



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

AUDITORIA ENERGÉTICA

Edifício de Ensaios de Componentes



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

AUDITORIA ENERGÉTICA

Edifício de Ensaios de Componentes

CD LNEC

Lisboa • setembro 2022

I&D CONSELHO DIRETIVO

RELATÓRIO 269/**2022** – **CD**

Título

AUDITORIA ENERGÉTICA

Edifício de Ensaios de Componentes

Autoria

DEPARTAMENTO DE EDIFÍCIOS

Armando Pinto

Investigador Auxiliar, Núcleo de Acústica, Iluminação, Componentes e Instalações

Rafaela Mateus

Bolseira de Investigação, Núcleo de Acústica, Iluminação, Componentes e Instalações

Mariana Neto

Bolseira de Doutoramento, Núcleo de Acústica, Iluminação, Componentes e Instalações

Colaboração

CONSELHO DIRETIVO

José Alexandre Veríssimo

Técnico Superior, Núcleo de Tecnologias da Informação em Engenharia Civil

DEPARTAMENTO HIDRÁULICA E AMBIENTE

Ricardo Martins

Especialista de informática G1N2, Grupo de Tecnologias de Informação em Água e Ambiente

CENTRO DE INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

Pedro Amarante

Técnico Superior, Setor da Construção e Conservação das Instalações

Ricardo Martins

Assistente Técnico, Setor da Construção e Conservação das Instalações

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 269/2022

Proc. 0102/1201/21419

CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DO LNEC

Edifício de Ensaios de Componentes

Resumo

Os edifícios em Portugal são responsáveis por cerca de 30 % de consumo de energia primária. A Administração Pública Central tem uma estratégia para o desenvolvimento e implementação de medidas de eficiência energética e descarbonização. Em 2012 foi estabelecido o programa ECO.AP, o qual atualmente (ECO.AP 2020) tem como objetivos reduzir em 40% os consumos de energia primária e de contribuir para que 10% do consumo de energia seja assegurado por soluções de autoconsumo com origem em fontes de energia renovável. Estes objetivos encontram-se suportados no Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030) e no Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050), reafirmando a prioridade da eficiência energética, alinhada com a descarbonização, a promoção das fontes de energia renovável e a eficiência do uso de recursos. A implementação do programa ECO.AP assenta na certificação do desempenho energético de edifícios e na identificação e caracterização dos consumos de energia e fontes de energia.

Em 2018 foi iniciado um estudo destinado a promover a avaliação da eficiência energética dos edifícios do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Para este efeito, recolheu-se informação de projeto e efetuou-se um levantamento das características do edifício (volumetria, envolvente, ocupação e usos de energia). O LNEC dispõe de contadores gerais de energia elétrica e de contadores nos dez Postos de Transformação (PT). De forma a se obterem os consumos desagregados de energia por edifício foram realizadas medições dos consumos de energia nos PTs e nos quadros elétricos dos edifícios. Com estes dados é possível realizar a validação da simulação energética dos edifícios e efetuar a avaliação da eficiência energética dos edifícios do LNEC de acordo com a metodologia do SCE.

Este relatório apresenta os resultados da avaliação da eficiência energética do edifício, nomeadamente indica as dimensões relevantes e a informação sobre a ocupação, os equipamentos, a iluminação e os sistemas de climatização, de ventilação e de água quente sanitária existentes no edifício. Apresenta as características da envolvente opaca e envidraçada do edifício. Estes dados, arquivados na base de dados CE.LNEC, serviram de suporte ao desenvolvimento e validação do modelo de simulação energética, com base nos consumos reais. Por fim, apresentam-se os indicadores de desempenho energético do edifício obtidos com o simulador SE.LNEC (Simulador Energético LNEC), baseado no modelo de cálculo EnergyPlus, bem como a desagregação desses consumos por uso e o resultado do estudo das medidas de melhoria tipificadas aplicáveis ao edifício.

Palavras-chave: Eficiência energética / Certificação energética / Consumo de energia

ENERGY CERTIFICATION OF LNEC

Building "Ensaios de Componentes"

Abstract

In Portugal, buildings are responsible for about 30 % of primary energy consumption. The Central Public Administration has a strategy for the development and implementation of energy efficiency and decarbonization measures. In 2012, the ECO.AP program (ECO.AP, 2012) was established, which currently (ECO.AP, 2020) aims to reduce primary energy consumption by 40% and to contribute to 10% of energy consumption is ensured by self-consumption solutions from renewable energy sources. These objectives are supported in the National Energy and Climate Plan 2030 (PNEC 2030) and the Roadmap for Carbon Neutrality 2050 (RNC 2050), reaffirming the priority of energy efficiency, aligned with decarbonization, the promotion of renewable energy sources and resource use efficiency. The implementation of the ECO.AP program is based on the certification of buildings' energy performance and the identification and characterization of energy consumption and energy sources.

