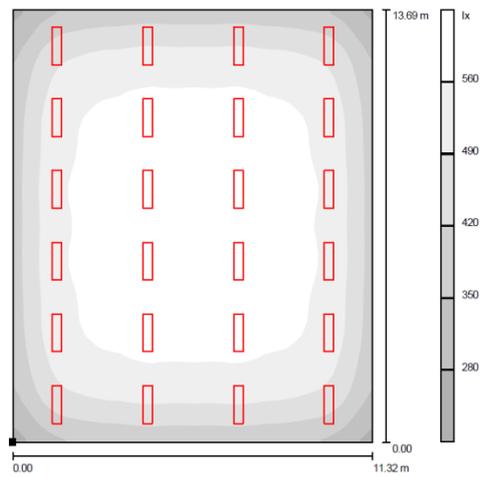


Figura 36: Níveis de cinzento ao nível do plano de trabalho do Laboratório 1.2A

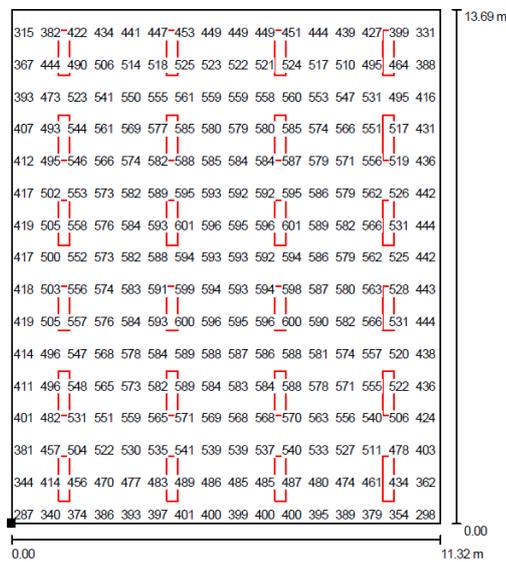


Figura 37: Valores de iluminância ao nível do plano de trabalho do Laboratório 1.2A

Gabinetes 3.1

As luminárias utilizadas no Gabinete 3.1 são do tipo EEE CRLI 158/13 06064-02 BE 5440lm e encontram-se dispostas conforme a Figura 38.

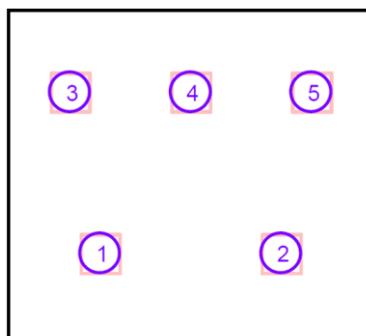


Figura 38: Localização e disposição de luminárias no Gabinete 3.1

Os resultados obtidos com a simulação do programa DIALux encontram-se na Tabela 39. Na Figura 39 são apresentados os níveis de cinzento ao nível do plano de trabalho e na Figura 40 são apresentadas as iluminâncias ao mesmo nível.

Fluxo luminoso total: 22864 lm

Potência total: 256.5 W

Fator de manutenção: 0.80

Zona marginal: 0.400 m

Superfície	Iluminâncias médias [lux]			Grau de reflexão [%]	Luminância média [cd/m ²]
	Direto	Indireto	Total		
Plano trabalho	403	98	501	/	/
Solo	295	99	394	20	25
Teto	0.06	98	98	70	22
Parede 1	121	89	211	50	34
Parede 2	122	92	215	50	34
Parede 3	159	93	252	50	40
Parede 4	123	92	216	50	34

Tabela 39: Resultados Luminotécnicos do Gabinete 3.1

Potência específica: $8.99 \text{ W/m}^2 = 1.79 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$

Superfície básica: 28.53 m^2

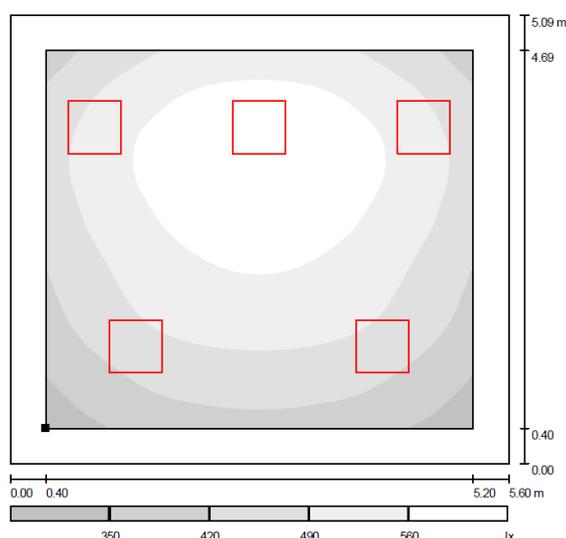


Figura 39: Níveis de cinzento ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.1

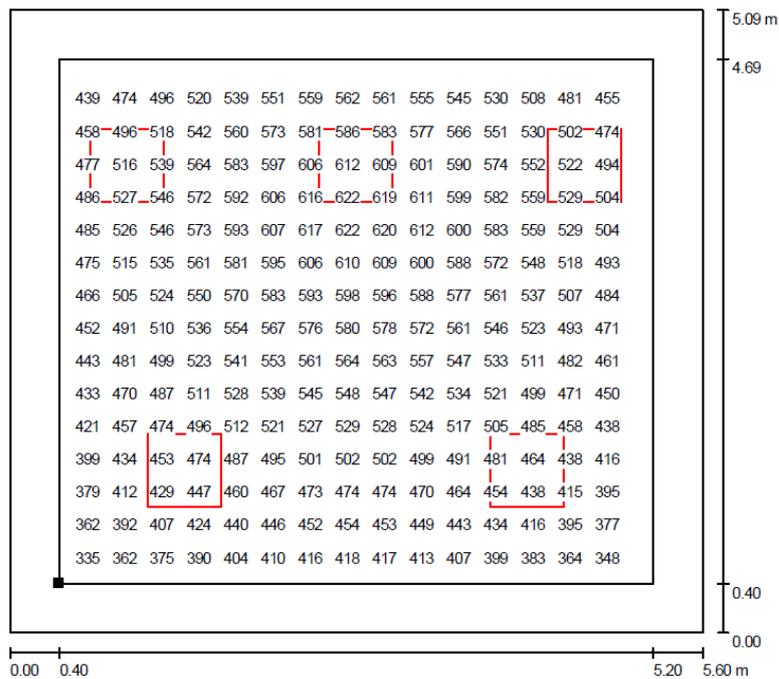


Figura 40: Valores de iluminância ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.1

Gabinetes 3.2

No Gabinete 3.2 foram utilizadas luminárias do tipo EEE CRLI 158/13 06064-02 BE 5440lm e dispostas e localizadas conforme a Figura 41

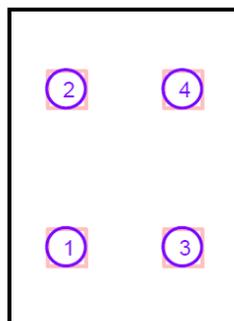


Figura 41: Localização e disposição de luminárias no Gabinete 3.2

Os resultados da simulação realizada a este gabinete com o *software* são expressos na Tabela 40.

- Fluxo luminoso total: 18291 lm
- Potência total: 205.2 W
- Fator de manutenção: 0.80
- Zona marginal: 0.400 m

Superfície	Iluminâncias médias [lux]			Grau de reflexão [%]	Luminância média [cd/m ²]
	Direto	Indireto	Total		
Plano trabalho	425	119	544	/	/
Solo	295	114	409	20	26
Teto	0.06	113	113	70	25
Parede 1	154	106	260	50	41
Parede 2	147	107	254	50	40
Parede 3	152	106	257	50	41
Parede 4	147	107	254	50	40

Tabela 40: Resultados Luminotécnicos do Gabinete 3.2

Potência específica: $11.02 \text{ W/m}^2 = 2.03 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$

Superfície básica: 18.62 m^2

Os níveis de cinzento ao nível do plano de trabalho são os indicados na Figura 42.

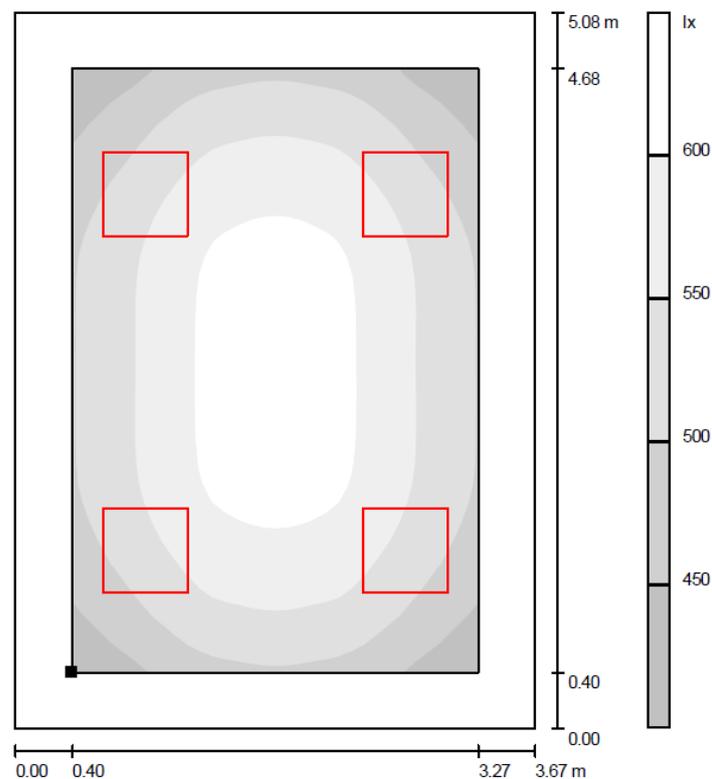


Figura 42: Níveis de cinzento ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.2

Os valores de iluminância obtidos na simulação são apresentados na Figura 43.

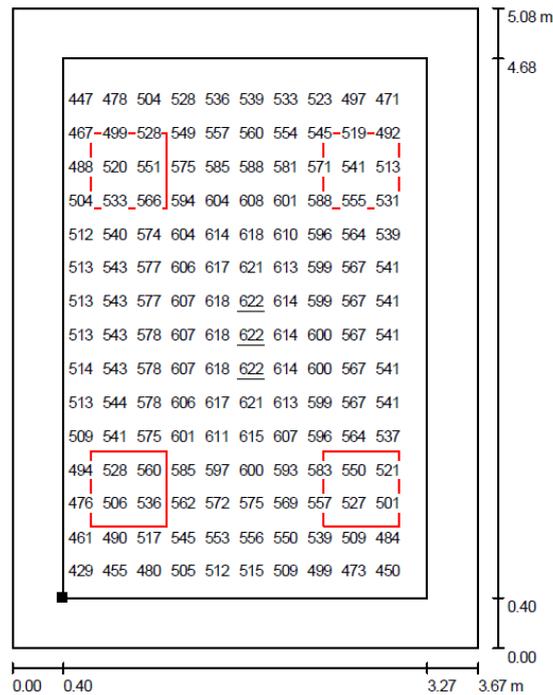


Figura 43: Valores de iluminância ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.2

Gabinete 3.3

No Gabinete 3.3 são utilizadas luminárias do tipo EEE CRLI 158/13 06064-02 BE 5440 lm e dispostas de acordo com a Figura 44.

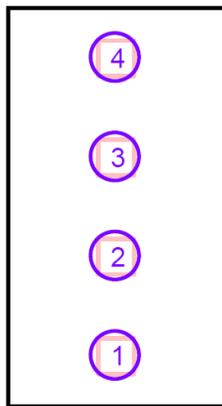


Figura 44: Localização e disposição de luminárias no Gabinete 3.3

Na Tabela 41, encontram-se os valores obtidos da simulação com o programa DIALux.

- Fluxo luminoso total: 18291 lm
- Potência total: 205.2 W
- Fator de manutenção: 0.80
- Zona marginal: 0.400 m

Superfície	Iluminâncias médias			Grau de reflexão	Luminância média
	[lux]				
	Direto	Indireto	Total		
Plano trabalho	391	85	476	/	/
Solo	267	89	356	20	23
Teto	0.05	86	86	70	19
Parede 1	138	78	217	50	35
Parede 2	95	82	178	50	28
Parede 3	138	78	217	50	34
Parede 4	100	82	183	50	29

Tabela 41: Resultados Luminotécnicos do Gabinete 3.3

Potência específica: $8.40 \text{ W/m}^2 = 1.76 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$

Superfície básica: 24.43 m^2

Os níveis de cinzento ao nível do plano de trabalho são apresentados na Figura 45.

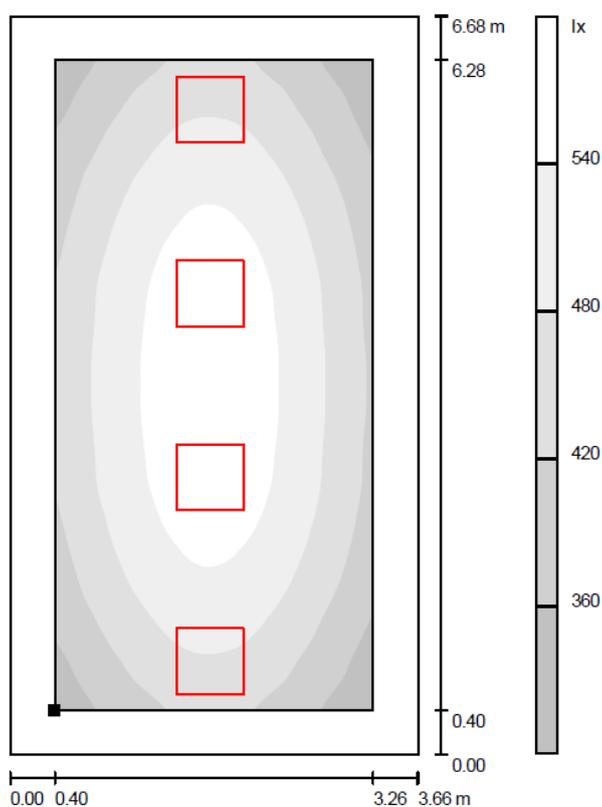


Figura 45: Níveis de cinzento ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.3

Os valores de iluminância ao nível do plano de trabalho, no Gabinete 3.3, apresentam-se na Figura 46.

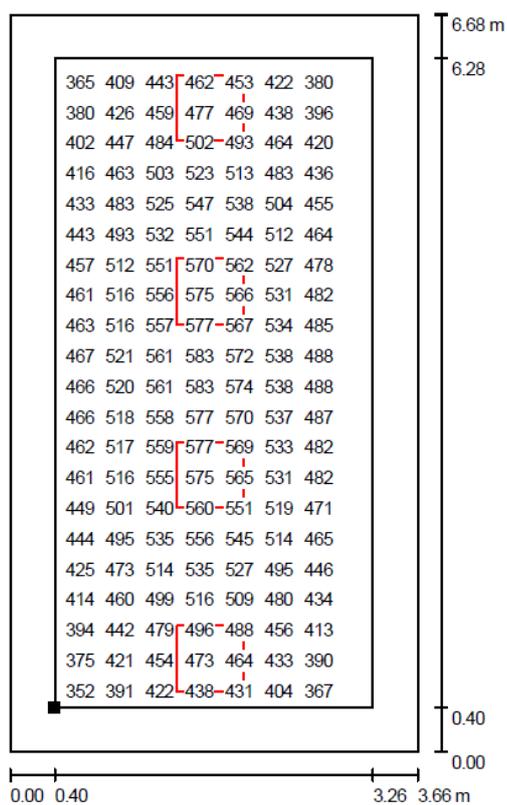


Figura 46: Valores de iluminância ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.3

Gabinete 3.4

As luminárias do tipo EEE CRLI 158/13 06064-02 BE 5440 lm encontram-se dispostas segundo a Figura 47.

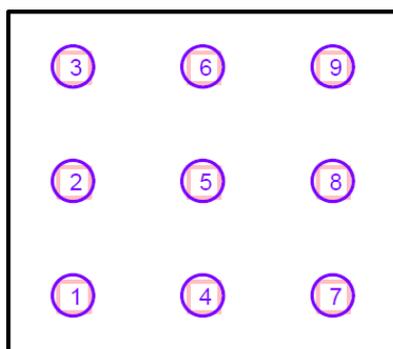


Figura 47: Localização e disposição de luminárias no Gabinete 3.4

Fluxo luminoso total: 41155 lm

Potência total: 461.7 W

Fator de manutenção: 0.80

Zona marginal: 0.400 m

Os resultados obtidos com a simulação luminotécnica realizada com o *software* DIALux são apresentados na Tabela 42.