In 2018, a study was initiated to promote the assessment of Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) energy efficiency. For this purpose, project information was collected, and a survey of the building's characteristics was carried out (volumetry, envelope, occupation and energy uses). The LNEC has general electricity counters and counters in the ten Processing Stations (PT). To obtain the disaggregated energy consumption per building, measurements of energy consumption were performed in the buildings' PTs and electrical panels. With these data, it is possible to perform the validation of the energy simulation of buildings and carry out the evaluation of the energy efficiency of the Buildings of the LNEC according to the methodology of the SCE.

This report presents the building's energy efficiency assessment results indicating the relevant dimensions and information on the occupation, equipment, lighting and air conditioning, ventilation, and sanitary hot water systems in the building. It features the opaque and glazed envelope of the building. This data stored in the database CE.LNEC supported the development and validation of the energy simulation model based on actual consumption. Finally, the energy performance indicators of the building obtained with the simulator SE.LNEC (*Simulador Energético* LNEC), based on the *EnergyPlus calculation model*, as well as the breakdown of these consumptions by use and the result of the study of the typified improvement measures applicable to the building.

Keywords: Energy efficiency / Energy certification / Energy consumption

Índice

1	Introdução	1
2	Características do edifício	3
	2.1 Características gerais	3
	2.2 Zonas térmicas do edifício	4
3	Envolvente	6
	3.1 Envolvente opaca	6
	3.1.1 Paredes	6
	3.1.2 Cobertura	12
	3.1.3 Pavimento	15
	3.2 Envolvente envidraçada	16
4	Sistemas técnicos de energia	26
	4.1 Iluminação	26
	4.2 Equipamentos	32
	4.3 Climatização	44
	4.4 Ventilação	50
	4.5 Água Quente Sanitária (AQS)	52
	4.6 Transporte de pessoas e cargas	53
	4.7 Bombas	54
	4.8 Energias renováveis	55
5	Análise das faturas dos consumos de eletricidade, gás e água	56
	5.1 Eletricidade	56
	5.1.1 Consumo total do LNEC	56
	5.1.2 Consumo por posto de transformação	60
	5.1.3 Consumo por edifício	62
	5.2 Gás natural.....	64
	5.2.1 Consumo total do LNEC	64
	5.2.2 Consumo por edifício	67
	5.3 Água	70
	5.3.1 Consumo total do LNEC	70
	5.3.2 Consumo por edifício	72
	5.4 Energia renovável	72
	5.5 Energia primária e emissões de CO ₂	73
	5.6 Dados do edifício em avaliação	74
	5.6.1 Aspetos gerais	74
	5.6.2 Dados anuais para validação do modelo de simulação energética	74
	5.6.3 Desagregação do consumo de energia elétrica	75
	5.6.4 Desagregação do consumo de gás natural	75
	5.6.5 Energia primária e emissões de CO ₂	75
6	Simulação energética	77
	6.1 Calibração do modelo de simulação	77

6.2	Resultados da avaliação do desempenho energético do edifício – Classe energética ..	78
6.3	Medidas de melhoria	79
ANEXOS	85
ANEXO I	Plantas das zonas térmicas	87
ANEXO II	Perfis de utilização	93
ANEXO III	Ventilação - espaços com aberturas de admissão de ar na envolvente	97

1 | Introdução

No âmbito do projeto de Certificação Energética do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), foi realizada uma auditoria energética. Uma auditoria energética tem como principal objetivo avaliar os consumos de energia por uso e fonte de energia e identificar medidas de melhoria da eficiência energética. O procedimento adotado nesta auditoria energética seguiu o disposto no Decreto-Lei n.º 101-D/2020 de 7 de dezembro.

A abordagem à certificação energética é constituída pelas seguintes fases:

- Fase 1 – Recolha de dados;
- Fase 2 – Medições para desagregação de consumos de energia por uso e medições de conforto;
- Fase 3 – Simulação energética e avaliação da eficiência energética do edifício;
- Fase 4 – Estudo de medidas de melhoria da eficiência energética;
- Fase 5 – Preparação do relatório e emissão do certificado energético.

A primeira fase da auditoria energética consiste na recolha da informação do projeto, numa visita presencial ao edifício para efetuar um levantamento e caracterização da seguinte informação:

1. Volumetria – dimensões geométricas;
2. Envolvente – materiais de construção ou características térmicas das soluções construtivas;
3. Ocupação – tipo de espaço, densidade e perfil de ocupação do espaço;
4. Sistemas de climatização e ventilação – tipo, características técnicas e perfil de funcionamento;
5. Água quente sanitária e piscinas – tipo, características técnicas e consumo diário;
6. Iluminação – tipo, potência e perfil de funcionamento;
7. Elevadores, escadas e tapetes rolantes – potência dos motores, tempo médio em manobra, carga nominal e velocidade nominal;
8. Outros equipamentos e consumos – densidade e perfil de utilização.