Superfície	Iluminâncias médias [lux]			Grau de reflexão [%]	Luminância média [cd/m ²]
	Direto	Indireto	Total		
Plano trabalho	459	102	561	/	/
Solo	362	106	468	20	30
Teto	0.07	110	110	70	24
Parede 1	162	99	261	50	41
Parede 2	133	100	234	50	37
Parede 3	163	99	262	50	42
Parede 4	135	101	236	50	38

Tabela 42: Resultados Luminotécnicos do Gabinete 3.4

Potência específica: $9.23 \text{ W/m}^2 = 1.64 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$

Superfície básica: 50.05 m^2

Os níveis de cinzento ao nível do plano de trabalho obtidos na simulação luminotécnica são apresentados na Figura 48.

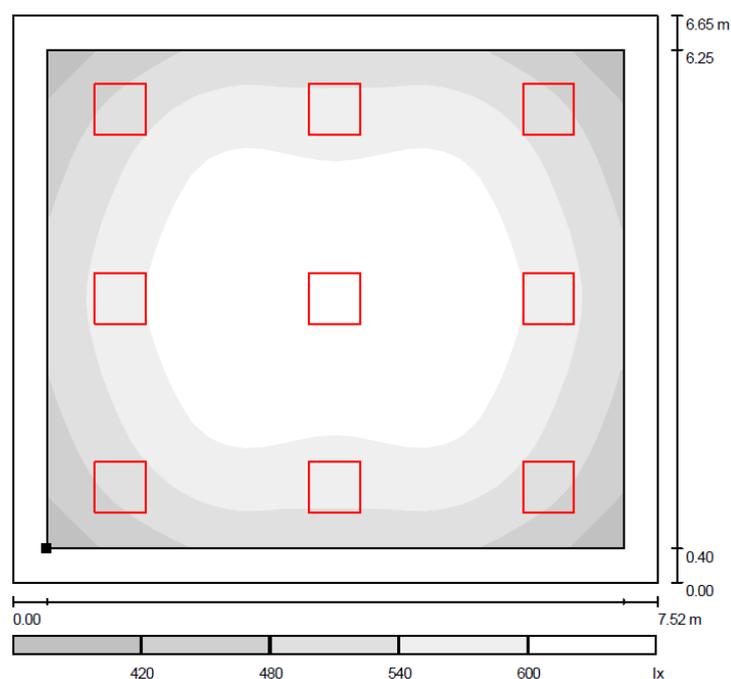


Figura 48: Níveis de cinzento ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.4

Os níveis de iluminância ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.4 são apresentados na Figura 49.

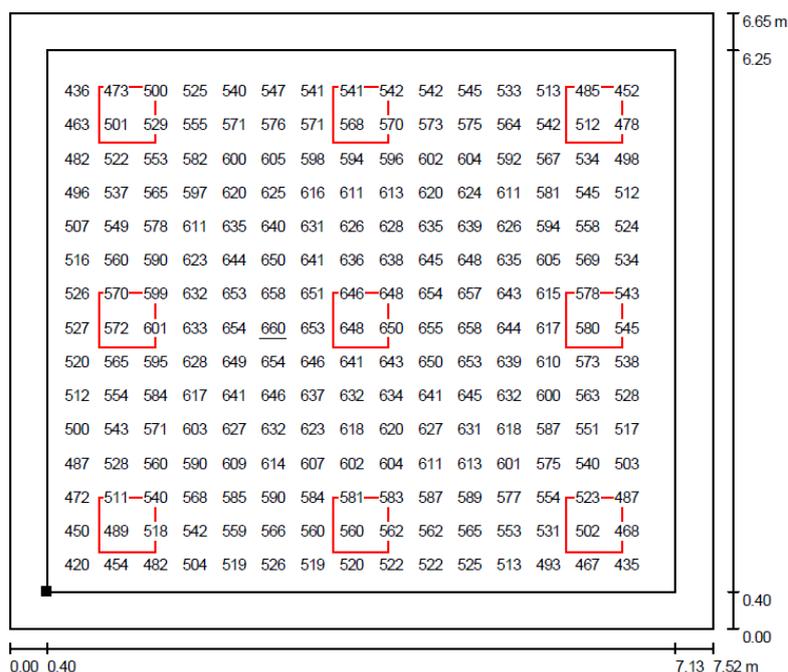


Figura 49: Valores de iluminância ao nível do plano de trabalho do Gabinete 3.4

Laboratório 3.6

No Laboratório são utilizadas luminárias do tipo EEE CRLI 158/13 06064-02 BE 5440 lm e dispostas conforme a Figura 50.

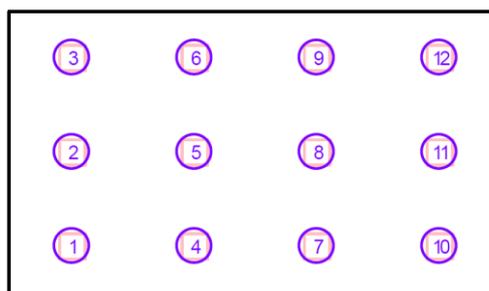


Figura 50: Localização e disposição de luminárias no Laboratório 3.6

Os resultados obtidos na simulação luminotécnica realizada com o auxílio do programa DIALux, são apresentados na Tabela 43.

Fluxo luminoso total: 54873 lm
 Potência total: 615.6 W
 Fator de manutenção: 0.80
 Zona marginal: 0.400 m

Superfície	Iluminâncias médias			Grau de reflexão	Luminância média
	[lux]				
	Direto	Indireto	Total		
Plano trabalho	424	90	514	/	/
Solo	346	94	440	20	28
Teto	0.06	100	100	70	22
Parede 1	145	89	234	50	37
Parede 2	124	92	216	50	34
Parede 3	152	89	241	50	38
Parede 4	113	90	203	50	32

Tabela 43: Resultados luminotécnicos do Laboratório 3.6

Potência específica: $8.03 \text{ W/m}^2 = 1.56 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$

Superfície básica: 76.63 m^2

Os valores de cinzento ao nível do plano de trabalho para o Laboratório 3.6 são apresentados na Figura 51.

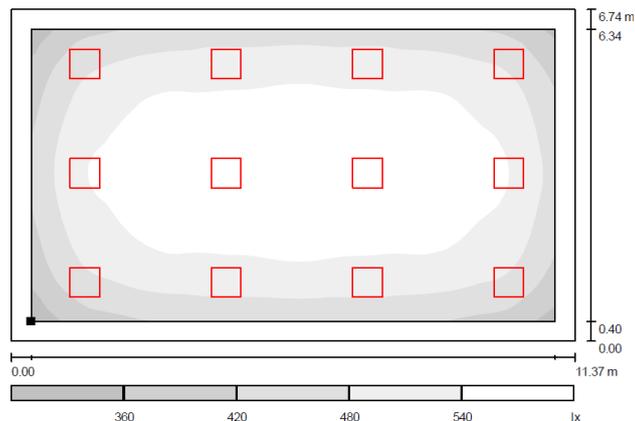


Figura 51: Níveis de cinzento ao nível do plano de trabalho do Laboratório 3.6

Ao nível do plano de trabalho, os valores de iluminância são dados na Figura 52.

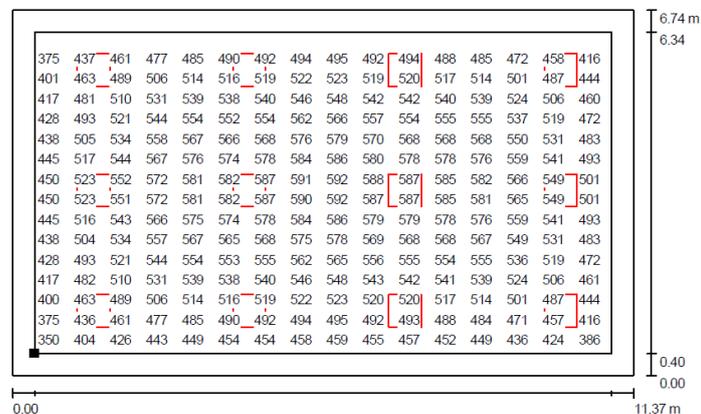


Figura 52: Valores de iluminância ao nível do plano de trabalho do Laboratório 3.6

Corredor (Piso 2)

No Corredor, foram utilizadas luminárias do tipo EEE CRLI 158/13 06064-02 BE 5440 lm e dispostas conforme mostra a Figura 53.

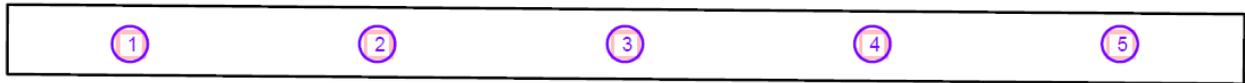


Figura 53: Localização e disposição de luminárias no Corredor

Os resultados obtidos na simulação luminotécnica realizada com o programa DIALux são apresentados na Tabela 44.

Fluxo luminoso total: 22864 lm

Potência total: 256.5 W

Fator de manutenção: 0.80

Zona marginal: 0.000 m

Superfície	Iluminâncias médias [lux]			Grau de reflexão [%]	Luminância média [cd/m ²]
	Direto	Indireto	Total		
Plano trabalho	114	47	160	/	/
Solo	107	45	153	20	9.72
Teto	0.03	55	55	70	12
Parede 1	67	50	117	50	19
Parede 2	21	37	57	50	9.10
Parede 3	66	50	116	50	18
Parede 4	21	37	58	50	9.15

Tabela 44: Resultados luminotécnicos do Corredor

Potência específica: $5.63 \text{ W/m}^2 = 3.51 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$

Superfície básica: 45.60 m^2

Os níveis de cinzento ao nível do plano de trabalho são apresentados na Figura 54.



Figura 54: Níveis de cinzento a nível do plano de trabalho do Corredor

Os níveis de iluminâncias no Corredor são apresentados na Figura 55.

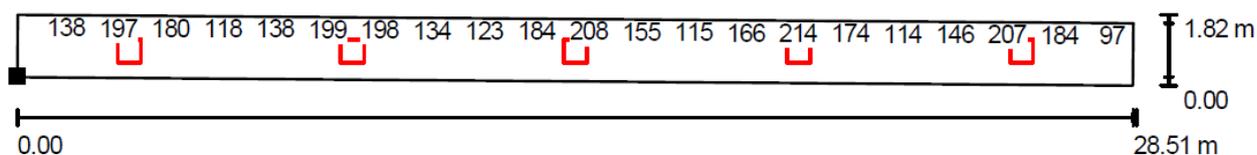


Figura 55: Valores de iluminância ao nível do plano de trabalho do Corredor

Quadro síntese

Na Tabela 45 são apresentados os parâmetros considerados e valores obtidos com a simulação luminotécnica realizada com o *software* DIALux nos espaços tipo estudados no Projeto Luminotécnico.

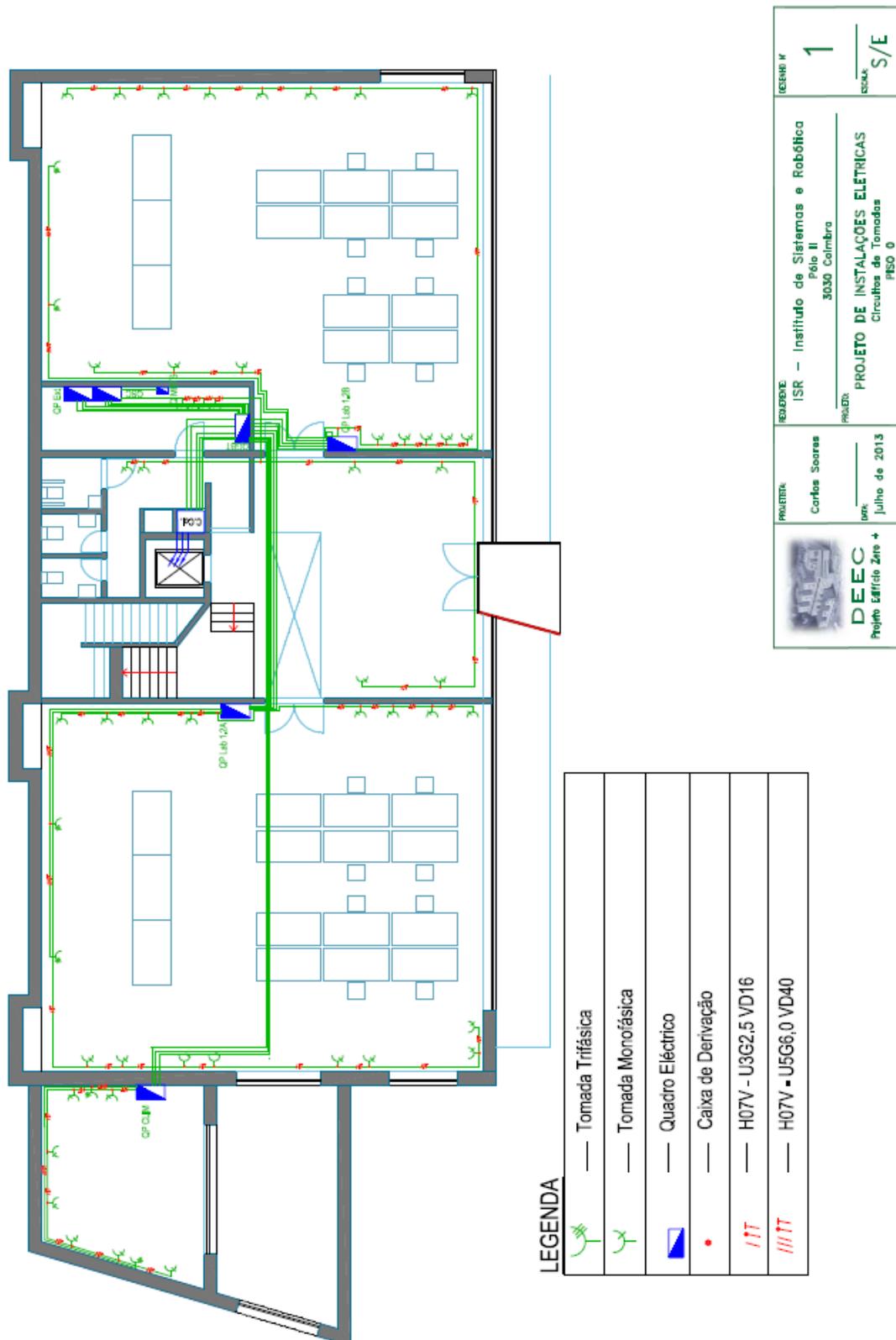
	Lab 1.2A	Gab 3.1	Gab 3.2	Gab 3.3	Gab 3.4	Lab 3.6	Corredor
Comprimento [m]	13.69	5.08	5.08	6.65	6.65	6.65	28.51
Largura [m]	11.32	5.60	3.67	3.66	7.52	11.37	1.82
Altura [m]	3.900	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
Área [m²]	154.971	28.448	18.644	24.339	50.008	75.611	51.888
Plano trabalho [m]	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
Fator manutenção	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
ρ_{solo} [%]	20	20	20	20	20	20	20
ρ_{teto} [%]	70	70	70	70	70	70	70
ρ_{paredes} [%]	50	50	50	50	50	50	50
Luminária	12034	06064	06064	06064	06064	06064	06064
Nº luminárias	24	5	4	4	9	12	5
E_{med} exigido [lx]	500	500	500	500	500	500	150
E_{med} [lx]	517	501	544	476	561	514	160
E_{min} [lx]	271	306	404	311	375	318	78
E_{max} [lx]	602	623	622	584	660	594	220
$E_{\text{min}}/E_{\text{m}}$	0.524	0.611	0.742	0.653	0.668	0.619	0.489
$E_{\text{min}}/E_{\text{max}}$	0.450	0.491	0.649	0.532	0.568	0.535	0.357
Potência total [W]	1231.2	256.5	205.2	205.2	461.7	615.6	256.5