A segunda fase da auditoria energética consiste no planeamento e na medição dos consumos de energia para realizar a respetiva desagregação por uso e pela análise dos consumos/faturas mensais de energia do edifício. Estes dados são utilizados para suportar o desenvolvimento e validação do modelo de simulação energética do edifício. Além dessas medições, são também realizadas medições para avaliar as condições de conforto no interior do edifício, nomeadamente temperatura, humidade, concentração de CO₂ e iluminância, que servem para apreciar as condições de conforto e apreciar as aproximações no que diz respeito aos set-points.

A terceira fase da auditoria energética consiste na criação e validação do modelo de simulação energética em regime dinâmico do edifício. Na presente auditoria utilizou-se o simulador desenvolvido pelo LNEC, com as adaptações necessárias para realizar a certificação energética. Esse Simulador de Desempenho Energético de Edifícios permite determinar a classe energética de edifícios de comércio

e serviços, sendo suportado pelo algoritmo de cálculo detalhado Energy Plus v8.7.0. A utilização deste simulador é disponibilizada através de uma interface Web e encontra-se preparado para estudar uma grande diversidade de edifícios.

O simulador fornece como resultados a classe energética do edifício, o consumo total estimado de energia (primária e final) por vetor energético e a desagregação dos consumos de energia por uso (aquecimento, arrefecimento, ventiladores, bombas, água quente sanitária, água quente de piscinas, iluminação, equipamentos e sistemas de transporte).

A quarta fase da auditoria está relacionada com o estudo de medidas de melhoria da eficiência energética e conforto dos edifícios. O Simulador adotado permite avaliar o impacto energética e económica das seguintes medidas de melhoria da eficiência energética avaliadas individualmente e de forma agregada:

- Melhoria do isolamento térmico da envolvente opaca;
- Melhoria do isolamento térmico da envolvente envidraçada;
- Melhoria da proteção solar dos vãos envidraçados;
- *Coolwall* e *coolroof*;
- Melhoria da eficiência dos sistemas de iluminação;
- Melhora da eficiência dos sistemas de climatização;
- Implementação de sistemas fotovoltaico para autoconsumo;
- Implementação de sistemas solar térmico para AQS.

A quinta e última fase da auditoria energética consiste na elaboração do relatório de auditoria energética.

No Capítulo 1 deste relatório realiza-se um enquadramento legal da certificação energética em Portugal descrevendo a metodologia adotada. No Capítulo 2 é apresentada a caracterização do edifício, indicando a sua localização, tipologia, envolvente, zonas térmicas e sistemas AVAC. No Capítulo 3 é descrita detalhadamente a envolvente do edifício e respetiva associação às zonas térmicas do mesmo. No Capítulo 4 são identificados os principais consumos de energia do edifício, nomeadamente os sistemas técnicos. No Capítulo 5 é apresentada uma análise das faturas energéticas do edifício assim como os resultados das medições realizadas nos quadros elétricos. No Capítulo 6 são descritos os principais resultados obtidos, nomeadamente consumos anuais de energia e a classe energética. A validação do modelo com as faturas é realizada de forma mais precisa para a iluminação e equipamentos e de forma mais aproximada para os sistemas AVAC, dado o modelo de simulação ter por defeito incorporada a climatização dos espaços como sucede na legislação, enquanto na prática existem muitos espaços que não estão dotados de arrefecimento. No Capítulo 7 serão indicadas as medidas de melhoria da eficiência energética propostas e destinadas a melhorar a classe energética do edifício.

2 | Características do edifício

2.1 Características gerais

O LNEC é uma instituição pública de investigação e desenvolvimento científico e tecnológico, sendo constituído por 13 edifícios principais e por mais de 10 pavilhões de ensaios. O período de funcionamento normal desta instituição está definido das 9h00 às 17h30h (ou mesmo 19h00) para os dias úteis, sendo o período de almoço entre as 12h30 e as 14h00. No caso da realização de ensaios que assim o exigem, este horário pode ser estendido e ainda, existe a possibilidade da sua realização durante os dias não úteis.

O edifício objeto da presente auditoria energética é o Ensaios de Componentes do LNEC, localizado na freguesia de Alvalade, em Lisboa. Este é um edifício de escritórios construído em 1982 e essencialmente é constituído por gabinetes. Este edifício tem zonas de gabinetes e de ensaio, com uma área útil de pavimento de cerca de 2022 m².

A sua fachada principal encontra-se exposta a sul e não possui aproveitamento de energia renovável. A envolvente opaca do edifício é constituída predominantemente por paredes simples de tijolo sem isolamento térmico e a envolvente envidraçada é constituída predominantemente por perfis em alumínio e vidro simples. A maioria dos compartimentos do edifício possui dispositivos de sombreamento e proteção solar dos vãos envidraçados, equipamentos de aquecimento e luminárias fluorescentes tubulares.