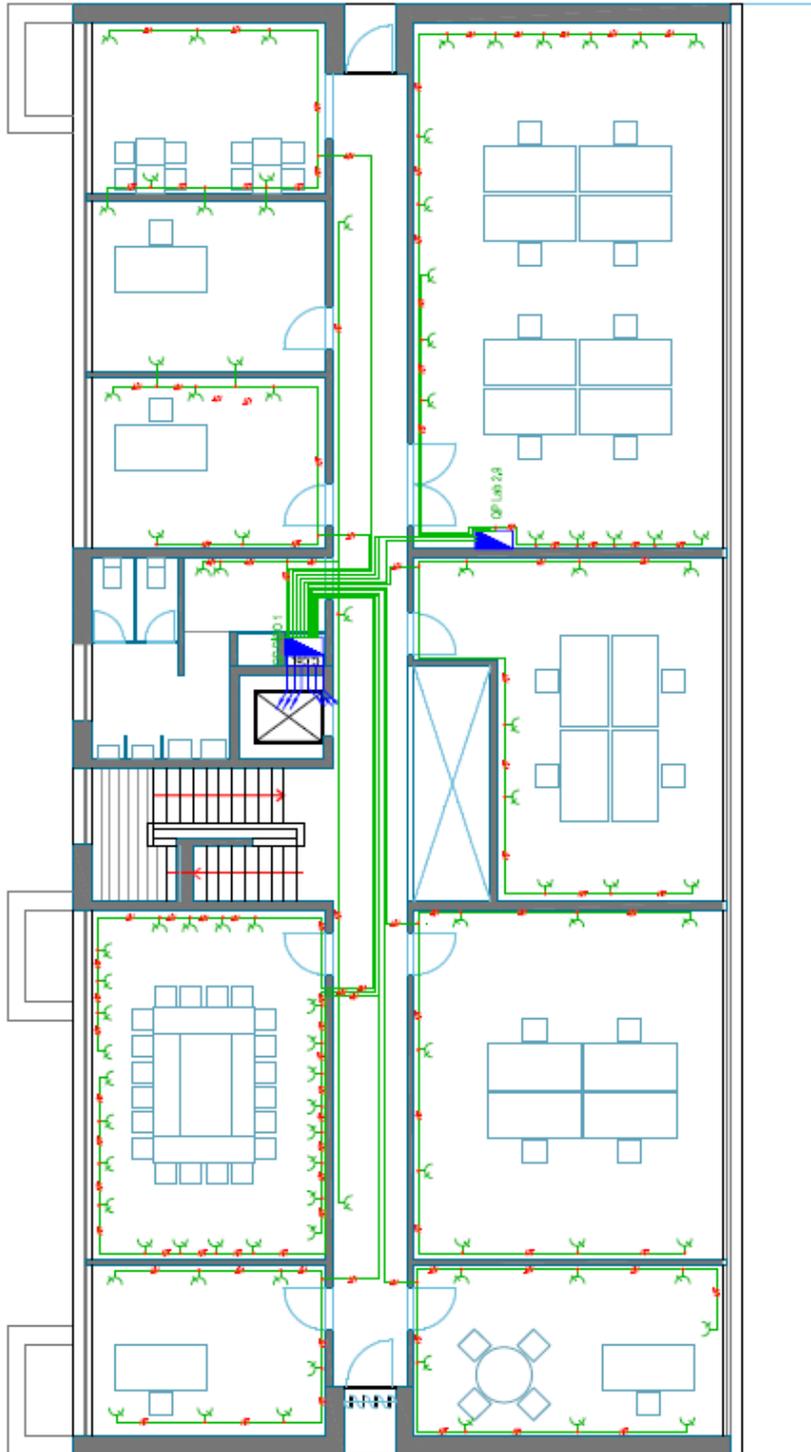
Tabela 45: Quadro síntese dos resultados obtidos na simulação luminotécnica

Anexo L – Desenhos dos projetos

Todos os desenhos realizados neste anexo foram elaborados com o *software* AutoCAD 2013. Trata-se de uma versão educacional devidamente autorizada pela Autodesk.

L.1. Projeto de Instalações Elétricas

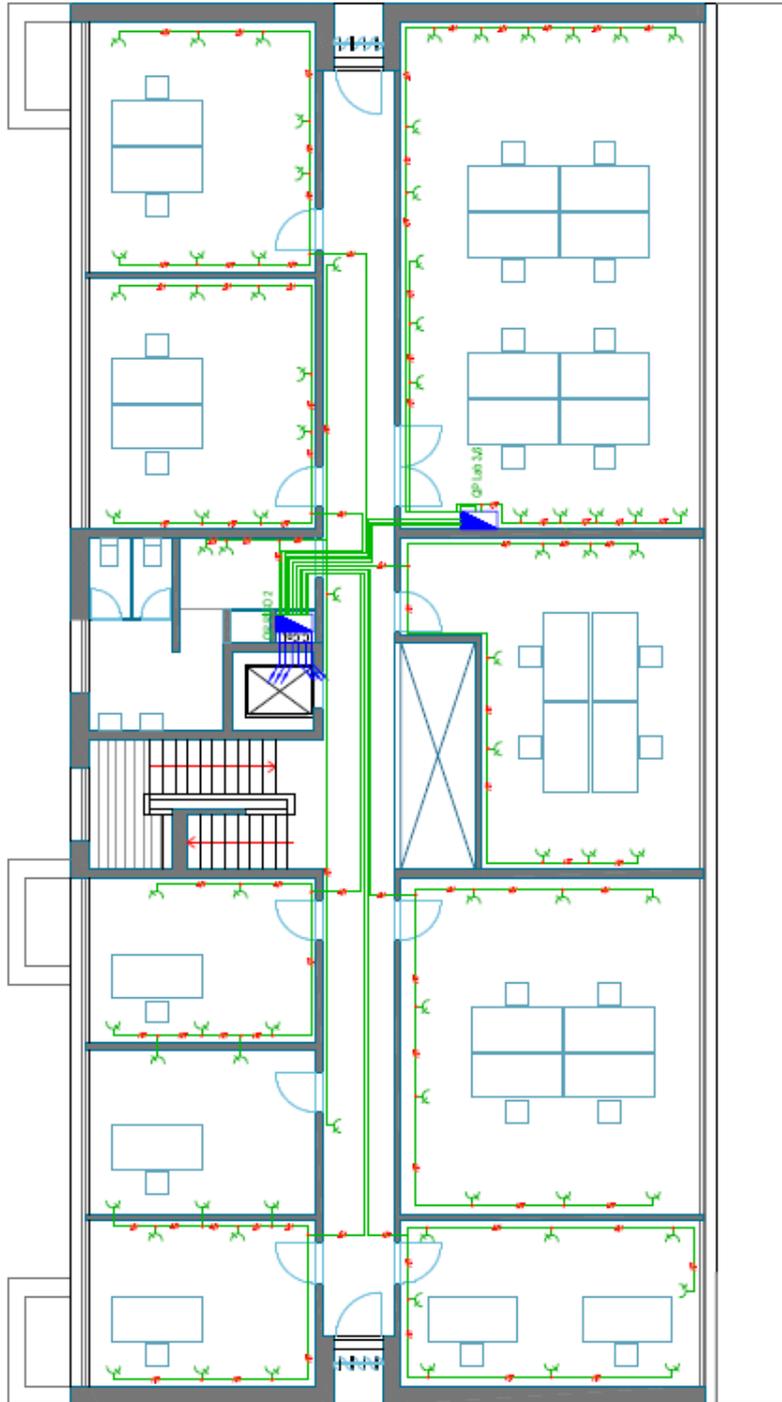




LEGENDA

	Tomada Trifásica
	Tomada Monofásica
	Quadro Eléctrico
	Caixa de Derivação
	H07V - U3G2.5 VD16
	H07V - U5G6.0 VD40

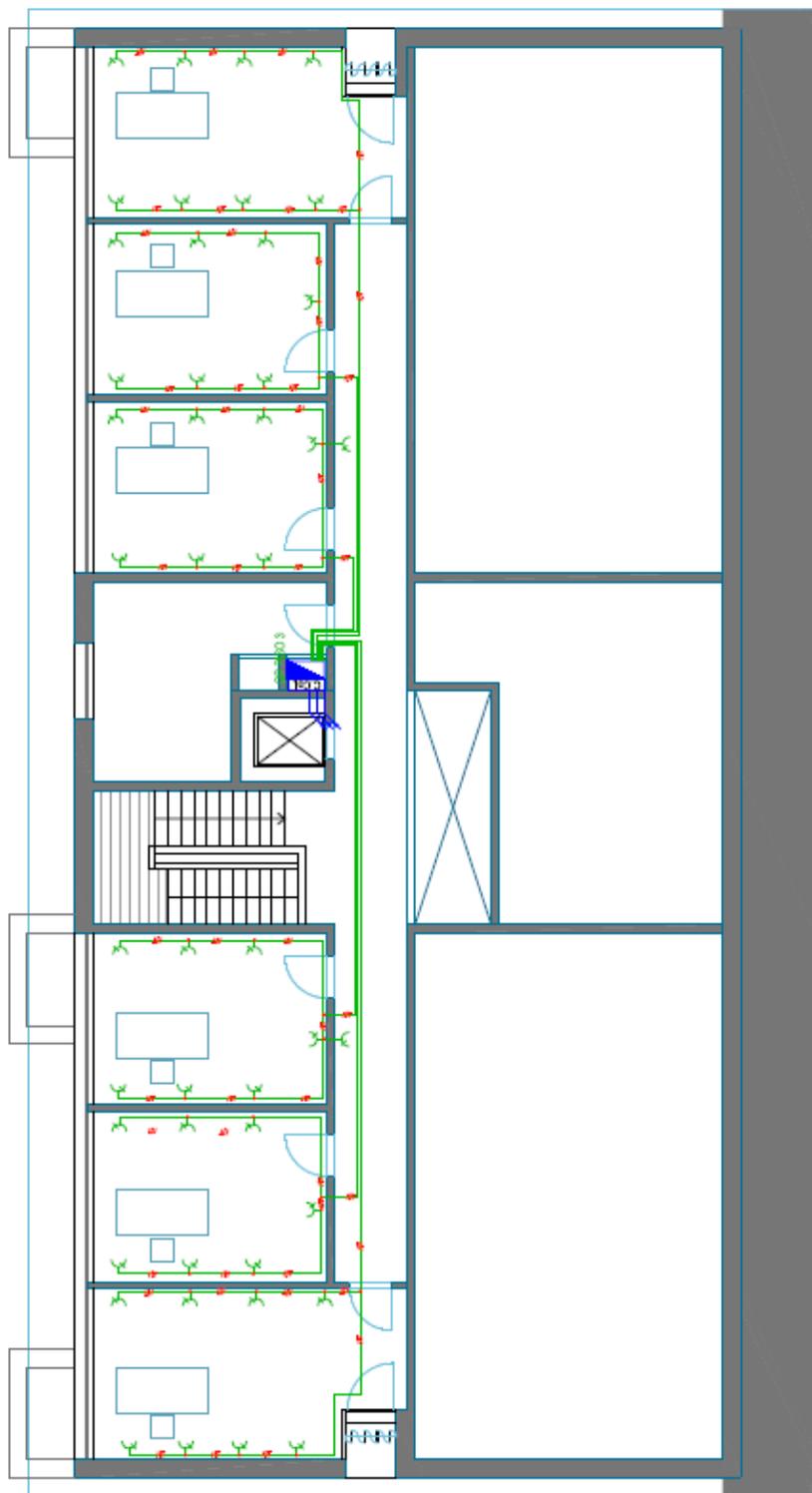
 <p>DEEC Projeto Edifício Zero +</p>	<p>PROFESSOR Carlos Soares</p>	<p>INSTITUIÇÃO ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Fédo II 3030 Coimbra</p>	<p>SEÇÃO V 2</p>
	<p>DATA Julho de 2013</p>	<p>PROJETO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS Circuitos de Tomadas PISO 1</p>	<p>ESCALA S/E</p>



LEGENDA

	Tomada Trifásica
	Tomada Monofásica
	Quadro Eléctrico
	Caixa de Derivação
	H07V - U3G2.5 VD16
	H07V - U5G6.0 VD40

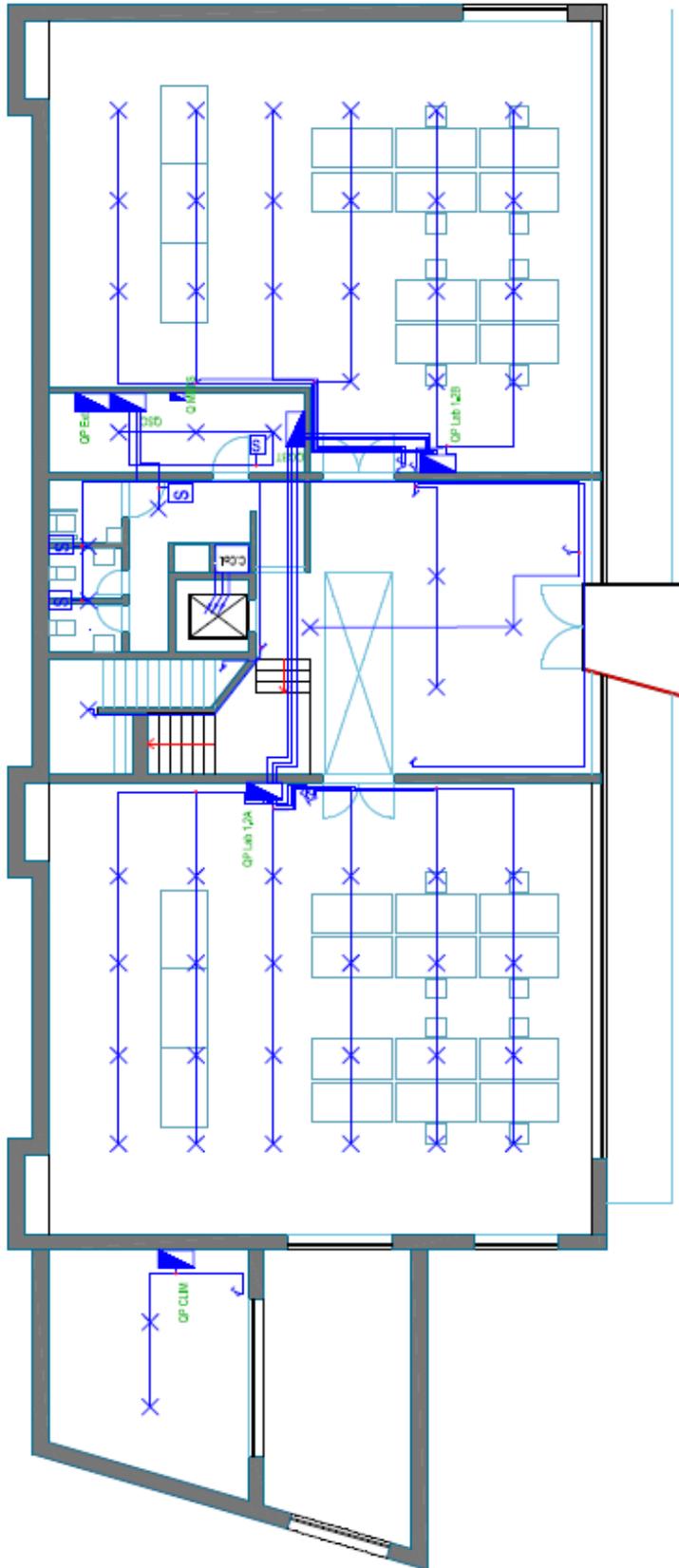
 DEEC Projeto Editorial Zero +	PROJETISTA: Carlos Soares	REVISOR: ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Pólo II 3030 Celmãria	FOLHA Nº: 3
	DATA: Julho de 2013	PROJETO: PROJETO INSTALAÇÕES ELÉTRICAS Circuitos de Tomadas PISO 2	ESCALA: S/E



LEGENDA

	Tomada Trifásica
	Tomada Monofásica
	Quadro Eléctrico
	Caixa de Derivação
	H07V - U3G2.5 VD16
	H07V - U5G6.0 VD40