O edifício encontra-se situado no município de Lisboa, à cota de sensivelmente 85 m, pertencendo à zona climática de inverno I1, com 1030 Graus-dia de aquecimento na base de 18 °C, e à zona climática de verão V2, com 21,9 °C de temperatura média no verão (Decreto-Lei n.º 101-D/2020 de 7 de dezembro).



2.2 Zonas térmicas do edifício

A localização das zonas térmicas de acordo com a designação do quadro a baixo encontra-se na planta em Anexo I. As zonas térmicas foram estabelecidas considerando conjuntos de espaços que podem ser agrupados sem afetarem de forma significativa o resultado final devido às suas similaridades em termos de perfil de utilização, iluminação e equipamentos, ventilação mecânica e sistema de climatização e condições de exposição solar.

Este edifício é constituído por 24 zonas térmicas que têm as seguintes designações.

Zona térmica	Tipologia ADENE	Tipo de espaço interior	Área (m ²)	Pé direito médio (m)
ZT_Arquivo_P3	Armazéns com ocupação permanente	Espaço Útil	35,21	3,53
ZT_Arrec_Nave	Armazéns com ocupação permanente	Espaço Útil	9,53	3,64
ZT_Copa_P3	Salas de refeição (exceto restaurantes)	Espaço Útil	34,19	3,53
ZT_Corredor_P2	Corredores, caixas de escadas e elevadores	Espaço Útil	87,67	2,80
ZT_Corredor_P3	Corredores, caixas de escadas e elevadores	Espaço Útil	81,94	3,53
ZT_DESVAO	Zona técnica	Espaço Não Útil	1212,58	1,26
ZT_Ensaio_Lab1	Laboratórios	Espaço Útil	35,00	3,64
ZT_Ensaio_Lab2	Laboratórios	Espaço Útil	64,96	3,64
ZT_Ensaio_Lab3	Laboratórios	Espaço Útil	34,97	3,64
ZT_Ensaio_Lab4	Laboratórios	Espaço Útil	26,84	3,00
ZT_Ensaio_Lab5	Laboratórios	Espaço Útil	26,84	3,00
ZT_Ensaio_Nave	Laboratórios	Espaço Útil	819,73	10,54
ZT_Escadas	Corredores, caixas de escadas e elevadores	Espaço Útil	39,70	3,26
ZT_Gab_P1_drt	Armazéns com ocupação permanente	Espaço Útil	137,54	3,64
ZT_Gabinete_P1_06	Escritórios	Espaço Útil	32,23	3,64
ZT_Gabinete_P1_16	Escritórios	Espaço Útil	26,16	3,00
ZT_Gabinetes_P2	Escritórios	Espaço Útil	212,78	2,80
ZT_Gabinetes_P3	Escritórios	Espaço Útil	164,80	3,53
ZT_Hall	Hall e receções	Espaço Útil	24,50	3,64

ZT_IS_P1	Instalações sanitárias	Espaço Útil	32,64	3,64
ZT_IS_P2	Instalações sanitárias	Espaço Útil	22,05	2,80
ZT_IS_P3	Instalações sanitárias	Espaço Útil	22,05	3,53
ZT_Sala_Reunião_P2	Salas de reuniões	Espaço Útil	33,23	2,80
ZT_Sala_Reunião_P3	Salas de reuniões	Espaço Útil	17,50	3,53

O edifício apresenta uma área de pavimento de 3234,64 m², com 2022,06 m² de espaços interiores úteis e 1212,58 m² de espaços interiores não úteis.

As áreas indicadas abaixo e especificadas no Capítulo 3, correspondem às áreas das superfícies onde ocorrem trocas térmicas. Isto é, de espaços com ocupação permanente (ocupação igual ou superior a 2h/dia) e/ou espaços que disponham de sistema de aquecimento ou arrefecimento para conforto térmico de forma direta, ou indireta através de ar transitado de espaços tratados, para o exterior ou para espaços sem ocupação permanente e sem sistema de aquecimento ou arrefecimento para conforto térmico.

	Envolvente	A (m²)
Paredes	Norte	467,99
	Este	248,36
	Sul	523,68
	Oeste	139,53
Envidraçados	Norte	175,67
	Sul	104,71
	Oeste	1,32
Cobertura em contacto com o exterior		1332,54
Pavimento em contacto com o exterior/solo		1282,84

Salienta-se que a existência de campos em branco ao longo do relatório se deve ao difícil acesso à informação ou à sua inexistência.

3 | Envolvente

Nesta seção descreve-se detalhadamente a envolvente do edifício e respetiva associação às zonas térmicas do mesmo. A envolvente do edifício é caracterizada através da sua envolvente opaca (paredes, pavimento e cobertura) e da sua envolvente envidraçada, ambas com impacto significativo nas perdas térmicas do edifício, consequência das trocas de calor por condução, convecção e radiação entre o ambiente interior e exterior.

3.1 Envolvente opaca

3.1.1 Paredes

No edifício foram identificados 5 tipos de paredes que são descritos seguidamente.