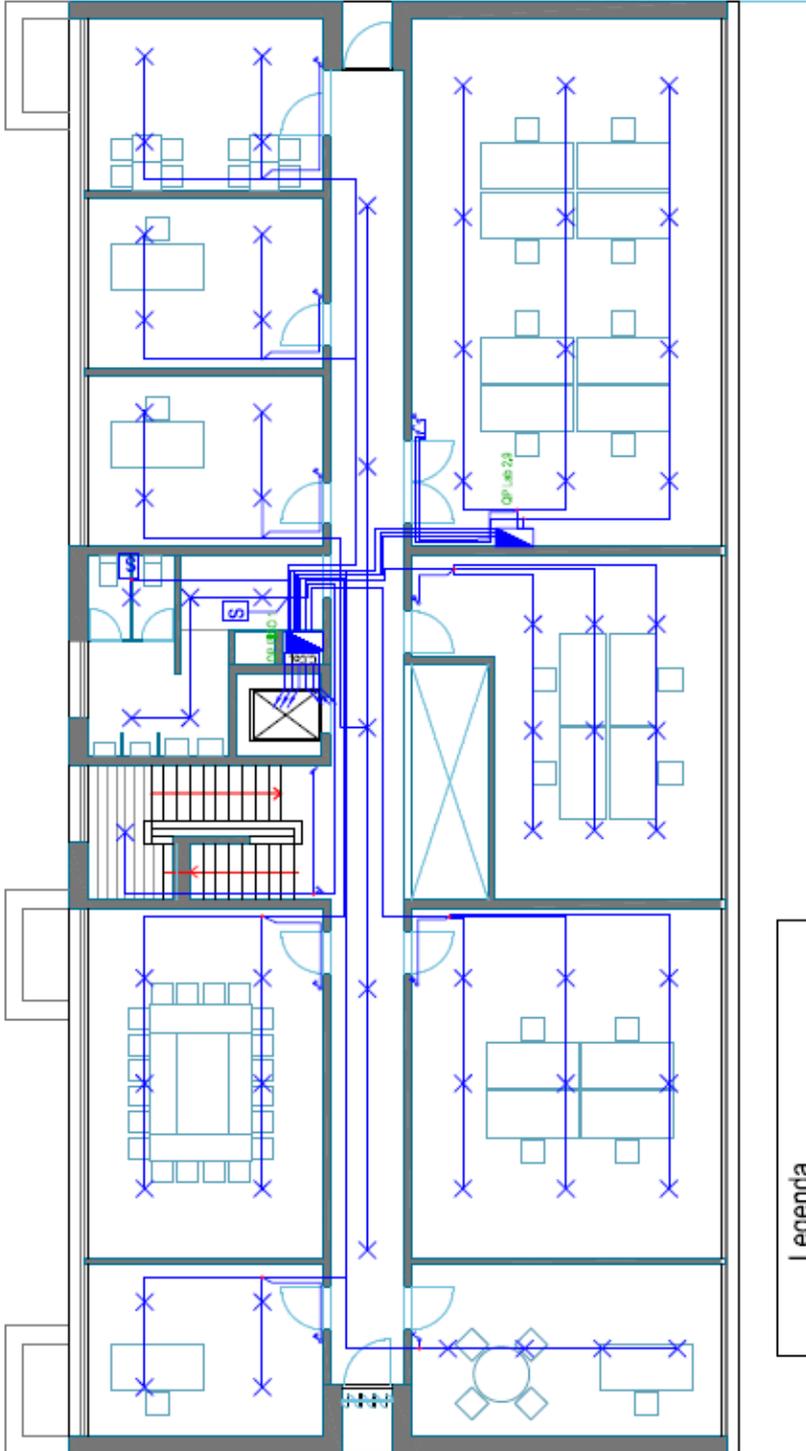
 DEEC Projeto Edifício Zero +	PROJETISTA: Carlos Soares	REGIÃO: ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Piso II 3030 Coimbra	SÉRIE N. 4
	DATA: Julho de 2013	PROJETO: PROJETO INSTALAÇÕES ELÉTRICAS Circuitos de Tomadas PISO 3	ESCALA: S/E



Legenda

	- Quadro Elétrico
	- Ponto de Luz
	- Interruptor Simples
	- Interruptor Duplex
	- Interruptor Triplo
	- Controlador de Luzes
	- Controlador de Escada
	- Controlador Duplo de Escada
	- Caixa de Derivação
	- Interruptor de Pressão
	- Interruptor por Omissão de Movimento
	- Interruptor por Omissão de Movimento

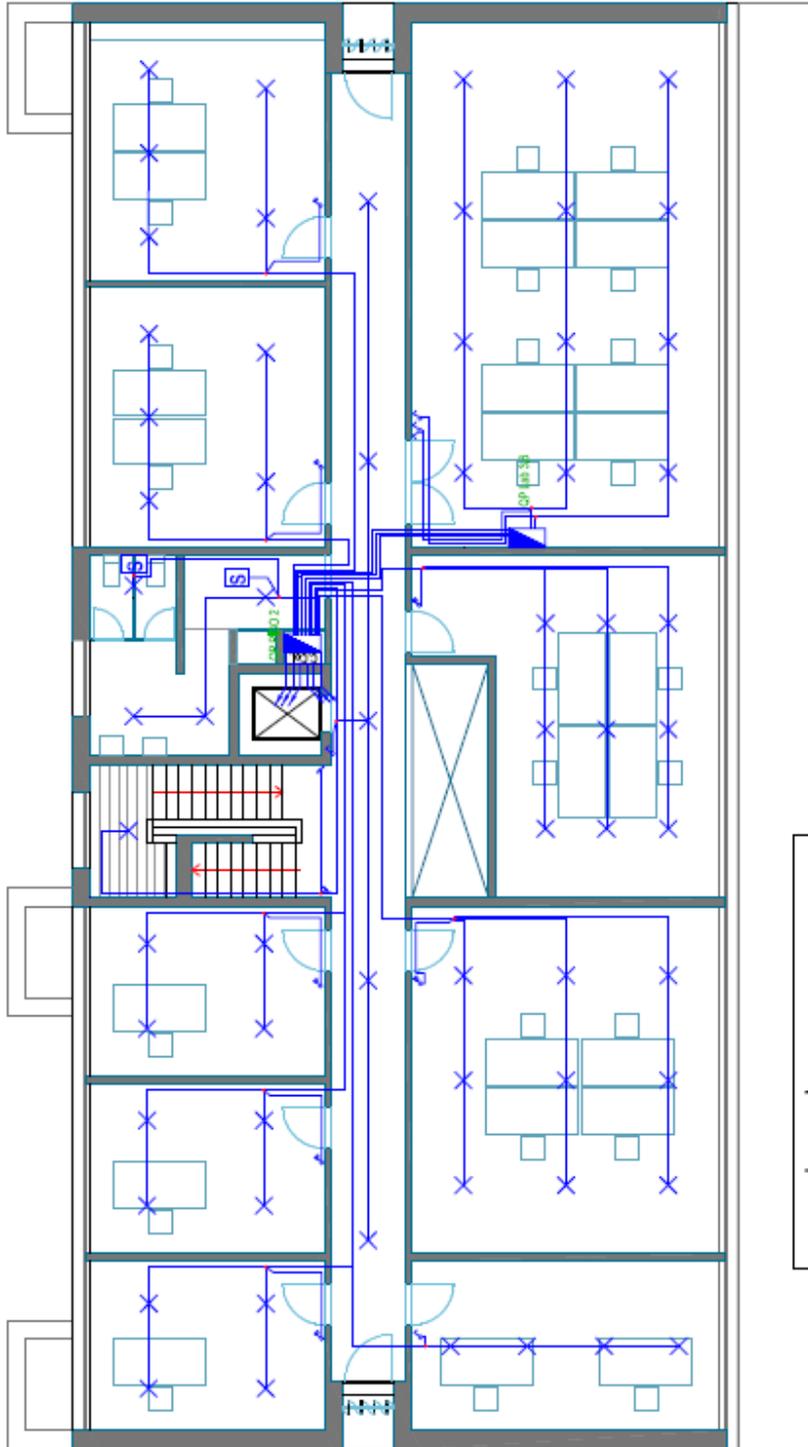
<p>DEEC Projeto Edifício Zero</p>	<p>PROFESSOR: Carlos Soares</p> <p>DATA: Julho de 2013</p>	<p>REVISÃO: ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Pólo II 5030 Coimbra</p> <p>INSCRIÇÃO: PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS Circuitos de Manutenção</p>	<p>ESB40 V</p> <p>5</p> <p>ESAU S/E</p>
	<p>Fluxo 0</p>		



Legenda

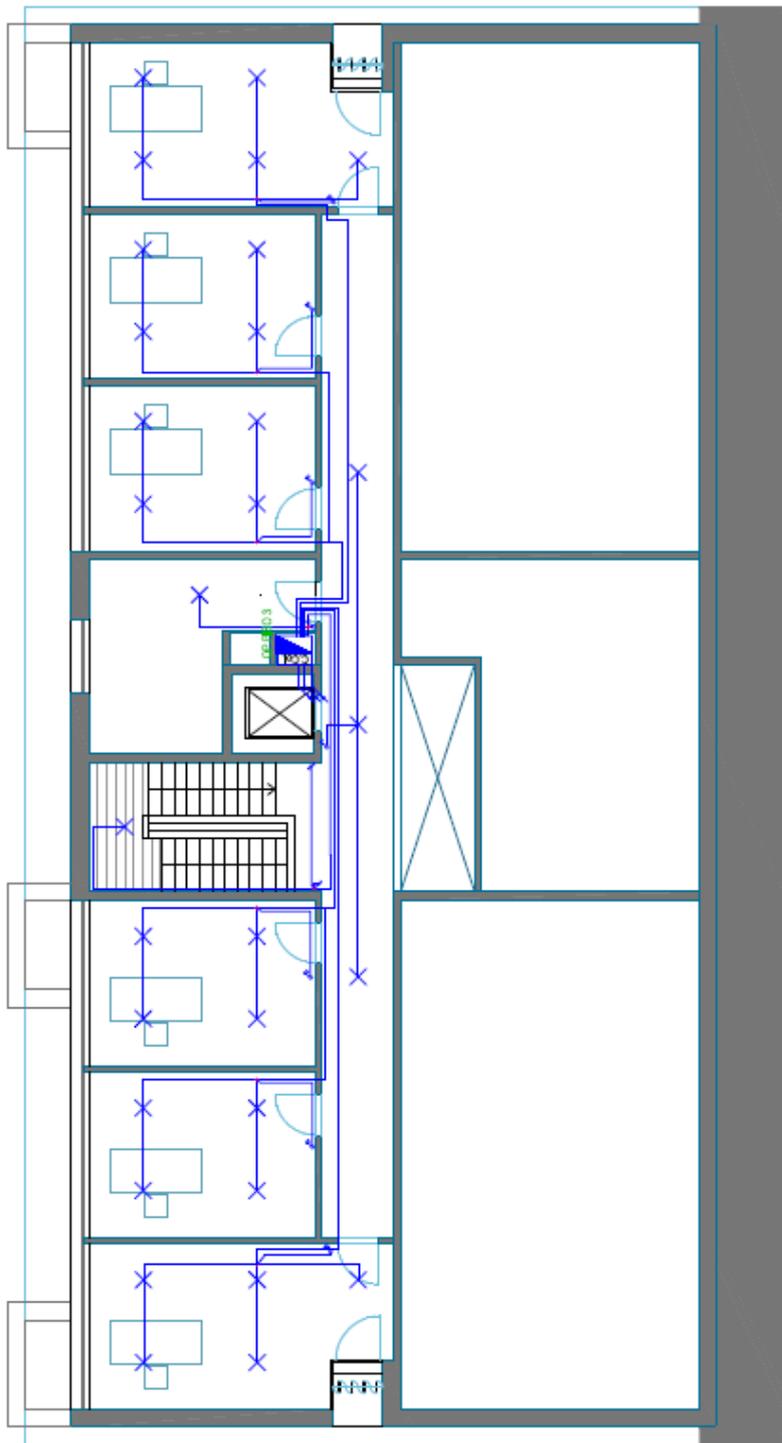
	• Quadro Elétrico
	• Ponto de Luz
	• Interruptor Simples
	• Interruptor Duplex
	• Interruptor Tripolar
	• Controlador de Luminária
	• Controlador de Escada
	• Controlador Duplo de Escada
	• Círculo de Direção
	• Interruptor de Presão
	• Interruptor por Deslocação de Movimento
	• Interruptor por Desloço de Movimento

<p>DEEC Projeto Edifício Zero</p>	<p>PROFESSOR Carlos Soares</p> <p>DATA Julho de 2013</p>	<p>CLIENTE ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Pólo III 3030 Colmbra</p> <p>PROJETO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS Circuitos de Iluminação Piso 1</p>	<p>ESCALA 6 S/E</p>
--	--	--	-----------------------------



Legenda	
	• Quadro Eléctrico
	• Ponto de Luz
	• Interruptor Simples
	• Interruptor Tripolar
	• Interruptor Diferencial
	• Conector de Luz
	• Conector de Escada
	• Conector Duplo de Escada
	• Cabo de Canaleta
	• Interruptor de Pressão
	• Interruptor por Delay de Momento
	• Interruptor por Delay de Momento

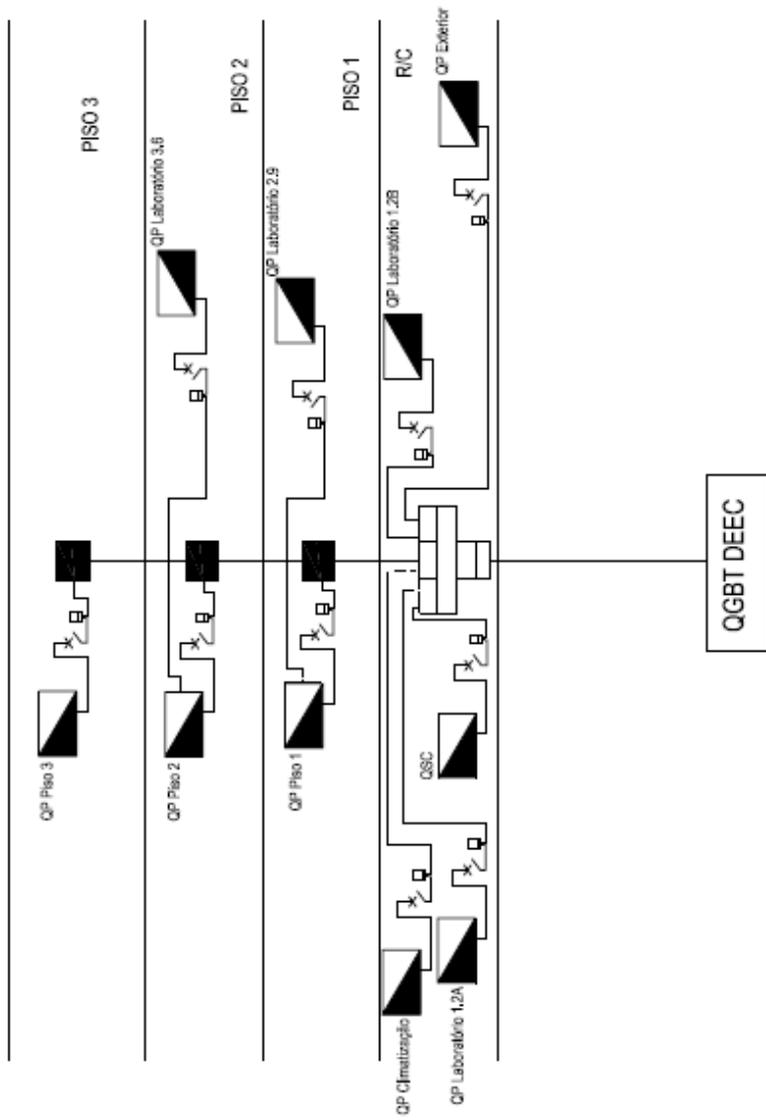
	PROJETISTA: Carlos Soares	PROJETO: ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Pólo II 3030 Coimbra	ESCALA: V 7 S/E
	DATA: julho de 2013	PROJETO: PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS Circuitos de Iluminação Piso 2	



Legenda

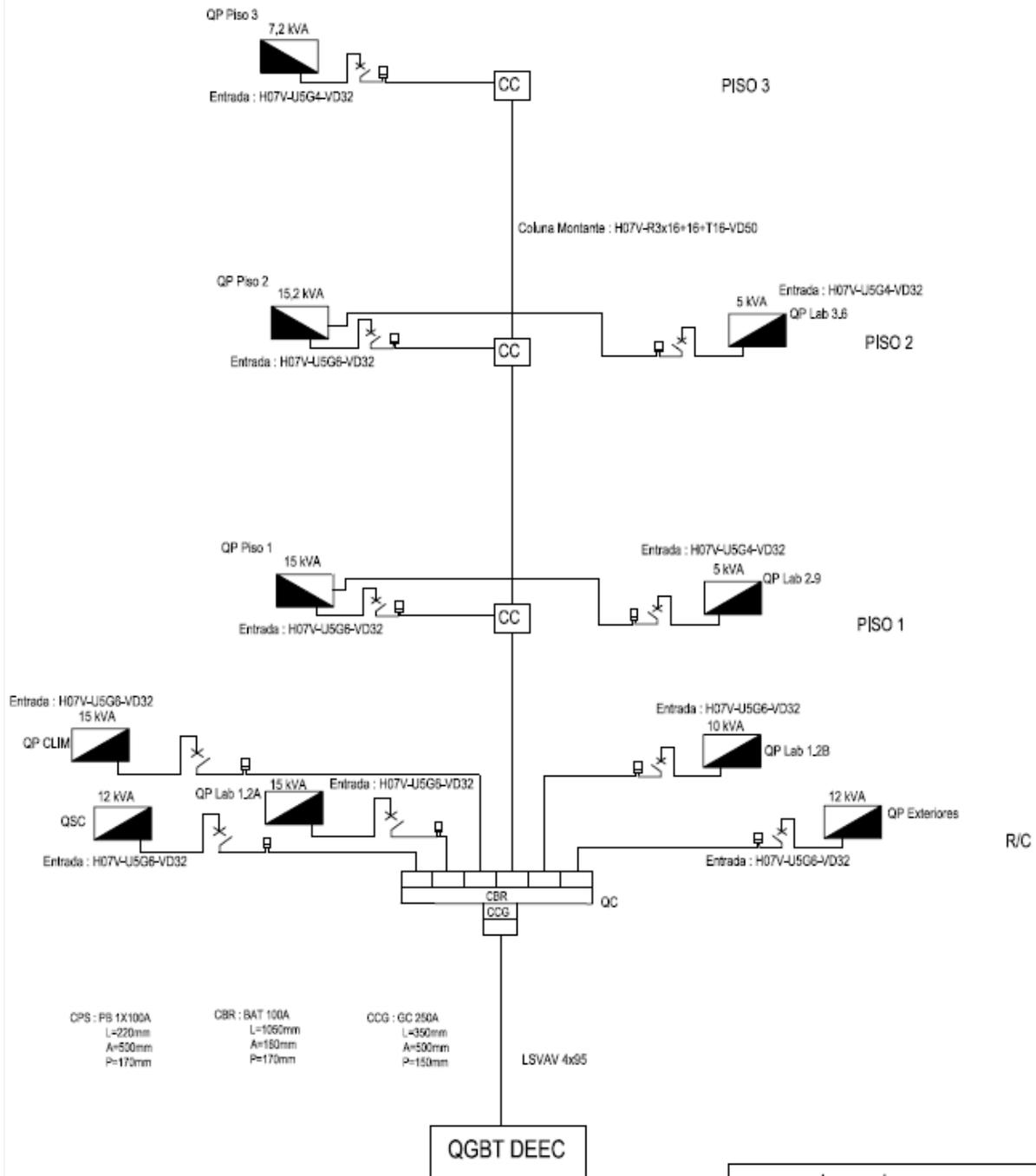
	• Quadro Eléctrico
	• Ponto de Luz
	• Interruptor Simple
	• Interruptor Duplo
	• Interruptor Tripolar
	• Controlador de Luzes
	• Controlador de Escada
	• Controlador Duplo de Escada
	• Caixa de Derivação
	• Interruptor de Pressão
	• Interruptor por Detecção de Movimento
	• Interruptor por Detecção de Movimento

 DEEC Projeto Edifício Zero +	PROBLEMA Cargas Sociais em Julho de 2013	RECEBENTE ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Piso II 3030 Coimbra	FOLHA Nº 8 DE S/E
	PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS Circuitos de Iluminação Piso 3		



LEGENDA	
	— Contador
	— Disjuntor
	— Quadro Elétrico
	Conjunto contador, disjuntor e Quadro Elétrico
	— Caixa de Coluna
	Quadro Geral de Baixa Tensão do DEEC
	— Quadro de Colunas

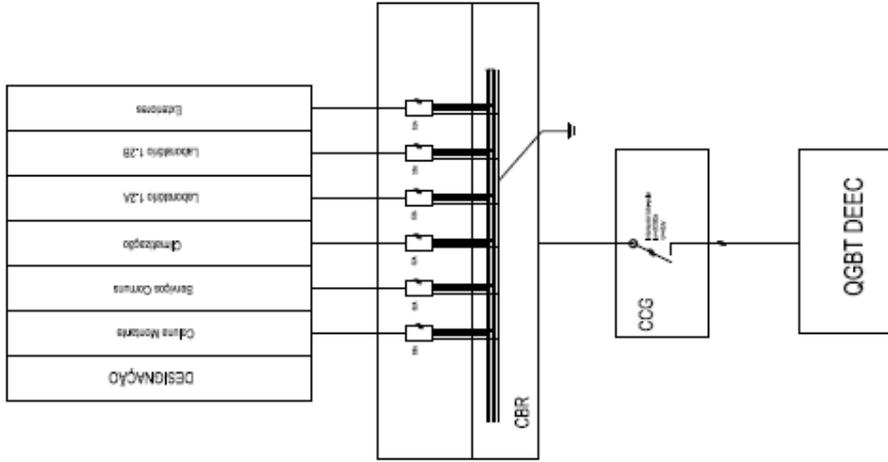
	PROJETO: Carlos Soares DATA: julho de 2013	INSTITUICAO: ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Polo II 3030 Coimbra	ESCALA: 9 S/E
	PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS Coluna Montante		



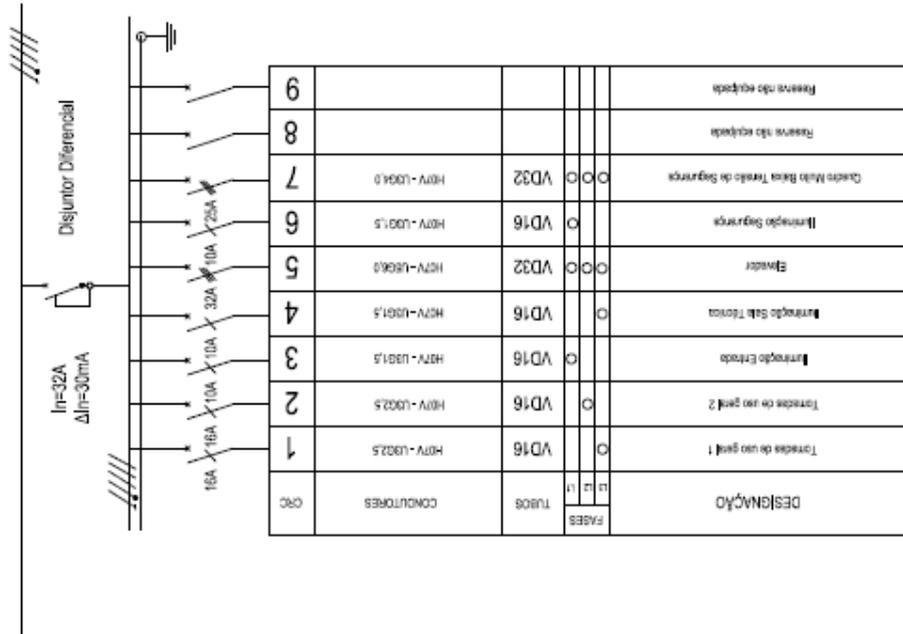
Legenda
CPS - Caixa de Proteção de Saída do CC
CBR - Caixa de Barramento do CC
CCG - Caixa de Corte Geral do CC
CC - Caixa de Coluna
QC - Quadro de Coluna

 <p>DEEC Projeto Edifício Zero +</p>	PROJETISTA: Carlos Soares	REQUERENTE: ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Pólo II 3030 Coimbra	DESENHO Nº: 10
	DATA: Julho de 2013	PROJETO: PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS Quadros Coluna Montante	ESCALA: S/E

Quadro Corte Geral

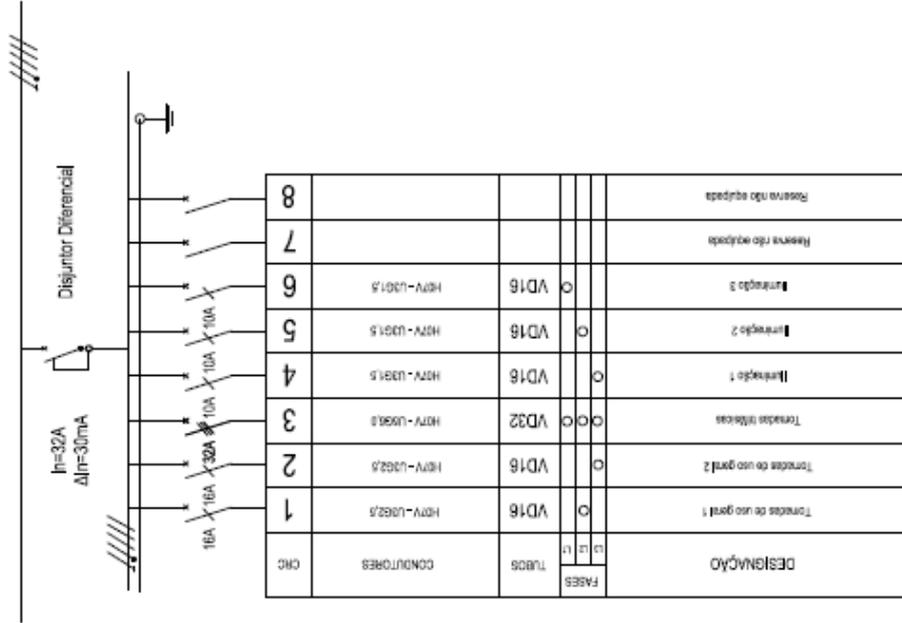


Quadro Serviços Comuns

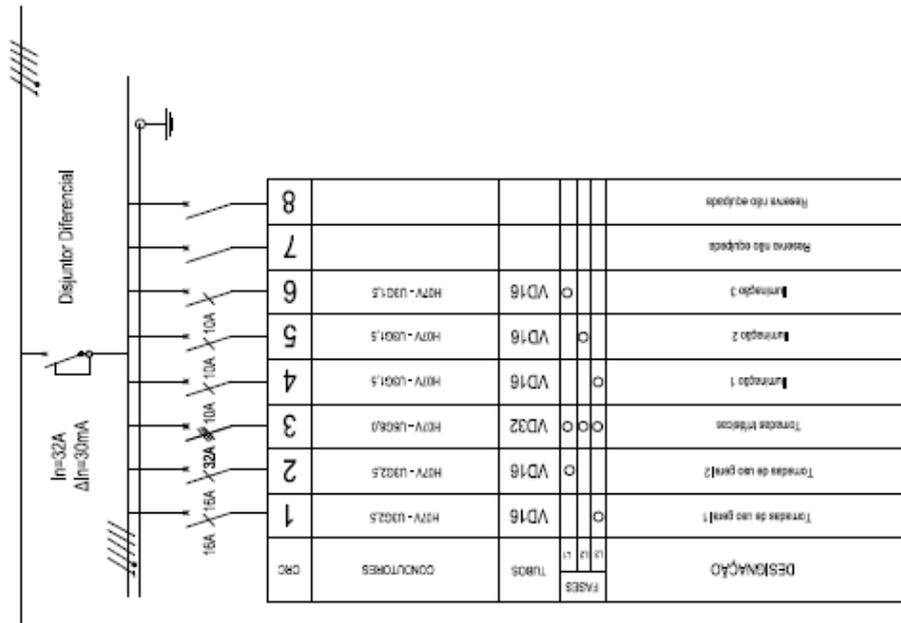


 DEEC Projeto Edifício Zero +	PROJETISTA Carlos Soares	REALIZADORA ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Pólo II 30350 Colimbra	ESCALA Nº 11
	DATA Julho de 2013	PROJETO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS Quadro Corte Geral e Quadro Serviços Comuns	ESCALA S/E

Quadro Parcial Laboratório 1.2B

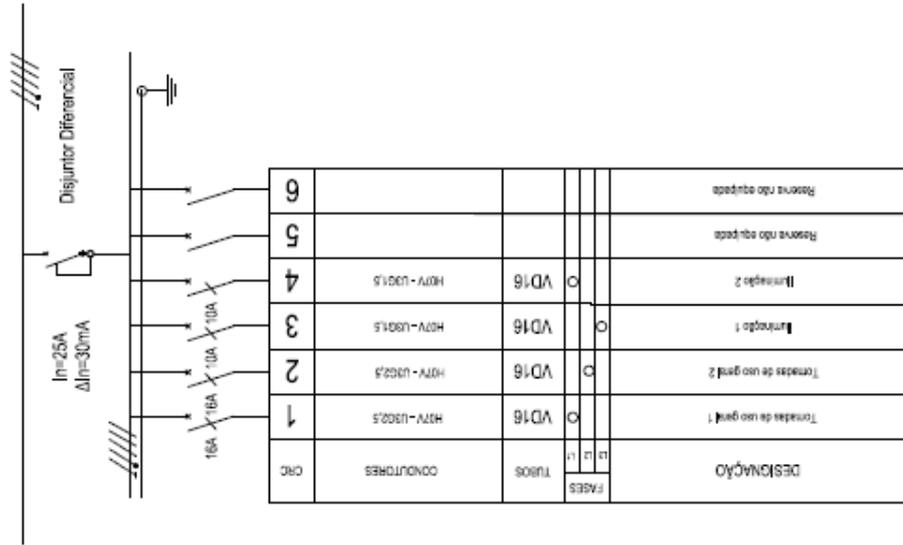


Quadro Parcial Laboratório 1.2A

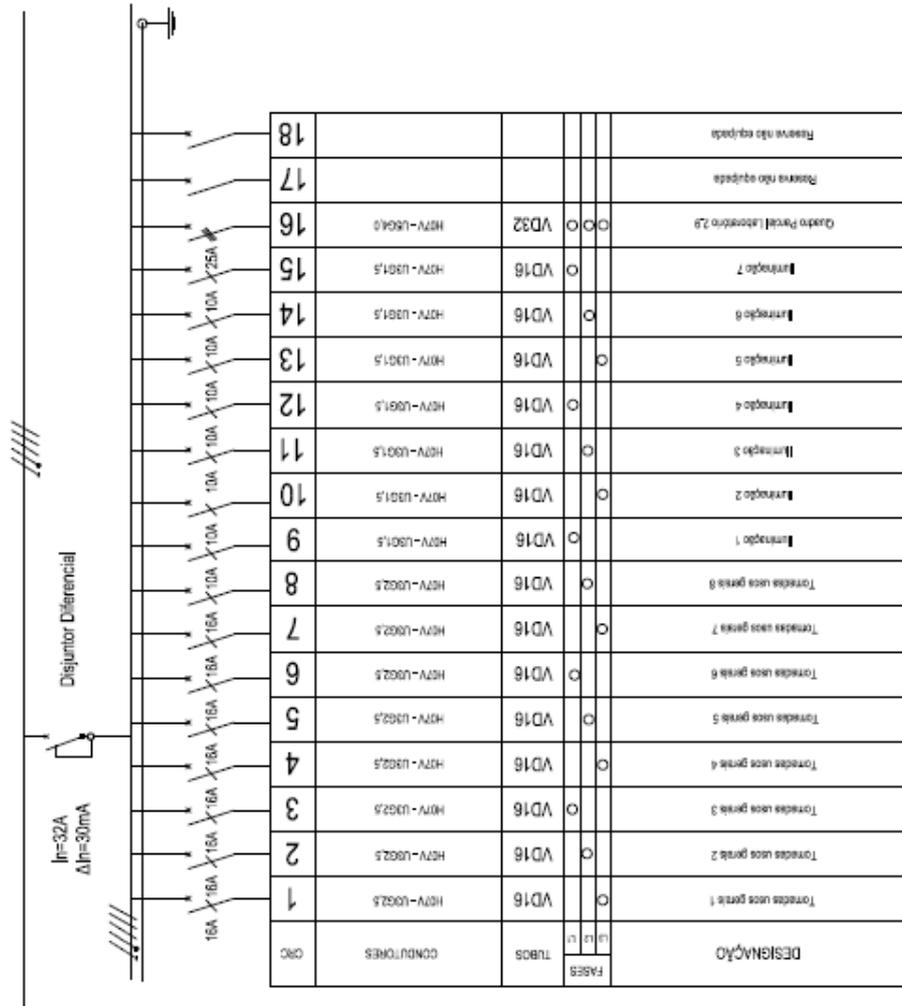


	PRELIMINAR Carlos Soares	REALIZANTE ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Polo II 3030 Colômbia	FOLHA Nº 13 TOTAL S/E
	DATA Julho de 2013	PROJETO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS Quadros Parciais dos Laboratórios 1.2A e 1.2B	