Parede 1	
Designação	11.PE01_sem_isolamento
Descrição detalhada	Parede simples exterior sem isolamento térmico de cor branco com espessura total da parede de 20 cm. Parede com coeficiente de transmissão térmica (U) de 1,72 W/m ² K, que para efeito de simulação foi considerado igual a 2,32 W/m ² K para considerar o efeito das pontes térmicas planas
Observações	Parede rebocada pelo lado exterior e pelo lado interior. Valor de U obtido considerando as plantas e o ITE 50.
Fonte	As características térmicas baseiam-se em cálculo



Valores resumo

A (m ²)	Norte	399,08
	Sul	488,50
	Este	246,36
	Oeste	137,53
	Total	1271,47
U (W/m ² K)		1,72
U _{ref} (W/m ² K)		0,70

Zonas térmicas

ZT_Arquivo_P3, ZT_Copa_P3, ZT_DESVAO, ZT_Ensaios_Lab1, ZT_Ensaios_Lab3,
ZT_Ensaios_Lab4, ZT_Ensaios_Lab5, ZT_Ensaios_Nave, ZT_Escadas, ZT_Gab_P1_drt,
ZT_Gabinete_P1_06, ZT_Gabinete_P1_16, ZT_Gabinetes_P2, ZT_Gabinetes_P3, ZT_Hall,
ZT_IS_P1, ZT_IS_P2, ZT_IS_P3, ZT_Sala_Reunião_P2, ZT_Sala_Reunião_P3

Parede 2

Designação	11.PE02_com_isolamento
Descrição detalhada	Parede simples exterior com isolamento térmico pelo desvão de 40 mm de espessura de cor branco com espessura total da parede de 35 cm. Parede com coeficiente de transmissão térmica (U) de 0,52 W/m ² K, que para efeito de simulação foi considerado igual a 0,7 W/m ² K para considerar o efeito das pontes térmicas planas
Observações	Parede rebocada pelo lado exterior e pelo lado interior. Valor de U obtido considerando as plantas e o ITE 50.
Fonte	As características térmicas baseiam-se em cálculo



Valores resumo

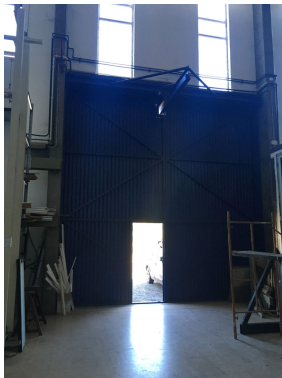
A (m ²)	Norte	-
	Sul	35,18
	Este	-
	Oeste	-
	Total	35,18
U (W/m ² K)		0,52
U _{ref} (W/m ² K)		0,70

Zonas térmicas

ZT_Ensaio_Lab2

Parede 3

Designação	11.PE03_portão_chapa_de_aço
Descrição detalhada	Portão exterior sem isolamento térmico de cor azul escuro com espessura total da parede de 0,1 cm. Parede com coeficiente de transmissão térmica (U) de 7,3 W/m ² K
Observações	Portão de metal de cor azul
Fonte	As características térmicas baseiam-se em valor por defeito do Manual SCE



Valores resumo

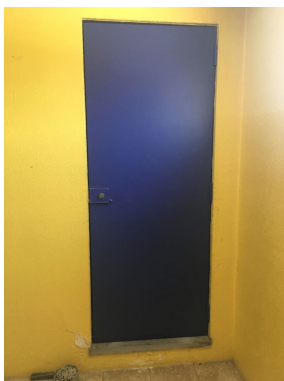
A (m ²)	Norte	66,91
	Sul	-
	Este	-
	Oeste	-
	Total	66,91
U (W/m ² K)		7,30
U _{ref} (W/m ² K)		0,70

Zonas térmicas

ZT_Ensaios_Nave

Parede 4

Designação	11.PE04_Porta_metálica_azul
Descrição detalhada	Portão exterior sem isolamento térmico de cor azul escuro com espessura total da parede de 0,1 cm. Parede com coeficiente de transmissão térmica (U) de 7,3 W/m ² K
Observações	Porta de metal de cor azul
Fonte	As características térmicas baseiam-se em valor por defeito do Manual SCE



Valores resumo

A (m ²)	Norte	-
	Sul	-
	Este	2,00
	Oeste	2,00
	Total	4,00
U (W/m ² K)		7,30
U _{ref} (W/m ² K)		0,70

Zonas térmicas

ZT_Escadas

Parede 5

Designação	11.PE05_Porta_metálica_nave
Descrição detalhada	Portão exterior sem isolamento térmico de cor betão e cimento com espessura total da parede de 0,1 cm. Parede com coeficiente de transmissão térmica (U) de 7,3 W/m ² K
Observações	Porta de metal de cor cinzenta
Fonte	As características térmicas baseiam-se em valor por defeito do Manual SCE



Valores resumo

A (m ²)	Norte	2,00
	Sul	-
	Este	-
	Oeste	-
	Total	2,00
U (W/m ² K)		7,30
U _{ref} (W/m ² K)		0,70

Zonas térmicas

ZT_Ensaios_Nave

3.1.2 Cobertura

No edifício foram identificados 3 tipos de coberturas que são descritos seguidamente.

Cobertura 1	
Designação	11.Cob_Lajes
Descrição detalhada	Cobertura em terraço pesada, cerâmica ou betão exterior com isolamento térmico pelo desvão de 40 mm de espessura, espessura total da cobertura de 32 cm de cor escura, fortemente ventilada. O coeficiente de transmissão térmica (U) de 0,56 W/m ² K, que para efeito de simulação foi considerado igual a 0,76 W/m ² K para considerar o efeito das pontes térmicas planas
Observações	Cobertura horizontal em lajes de betão com isolamento XPS de 4 cm.
Fonte	As características térmicas baseiam-se em cálculo



Valores resumo

A (m ²)	136,90
U (W/m ² K)	0,56
U _{ref} (W/m ² K)	0,50

Zonas térmicas

ZT_Arquivo_P3, ZT_Copa_P3, ZT_Corredor_P3, ZT_Escadas, ZT_Gabinetes_P3, ZT_IS_P3

Cobertura 2

Designação	11.Cob_Desvão
Descrição detalhada	Cobertura em terraço pesada, cerâmica ou betão interior sem isolamento térmico, espessura total da cobertura de 32 cm de cor branco. O coeficiente de transmissão térmica (U) de 1,41 W/m ² K, que para efeito de simulação foi considerado igual a 1,9 W/m ² K para considerar o efeito das pontes térmicas planas
Observações	Cobertura horizontal em betão com um desvão sem ventilação com painel sandwich de 6 cm de cor clara.
Fonte	As características térmicas baseiam-se em cálculo



Valores resumo

A (m ²)	1144,58
U (W/m ² K)	1,41
U _{ref} (W/m ² K)	0,50

Zonas térmicas

ZT_Arquivo_P3, ZT_Copa_P3, ZT_Corredor_P3, ZT_Ensaios_Nave, ZT_Gabinetes_P3, ZT_IS_P3, ZT_Sala_Reunião_P3

Cobertura 3

Designação	11.Cob_Desvão_sandwich
Descrição detalhada	Cobertura inclinada leve, madeira ou metálica exterior sem isolamento térmico, espessura total da cobertura de 6 cm de cor branco. O coeficiente de transmissão térmica (U) de 0,61 W/m ² K, que para efeito de simulação foi considerado igual a 0,82 W/m ² K para considerar o efeito das pontes térmicas planas
Observações	Cobertura com painel sandwich de 6 cm de cor clara.
Fonte	As características térmicas baseiam-se em cálculo



Valores resumo

A (m ²)	1195,64
U (W/m ² K)	0,61
U _{ref} (W/m ² K)	0,50

Zonas térmicas

ZT_DESVAO

3.1.3 Pavimento

No edifício foi identificado 1 tipo de pavimento que é descrito seguidamente.

Pavimento 1	
Designação	11_Pav_solo_z=0
Descrição detalhada	Pavimento pesado interior, enterrado, sem isolamento térmico
Observações	Pavimento de betão em contacto com o solo
Fonte	As características térmicas baseiam-se em valor por defeito do Manual SCE

Valores resumo

A (m ²)	1282,84
U (W/m ² K)	1,00
U _{ref} (W/m ² K)	0,50

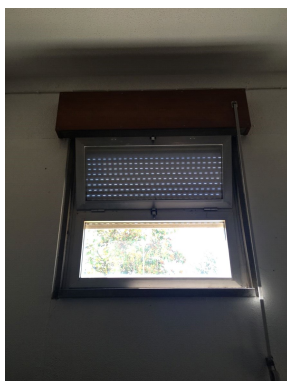
Zonas térmicas

ZT_Arrec_Nave, ZT_Ensaios_Lab1, ZT_Ensaios_Lab2, ZT_Ensaios_Lab3, ZT_Ensaios_Lab4, ZT_Ensaios_Lab5, ZT_Ensaios_Nave, ZT_Escadas, ZT_Gab_P1_drt, ZT_Gabinete_P1_06, ZT_Gabinete_P1_16, ZT_Hall, ZT_IS_P1

3.2 Envolvente envidraçada

No edifício foram identificados 10 tipos de vãos envidraçados que são descritos seguidamente.