Quadro Parcial Laboratório 2.9 / 3.6



Quadro Parcial Piso 1



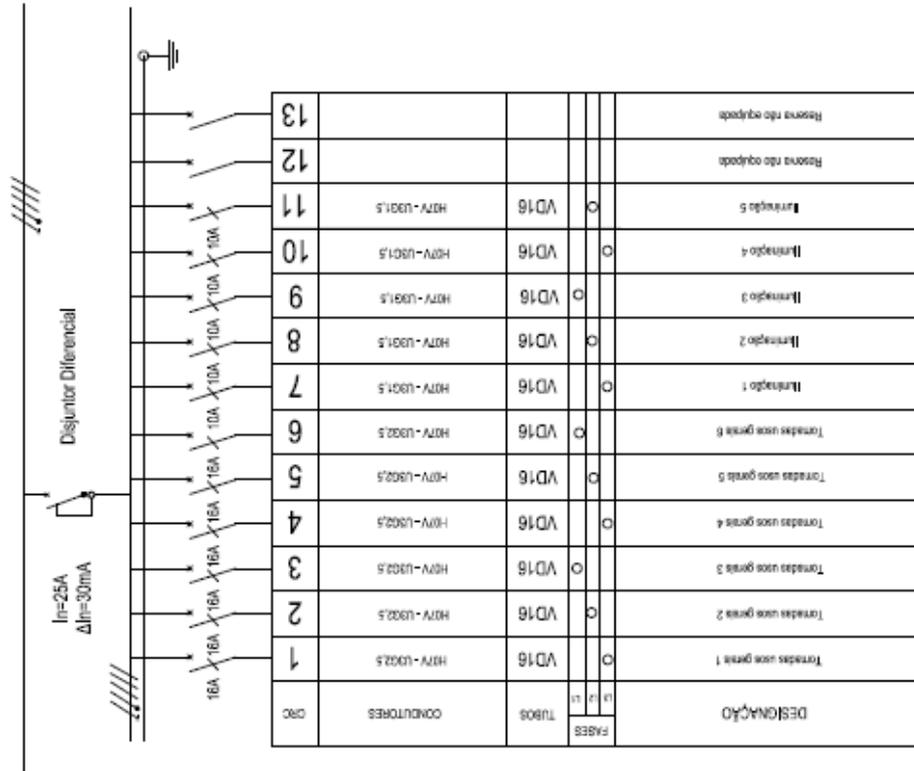
PROJETO: Carlos Soares
 DATA: Julho de 2013

REVISÃO: 14
 DATA: S/E

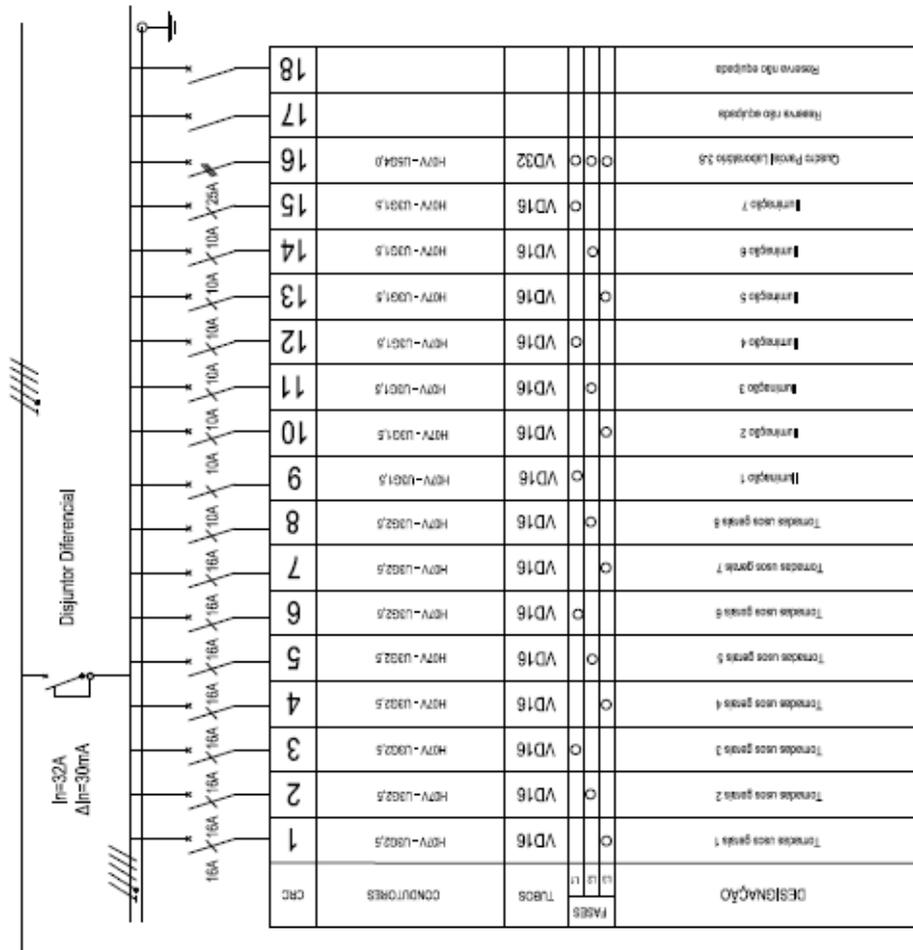
INSTITUIÇÃO: Instituto de Sistemas e Robótica
 Felo II
 3030 Coimbra

PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS
 Quadro Parcial Piso 1 e
 Quadro Parcial do Laboratório 2.9/3.6

Quadro Parcial Piso 3



Quadro Parcial Piso 2



	PROJETOS: Carlos Soares	CLIENTE: ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Polo II 3030 Colômbia	ESCALA: N° 15 DATA: S/E
	DATA: Julho de 2013	PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS Quadros Parciais Piso 2 e Piso 3	

L.2. Projeto de ITED

Local de instalação:	Tipo de tubo a aplicar:
Entradas, Laje ou Teto	VD-F, ESM/Isopli-F, MC-F
Paredes, esbôto ou cantele	VD-M, ESM/Isopli-M, MC-M
Paredes ou teto de gesso	MA-M, MA-F
Suportes, zona acesso passivo	VD-M
Suportes, zona acesso passivo	VD-F

Tipo de tubo a aplicar:

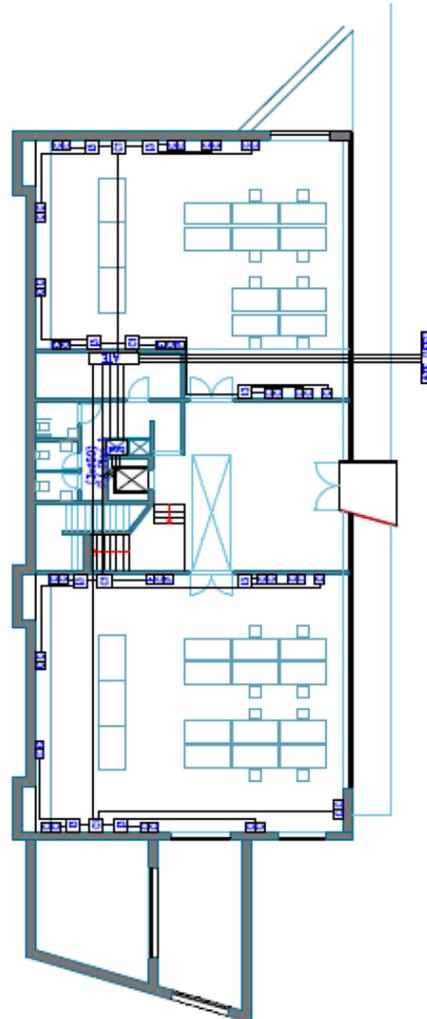
Tipo	Designação corrente	Resistência choque	Compressão/choque	Atenuação
Rígido	VD	Média	750 N/2 J	VD-M
Isolante		Forte	1250 N/6 J	VD-F
Multível	ESM/Isopli	Média	750 N/2 J	ESM/Isopli-M
Isolante		Forte	1250 N/6 J	ESM/Isopli-F
	Coronado e/ m. l. lsa (MC)	Média	750 N/2 J	MC-M
	Arabo	Forte	1250 N/6 J	MC-F
	(MA)*	Média	750 N/2 J	MA-M
		Forte	1250 N/6 J	MA-F

* Comprido ao EN 50085-2-2 ou EN 50086-2-4
Os tubos devem ter a parede interior lisa.

Caboas da rede Individual e coletiva	
Tipo	Dimensões interiores mínimas L x A x P (mm)
P, C, PP e FT, aparelhagem	53 x 53 x 35
LS, passagem	160 x 80 x 55
ATE, armário técnico	900 x 600 x 200 (cab. 40 fios)

Simbologia dos tipos:

- E** Caixa de aparelhagem tipo II, p/ cabos em par de cobre, tomada de telefone - RJ45 Cat. 6
 - ES** Caixa de aparelhagem tipo II, p/ 2 cabos em par de cobre, 2 tomadas de telefone - RJ45 Cat. 6
 - E** Caixa de aparelhagem tipo II, p/ cabo de fibra ótica e/ 2 fibras, tomada de fibra ótica
 - E** Caixa de aparelhagem tipo II, p/ cabo coaxial, tomada TV, SAT e/ou + Rádio
 - LS** Caixa de passagem tipo ls
 - MA** Armário de Telecomunicações Individual (ATI)
 - MA** Armário de Telecomunicações de Edifício DEEC
 - MA** Armário de Telecomunicações de Edifício ATE
- Nota - As canalizações, tubos e cabos(s), serão enterradas ou embutidas nas paredes, tetos e/ou pavimentos.



 DEEC Projeto Edifício Zero +	PROJETA Carlos Soares JRM Julho de 2013	RESUMO ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Pêlo II 3030 Coimbra PROJETO ITED Rede de Distribuição de Infra-Estrutura ITED Piso 0	ESCALA 1 S/E
	Nota:		Nota:

Local de instalação:

Externo, Laje ou Teto	VO-F, ERM/Isolatis-F, MC-F
Paredo, estufa ou correia	VO-M, ERM/Isolatis-M, MC-M
Paredo ou teto de alvenaria	MA-M, MA-P
Sala, zona acesso privado	VO-M
Sala, zona acesso público	VO-F

Tipo de tubo a aplicar:

Designação corrente	Resistência Média	Compressão/ alongue	Abrevidatura
Rígido	Média	750 N/2 J	VO-M
Isolante	Forte	1250 N/6 J	VO-F
Moldável	Média	750 N/2 J	ERM/ Isolatis-M
Isolante	Forte	1250 N/6 J	ERM/ Isolatis-F
Coronado c/ m. l. for. (MC)	Média	750 N/2 J	MC-M
Armad. (MA)	Forte	1250 N/6 J	MC-F
	Média	750 N/2 J	MA-M
	Forte	1250 N/6 J	MA-F

* Comprido de EN 50306-2 ou EN 50306-4
Os tubos devem ter a parede interior lisa.

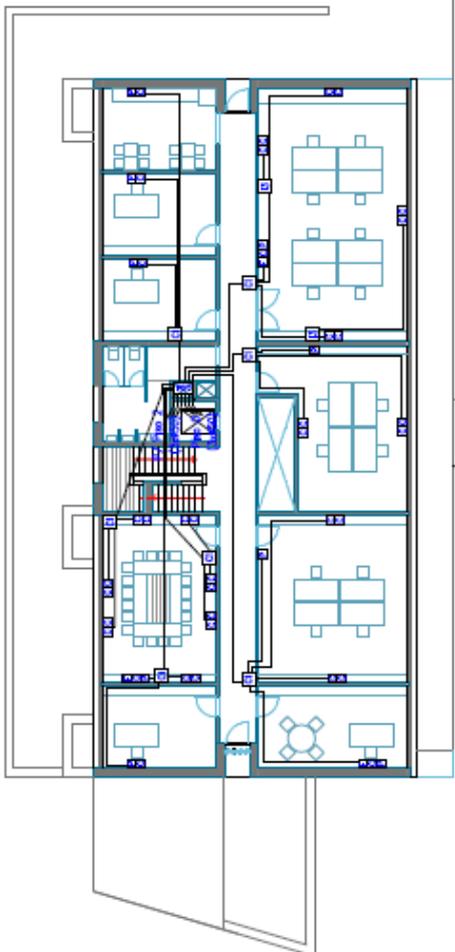
Caixas da rede Individual e coletiva

Tipo	Dimensões interiores mínimas L x A x P [mm]
P, C, PP e FF, quadrilagem	53 x 53 x 55
D, passagem	160 x 80 x 55
C1, passagem	250 x 300 x 120
C.Col., caixa de colunã	400 x 400 x 150

Exemplo de uma tomada ZAP



- Símbolos/Designação:**
- ZE Zona de acesso privilegiado, ZAP
 - ZE Caixa de operação tipo II, p/ cabos em par de cobre, tomada de telefone - RJ45 Cat. 6
 - ZE 2 tomadas de telefone - RJ45 Cat. 6
 - ZE Caixa de operação tipo II, p/ cabo de fibra ótica c/ 2 fibras, 2 tomadas de fibra ótica
 - ZE Caixa de operação tipo II, p/ cabo coaxial, tomada TV, Sinal/Audio/Video tipo II, p/ 2 cabos em par de cobre, Caixa de passagem tipo K
 - ZE Caixa de passagem tipo Cx
 - ZE Armário de Telecomunicações Individual (ATI)
 - ZE Caixa de colunã
- NOTA: - As correntes, tubos e cabos, serão enterrados ou embutidos nas paredes, tetos e/ou pavimentos.



	PROJETISTA Carlos Soares	REVISOR ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Polo II 3030 Colmbéia	REGISTRO Nº 2
	DATA Julho de 2013	PROJETO PROJETO ITED Rede de Distribuição da infra-estrutura ITED Piso 1	ESCALA S/E

Local de instalação	Tipo de tubo a aplicar:
Estrutura, Lote ou Teto	VO-F, ERM/Isogrís-F, MC-F
Paredes, entreij no correio	VO-M, ERM/Isogrís-M, MC-M
Paredes ou teto de gábia	MA-M, WA-F
Sala de máquinas, zona acesso prioritário	VO-M
Sala de máquinas, zona acesso público	VO-F

Tipo de tubo a aplicar:			
Designação corrente	Resistência	Compressão/choque	Aprestatura
Rígido isolante	Média	750 N/2 J	VO-M
	Forte	1250 N/6 J	VO-F
Moldável isolante	Média	750 N/2 J	ERM/Isogrís-M
	Forte	1250 N/6 J	ERM/Isogrís-F
Conjuntado c/ Im. l. Isol. (MC) Anilado (MA)*	Média	750 N/2 J	MC-M
	Forte	1250 N/6 J	MC-F
	Média	750 N/2 J	MA-M
	Forte	1250 N/6 J	MA-F

* Cumprido as EN 50086-2-2 ou EN 50085-2-4 Os tubos devem ter a parede interior lisa.