Envidraçado 1	
Designação	11.VE01_Gabinetes_P1
Descrição detalhada	Janela do tipo simples, com vidro incolor 4 mm, com perfis de alumínio (fixo ou batente), com sombreamento exterior, de cor branco, do tipo exterior persiana de réguas de plástico. O vão tem U_w 6,2 W/m ² K, fator solar do vidro (g_v) de 0,88, e fator solar do vão (g_t) de 0,07. As janelas têm vedantes, têm caixa de estores de permeabilidade elevada. Os valores de U foram obtidos pelo ITE 50



Valores resumo

A (m ²)	Norte	-
	Sul	21,04
	Este	-
	Oeste	1,32
	Total	22,36
U (W/m ² K)		6,20
U _{ref} (W/m ² K)		4,30
g _{t vi} (g _v)		0,88
g _T (g _t)		0,07

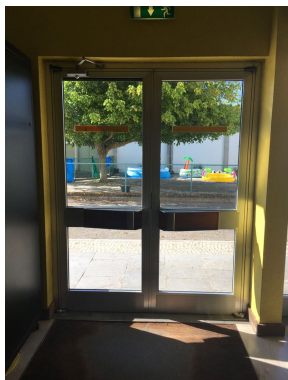
Zonas térmicas

ZT_Ensaio_Lab1, ZT_Ensaio_Lab3, ZT_gab_P1_drt, ZT_Gabinete_P1_06,
ZT_Gabinete_P1_16, ZT_Instalacoes_Sanitarias_P1

Envidraçado 2

Designação 11.VE02_Entrada_porta

Descrição detalhada Janela do tipo simples, com vidro incolor 4 mm, com perfis de alumínio (fixo ou batente) sem sombreamento. O vão tem U_w 6,2 W/m²K, fator solar do vidro (g_v) de 0,88, e fator solar do vão (g_t) de 0,88. As janelas têm vedantes, não têm caixa de estores. Os valores de U foram obtidos pelo ITE 50



Valores resumo

A (m ²)	Norte	-
	Sul	3,57
	Este	-
	Oeste	-
	Total	3,57
U (W/m ² K)		6,20
U _{ref} (W/m ² K)		4,30
g _{t vi} (g _v)		0,88
g _T (g _t)		0,88

Zonas térmicas

ZT_Escadas_Hall

Envidraçado 3

Designação 11.VE03_Escadas

Descrição detalhada Janela do tipo simples, com vidro incolor 4 mm, com perfis de alumínio (fixo ou batente) sem sombreamento. O vão tem U_w 6,2 W/m²K, fator solar do vidro (g_v) de 0,88, e fator solar do vão (g_t) de 0,88. As janelas têm vedantes, não têm caixa de estores. Os valores de U foram obtidos pelo ITE 50



Valores resumo

A (m ²)	Norte	-
	Sul	2,63
	Este	-
	Oeste	-
	Total	2,63
U (W/m ² K)		6,20
U _{ref} (W/m ² K)		4,30
g _{t vi} (g _v)		0,88
g _T (g _t)		0,88

Zonas térmicas

ZT_Escadas_Hall

Envidraçado 4

Designação 11.VE04_Nave_movel

Descrição detalhada Janela do tipo simples, com vidro incolor 4 a 8mm + Incolor 5 mm, com perfis de alumínio (fixo ou batente) sem sombreamento. O vão tem U_w 4,3 W/m²K, fator solar do vidro (g_v) de 0,75, e fator solar do vão (g_t) de 0,75. As janelas têm vedantes, não têm caixa de estores. Os valores de U foram obtidos pelo ITE 50



Valores resumo

A (m ²)	Norte	21,40
	Sul	-
	Este	-
	Oeste	-
	Total	21,40
U (W/m ² K)		4,30
U _{ref} (W/m ² K)		4,30
g _{t vi} (g _v)		0,75
g _T (g _t)		0,75

Zonas térmicas

ZT_Ensaios_Lab5, ZT_Ensaios_Nave

Envidraçado 5

Designação 11.VE05_Gabinetes_P2_P3

Descrição detalhada Janela do tipo simples, com vidro incolor 4 mm, com perfis de alumínio (fixo ou batente), com sombreamento exterior, de cor branco, do tipo exterior persiana de réguas de plástico. O vão tem U_w 6,2 W/m²K, fator solar do vidro (g_v) de 0,88, e fator solar do vão (g_t) de 0,07. As janelas têm vedantes, têm caixa de estores de permeabilidade elevada. Os valores de U foram obtidos pelo ITE 50



Valores resumo

A (m ²)	Norte	-
	Sul	67,45
	Este	-
	Oeste	-
	Total	67,44
U (W/m ² K)		6,20
U _{ref} (W/m ² K)		4,30
g _{t vi} (g _v)		0,88
g _T (g _t)		0,07

Zonas térmicas

ZT_Copa_P3, ZT_Gabinetes_P2, ZT_Gabinetes_P3, ZT_Instalacoes_Sanitarias_P2,
ZT_Instalacoes_Sanitarias_P3, ZT_Sala_Reunião_P2, ZT_Sala_Reunião_P3