Categorias da rede individual e coletiva	
Tipo	Dimensões interiores mínimas L x A x P [mm]
P, C, PE e FF, aparelhagem	53 x 53 x 55
CA, passagem	160 x 80 x 55
CI, passagem	250 x 300 x 120
CCOII, caixa de coluna	400 x 400 x 150

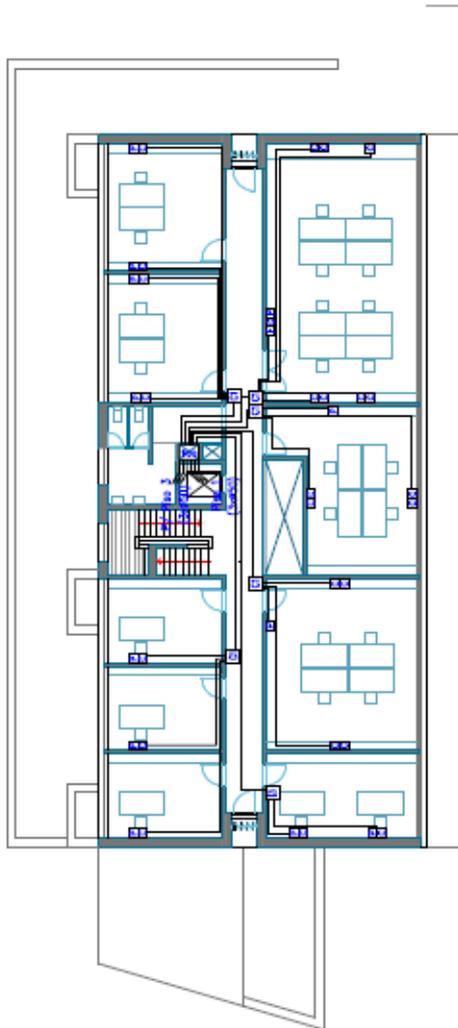
Exemplo de uma tomada ZAP



Símbolos/Designações:

- ZAP Zona de acesso privilegiado, ZAP
- CA Caixa de aparelhagem tipo II, p/ cabos em par de cobre, tomada de telefone - RMS Cat. 6
- CI Caixa de aparelhagem tipo II, p/ 2 cabos em par de cobre, 2 tomadas de telefone - RMS Cat. 6
- CI Caixa de aparelhagem tipo II, p/ cabo de fibra ótica c/ 2 fibras, 2 tomadas de fibra ótica
- COII Caixa de aparelhagem tipo II, p/ cabo coaxial, tomada TV, SAT e/ou Rádio
- CA Caixa de passagem tipo I
- CI Caixa de passagem tipo Cx
- CI Armário de Telecomunicações Individual (ATI)
- COII Caixa de colunas

Nota: - As catotações, tubo(s) + cabo(s), serão efetuadas ou embutidas nas paredes, tetos e/ou pavimentos.



 DEEC Direção de Engenharia e Edificações Civis	PRESIDENTE: Carlos Soares	INSTITUIÇÃO: ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Pólo III 3030 Coimbra	ESCALA: 1° 3
	DATA: Julho de 2013	PROJETO: PROJETO ITED Rede de distribuição de fibra-estrutura ITED Piso 2	COORDENADOR: S/E

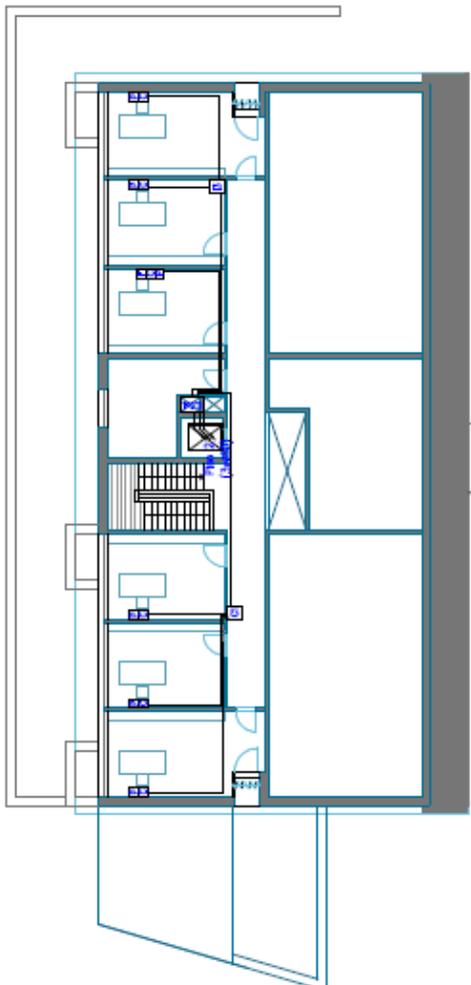
Local de instalação:	Tipo de tubo a aplicar:
Enterrado, laje ou tecto	VO-F, EM/Isogris-F, MC-F
Paredes, estuque ou concreto	VO-M, EM/Isogris-M, MC-M
Paredes ou tecto de gabiola	MA-M, MA-F†
Salairela, zona acesso privado	VO-M
Salairela, zona acesso público	VO-F

Tipo de tubo a aplicar:			
Tipo	Designação corrente	Compressão/ chisgado	Abertura
Rígido isolante	Média	750 N/2 J	VO-M
	Forte	1250 N/5 J	VO-F
Molevel isolante	Média	750 N/2 J	EM/Isogris-M
	Forte	1250 N/5 J	EM/Isogris-F
Cortado e/ m. l. la (MC)	Média	750 N/2 J	MC-M
	Forte	1250 N/5 J	MC-F
Anelada (MA)	Média	750 N/2 J	MA-M
	Forte	1250 N/5 J	MA-F

* Cumprido as EN 50085-2-2 ou EN 50086-2-4. Os tubos devem ser a parede interior lisa.

Caixas da rede individual e colectiva	
Tipo	Dimensões interiores mínimas L x A x P [mm]
P, C, PP e FF, aparelhagem	53 x 53 x 55
L, passagem	160 x 80 x 55
C1, passagem	250 x 300 x 120
C, CA, caixa de coluna	400 x 400 x 150

Exemplo de uma tomada ZAP



Símbolos/Designação:

- Zona de acesso privilegiado, ZAP
 - Caixa de aparelhagem tipo II, p/ cabos em par de cobre, tomada de telefone – RMS Cat. 6
 - Caixa de aparelhagem tipo II, p/ 2 cabos em par de cobre, 2 tomadas de telefone – RMS Cat. 6
 - Caixa de aparelhagem tipo II, p/ cabo de fibra ótica e/ 2 fibras, 2 tomadas de fibra ótica
 - Caixa de aparelhagem tipo II, p/ cabo coaxial, tomada TV, SA† e/ou † Rádio
 - Caixa de passagem tipo Ia
 - Caixa de passagem tipo Cx
 - Armário de Telecomunicações Individual (ATI)
 - Caixa de coluna
- Nota – As simbologias, telef(†) e cabos(s), serão entalhadas ou embutidas nas paredes, tetos e/ou pavimentos.

 DEEC Projeto Edifício Zero +	AUTOR: Carlos Soares	DATA: Julho de 2013	CLIENTE: ISR – Instituto de Sistemas e Robótica Polo II 3030 Coimbra	FOLHA Nº: 4
	PROJETO ITED Rede de Distribuição de Infra-Estrutura ITED Piso 3			ESCALA: S/E

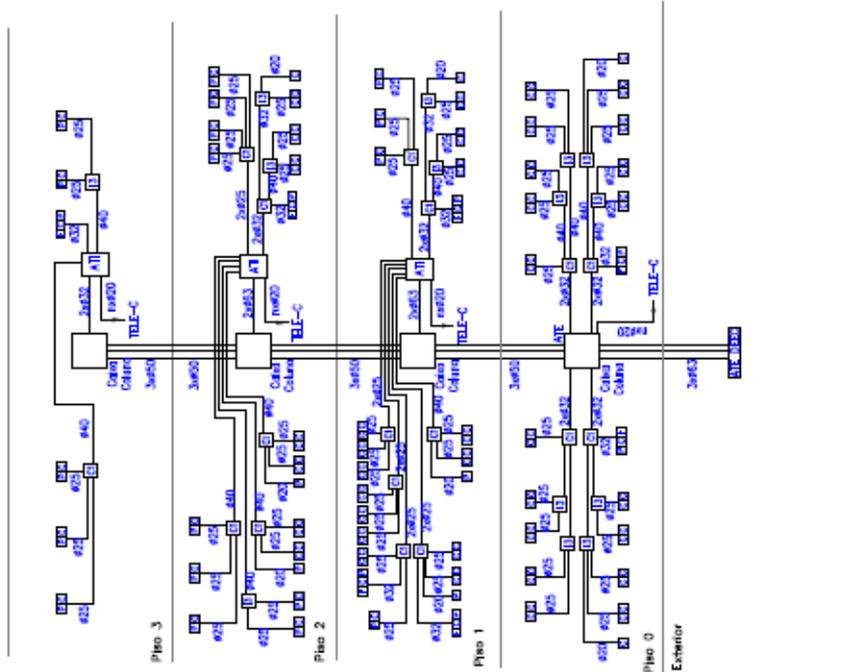
Local de Instalação:	Tipo de tubo a aplicar:
Estradas, Uije ou Telo	VD-F, ERM/Isolats-F, WC-F
Paredes, estara ou corrimão	VD-M, ERM/Isolats-M, WC-M
Paredes ou teto de estala	WA-M, WA-P
Sala de aula, zona acesso privado	VD-M
Sala de aula, zona acesso público	VD-F

Tipo de tubo a aplicar:		Compressivo/descompressivo	Alimentação
Tipo	Designação corrente	750 N/2 J	VD-M
	Resistência	1250 N/6 J	VD-F
Rijado isolante	VD	750 N/2 J	ERM/Isolats-M
	Força	1250 N/6 J	ERM/Isolats-F
Medevid isolante	ERM/Isolats	750 N/2 J	WC-M
	Força	1250 N/6 J	WC-F
Corrigido c/ In. L. Is. (MC)	Misla	750 N/2 J	WA-M
	Força	1250 N/6 J	WA-F
Acabado (M/F)	Misla	750 N/2 J	VD-M
	Força	1250 N/6 J	VD-F

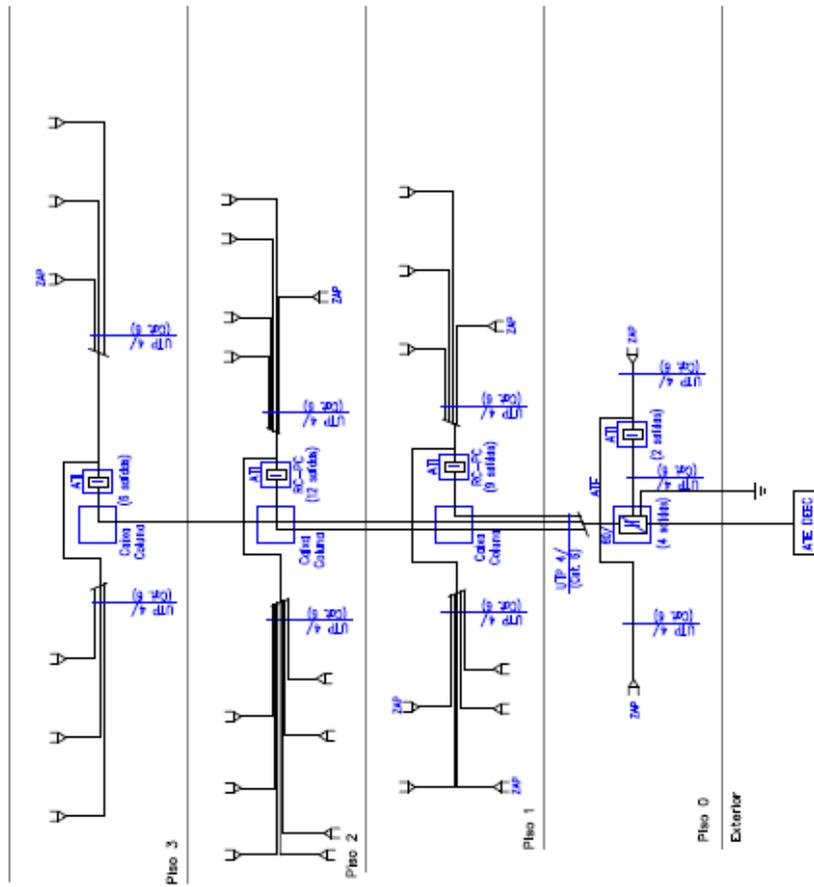
* Comprado as EN 50085-2-2 ou EN 50086-2-4
Os tubos devem ter a parede interior lisa.

Cabo da rede individual e coletiva		Dimensões interiores mínimas
Tipo	L x A x P [mm]	
P, C, PH e FF, aparelhagem	53 x 53 x 50	
U, passagem	150 x 90 x 95	
C1, passagem	250 x 300 x 120	
C2, Col., caixa de coluna	400 x 400 x 150	
ATE, armário único	800 x 800 x 200	

- Instalação:**
- Zona de acesso privilegiada, ZAP
 - Caixa de aparelhagem tipo II, p/ cabos em par de cobre, tomada de telefone - RJ45 Cat. 6
 - Caixa de aparelhagem tipo II, p/ 2 cabos em par de cobre, 2 tomadas de telefone - RJ45 Cat. 6
 - Caixa de aparelhagem tipo II, p/ cabo de fibra ótica c/ 2 fibras, 2 tomadas de fibra ótica
 - Caixa de aparelhagem tipo II, p/ cabo coaxial, tomada TV,
 - Caixa de passagem tipo Ix
 - Caixa de passagem tipo Cx
 - Armário de telecomunicações individual, AI
 - Armário de Telecomunicações de Edifício (DEE)
 - Caixa de coluna
 - Armário de Telecomunicações de Edifício
- at: Armário de Telecomunicações de Edifício
 tel-c: Armário de Telecomunicações de Edifício
 arm-c: Armários de computadores de água e electricidade.



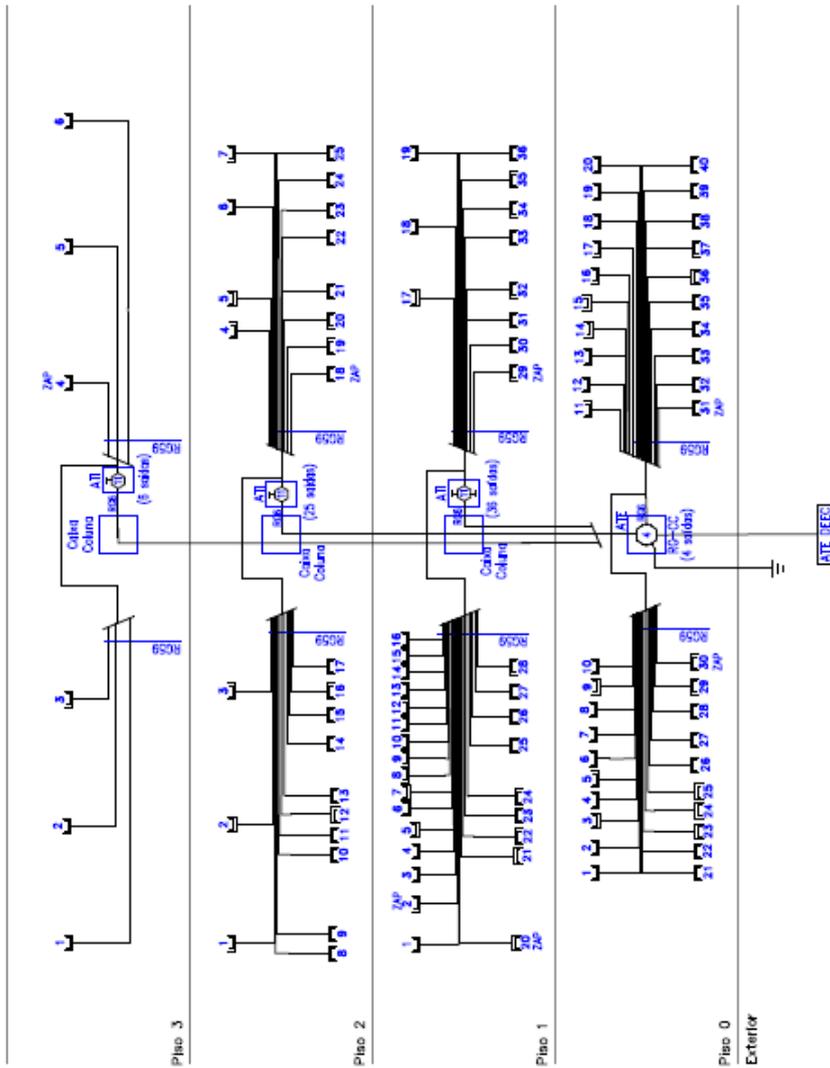
 DEEC Projeto Edifício Zero +	PROJETO: Carlos Soares	INSTITUIÇÃO: ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Fêdo II 5050 Coimbra	ESCALA: 1/5 S/E
	DATA: julho de 2013	PROJETO: Rede de Telecomunicações e Cabeamento de Infra-Estruturas ITED do Edifício	



Legenda:

- Repartidor geral de par de cobre, RG-PC, c/ indicação do n.º de saídas, com protecção.
- Repartidor de cliente de par de cobre, RC-PC, c/ indicação do n.º de saídas.
- Y Tomada de telefone - RJ45 cat.5
- UTP Cabo par de cobre, UTP de 4/, cat.5
- ⊥ Terra de protecção
- ZAP Zona de acesso privilegiado, ZAP
- Arário de telecomunicações individual, AT
- Arário de Telecomunicações de Edifício DEEC
- caixa
- caixa de coluna
- Arário de Telecomunicações de Edifício

<p>DEEC Projeto Edifício Zero +</p>	<p>PROFESSOR: Carlos Soares</p>	<p>REQUERENTE: ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Pólo II 30.30 Colúmbia</p>	<p>DESIGNO Nº: 6</p>
	<p>DATA: Julho de 2013</p>	<p>PROJETO: PROJETO IED Rede de Cobre Par de Cobre (PC)</p>	<p>ESCALA: S/E</p>



Legenda:

- Repetidor geral de cabo coaxial, RO-CC, c/ indicação do n.º de saídas, c/ proteção.
- ⊥ Tomada de TV, SAT e/ou + Rádio
- ⊥ Cabo coaxial
- ⊥ Carga coaxial de 75 ohms p/ repetidor coaxial
- ⊥ Terra de proteção
- ⊥ Armário de Telecomunicações Individual (ATI)
- ⊥ Armário de Telecomunicações de Edifício DEEC
- ⊥ Caixa de coluna
- ⊥ Armário de Telecomunicações de Edifício

ATE DEEC
c.col
ATE

	<p>PROJETISTA Carlos Soares</p> <p>DATA julho de 2013</p>	<p>REALIZANTE ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Pólo II 3030 Coimbra</p> <p>PROJETO Rede de Cabos Coaxiais (CC) de CATV do Edifício</p>	<p>DESENHO N.º 7</p> <p>ESCALA S/E</p>
--	---	--	--

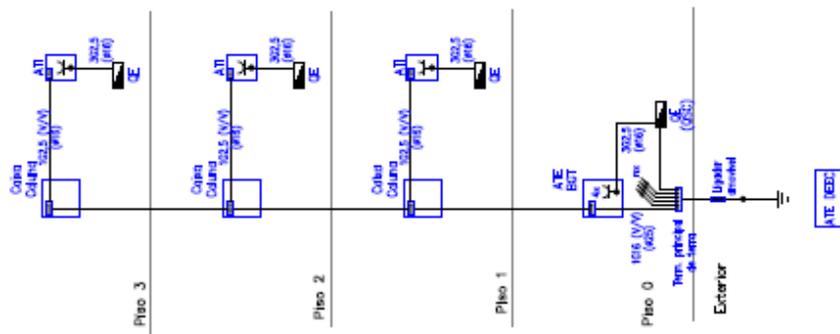
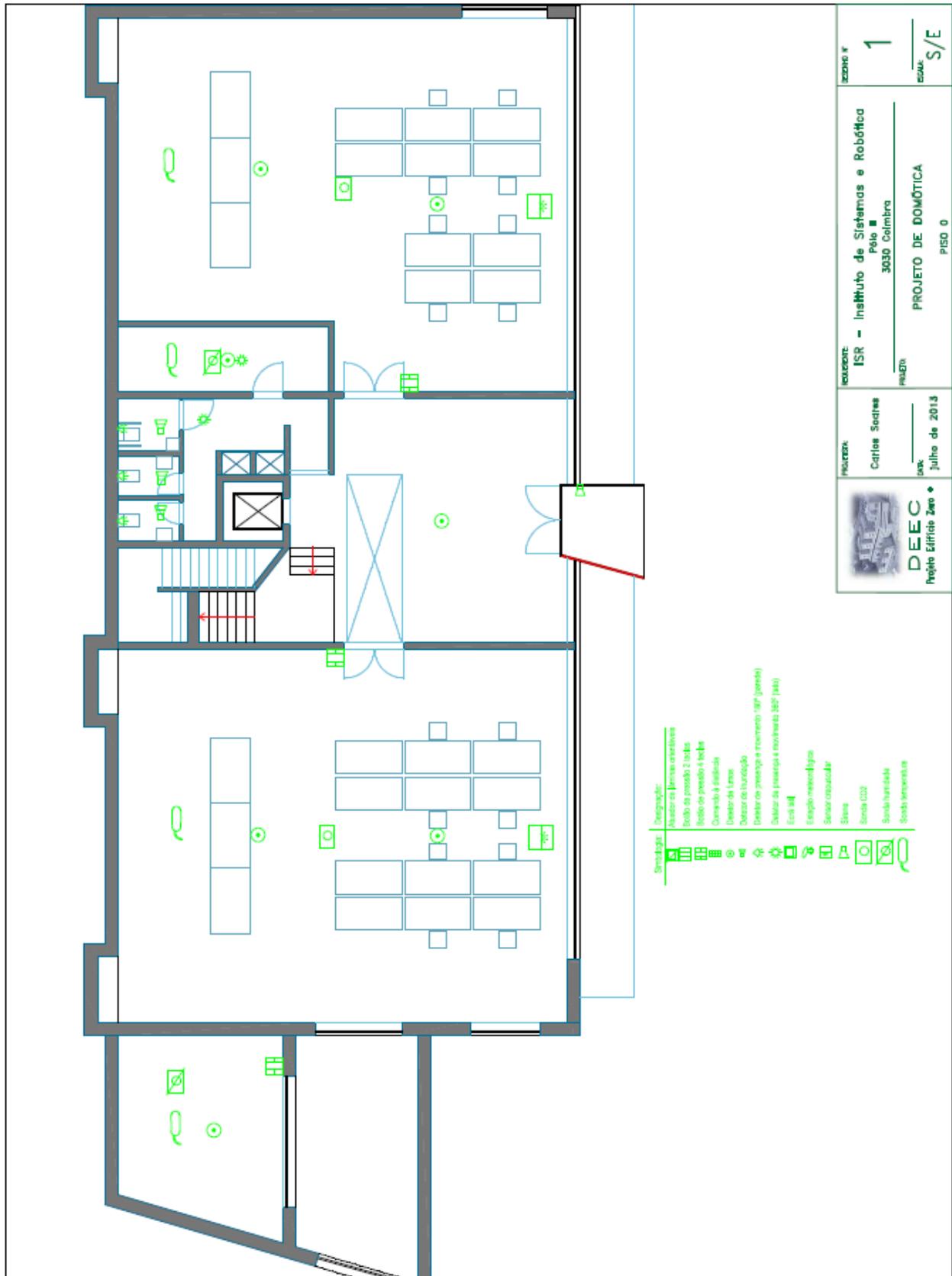


Tabela de Símbolos	
	Barramento de Terra
	Cabo de terra, verde vermelho
	Descarregador de sobretensão para cabos coaxiais
	Terra de proteção
	Quadro Elétrico
	Armário de telecomunicações individual (ATI)
	Armário de Telecomunicações de Edifício DEEC
	Cabeira de coluna
	Armário de Telecomunicações de Edifício (ATE)

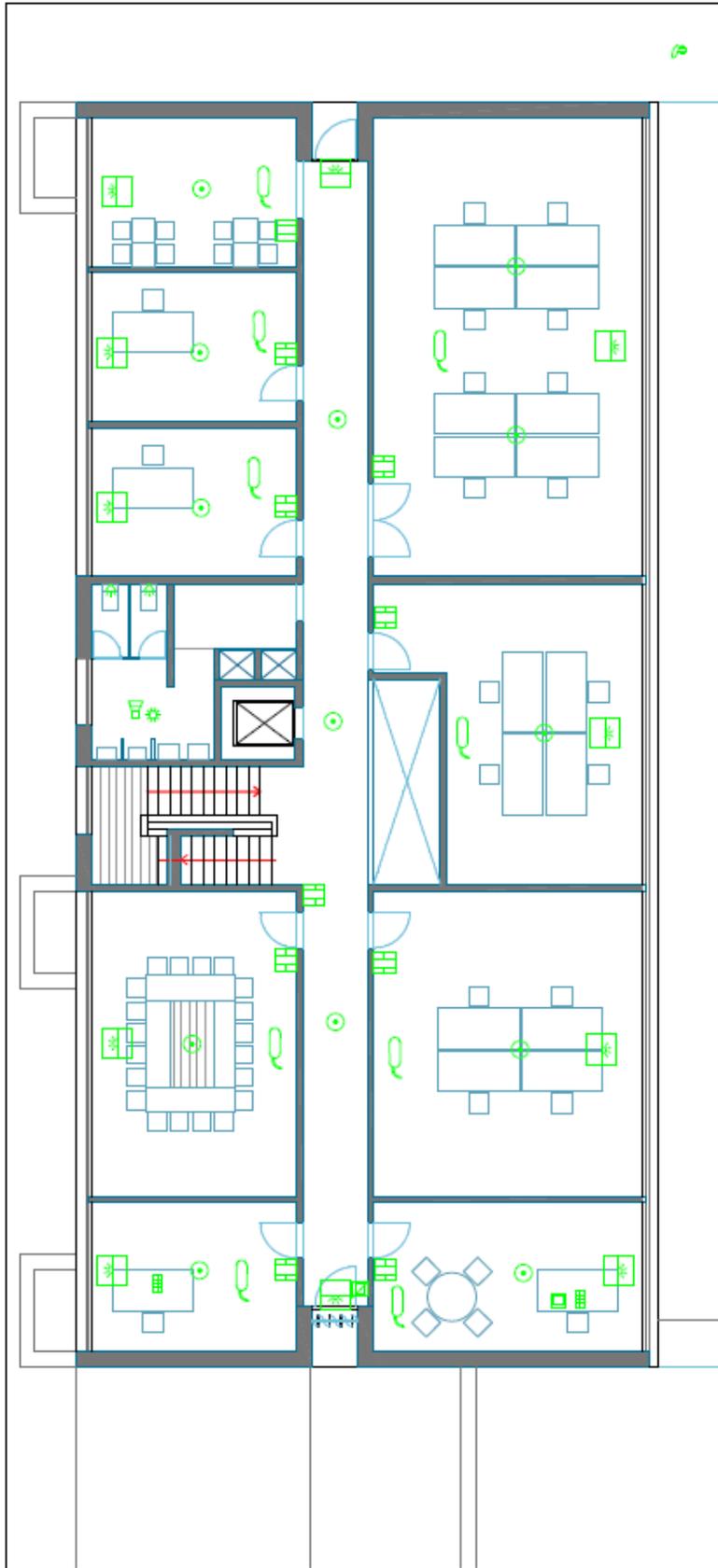
	PROJETOR: Carlos Soares	INSTAUMENTO: ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Pólo II 3030 Coimbra	DESIGNO N. 8
	DATA: julho de 2013	PROJETO: PROJETO ITED Esquema Elétrico e Rede de Terra do Infra-estrutura ITED do Edifício	ESCALA: S/E

L.3. Projeto de Domótica



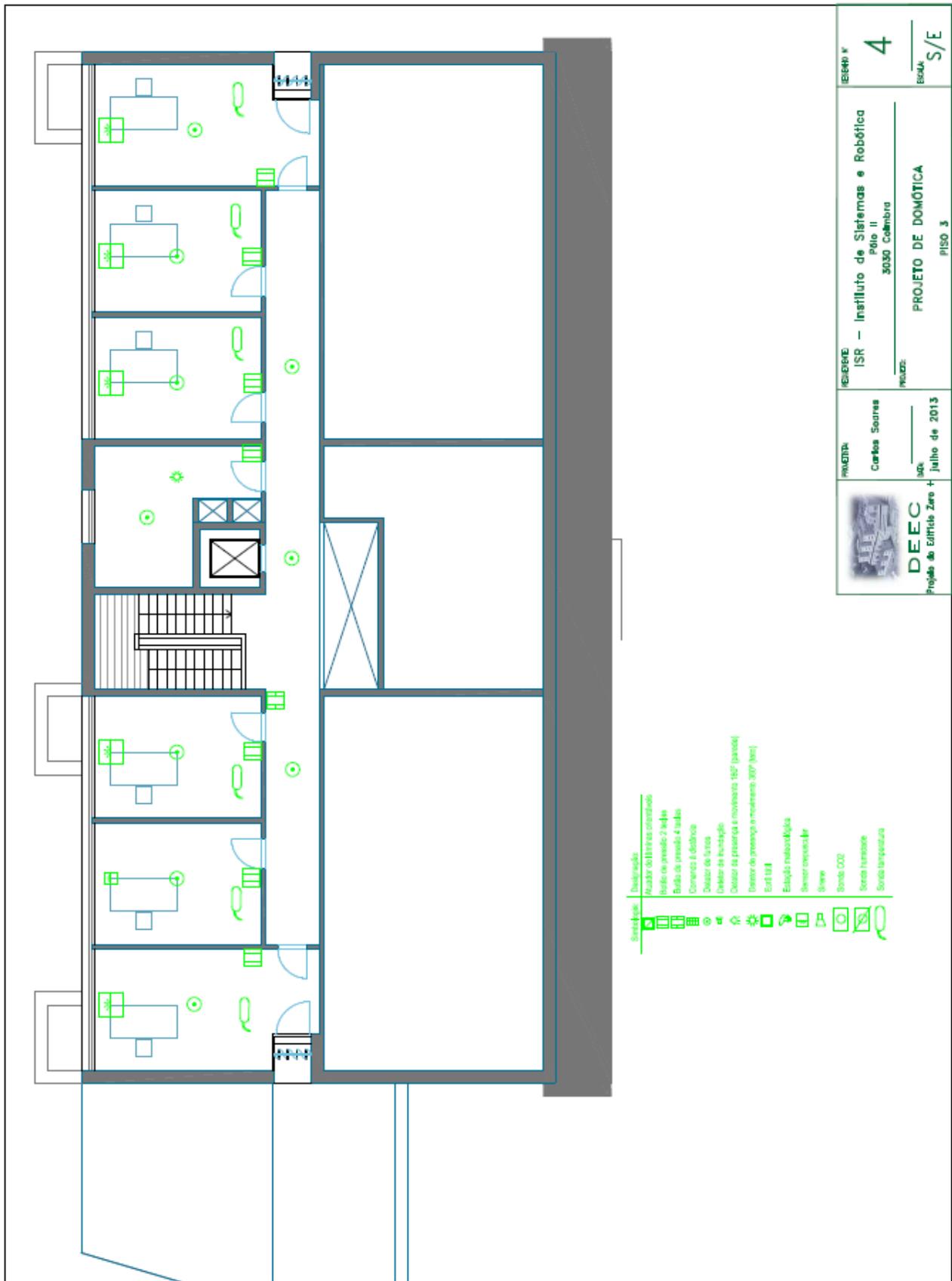
- Simboliza**
-  Placa de leitura de cartões
 -  Botão de pressão 2 tocas
 -  Botão de pressão 4 tocas
 -  Comando à distância
 -  Detector de fumaça
 -  Detector de humidade
 -  Detector de presença e movimento 180° (passivo)
 -  Detector de presença a microondas 360° (passivo)
 -  Estatua
 -  Exemplo de sensor de água
 -  Sensor capacitivo
 -  Sirene
 -  Sensor CO2
 -  Sensor de humidade
 -  Sensor temperatura

	INICIAR: Carlos Soares DATA: Julho de 2013	LOCALIZAÇÃO: ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Piso 1 3030 Coimbra	ESCALA: 1 / S/E
	PROJETO DE DOMÓTICA PISO 0		



- Simbolos**
- Alvarô de leitura orientada
 - Botão de pressão 2 ledes
 - Botão de pressão 4 ledes
 - Comando à distância
 - Detector de fumaça
 - Detector de inundação
 - Detector de presença e movimento 180° (passivo)
 - Escal. 180°
 - Estação meteorológica
 - Sensor computador
 - Sirene
 - Sonda CO2
 - Sonda humidade
 - Sonda temperatura

	PROFESSOR Carlos Soares	PROFESSORA ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Polo III 30350 Coimbra	EDIFÍCIO N.º 2
	Junho de 2013	PROJETO PROJETO DE DOMÓTICA	ESCALA S/E



	PRACETA Carlos Soares	REQUERENTE ISR - Instituto de Sistemas e Robótica Pólo II 3030 Coimbra	ESCALA Nº 4 ESCALA S/E
	data: _____ Julho de 2013	PROJETO DE DOMÓTICA PISO 3	