Envidraçado 6

Designação 11.VE06_Nave_fixa

Descrição detalhada Janela do tipo simples, com vidro incolor 4 a 8mm + Incolor 5 mm, com perfis de alumínio (fixo ou batente) sem sombreamento. O vão tem U_w 3,9 W/m²K, fator solar do vidro (g_v) de 0,75, e fator solar do vão (g_t) de 0,75. As janelas têm vedantes, não têm caixa de estores. Os valores de U foram obtidos pelo ITE 50



Valores resumo

A (m ²)	Norte	153,55
	Sul	-
	Este	-
	Oeste	-
	Total	153,54
U (W/m ² K)		3,90
U _{ref} (W/m ² K)		4,30
g _{t vi} (g _v)		0,75
g _T (g _t)		0,75

Zonas térmicas

ZT_Ensaio_Nave

Envidraçado 7

Designação 11.VE07_Gabinetes_P1(lab2)

Descrição detalhada Janela do tipo dupla, com vidro incolor 4 a 8mm + Incolor 4 mm, com perfis de alumínio (fixo ou batente), com sombreamento exterior, de cor branco, do tipo exterior persiana de réguas de plástico. O vão tem U_w 2,34 W/m²K, fator solar do vidro (g_v) de 0,78, e fator solar do vão (g_t) de 0,04. As janelas têm vedantes, têm caixa de estores de permeabilidade elevada. Os valores de U foram obtidos pelo ITE 50



Valores resumo

A (m ²)	Norte	-
	Sul	5,26
	Este	-
	Oeste	-
	Total	5,26
U (W/m ² K)		2,34
U _{ref} (W/m ² K)		4,30
g _{t vi} (g _v)		0,78
g _T (g _t)		0,04

Zonas térmicas

ZT_Ensaios_Lab2

Envidraçado 8

Designação 11.VE08_Wc_homens_P2

Descrição detalhada Janela do tipo simples, com vidro incolor 4 mm, com perfis de alumínio (fixo ou batente), com sombreamento interior, de cor branco, do tipo interior estore de lâminas. O vão tem U_w 6,2 W/m²K, fator solar do vidro (g_v) de 0,88, e fator solar do vão (g_t) de 0,45. As janelas têm vedantes, não têm caixa de estores. Os valores de U foram obtidos pelo ITE 50



Valores resumo

A (m ²)	Norte	-
	Sul	1,32
	Este	-
	Oeste	-
	Total	1,32
U (W/m ² K)		6,20
U _{ref} (W/m ² K)		4,30
g _{t vi} (g _v)		0,88
g _T (g _t)		0,45

Zonas térmicas

ZT_Instalacoes_Sanitarias_P2

Envidraçado 9

Designação 11.VE09_Entrada_janela

Descrição detalhada Janela do tipo simples, com vidro incolor 4 mm, com perfis de alumínio (fixo ou batente) sem sombreamento. O vão tem U_w 6 W/m²K, fator solar do vidro (g_v) de 0,88, e fator solar do vão (g_t) de 0,88. As janelas têm vedantes, não têm caixa de estores. Os valores de U foram obtidos pelo ITE 50



Valores resumo

A (m ²)	Norte	-
	Sul	3,45
	Este	-
	Oeste	-
	Total	3,45
U (W/m ² K)		6,00
U _{ref} (W/m ² K)		4,30
g _{t vi} (g _v)		0,88
g _T (g _t)		0,88

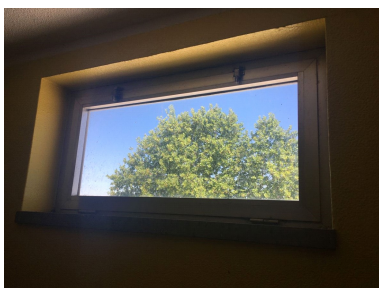
Zonas térmicas

ZT_Escadas_Hall

Envidraçado 10

Designação 11.VE10_Piso4

Descrição detalhada Janela do tipo simples, com vidro incolor 4 mm, com perfis de alumínio (fixo ou batente) sem sombreamento. O vão tem U_w 6,2 W/m²K, fator solar do vidro (g_v) de 0,88, e fator solar do vão (g_t) de 0,88. As janelas têm vedantes, não têm caixa de estores. Os valores de U foram obtidos pelo ITE 50



Valores resumo

A (m ²)	Norte	0,72
	Sul	-
	Este	-
	Oeste	-
	Total	0,72
U (W/m ² K)		6,20
U _{ref} (W/m ² K)		4,30
g _{t vi} (g _v)		0,88
g _T (g _t)		0,88

Zonas térmicas

ZT_Escadas_Hall

4 | Sistemas técnicos de energia

Nesta seção são descritos os principais sistemas técnicos e consumidores de energia do edifício. Estes sistemas técnicos de energia são constituídos pelos sistemas de iluminação, pelos equipamentos do edifício, pelos sistemas de climatização e ventilação, pelos sistemas de água quente sanitária; pelos sistemas de transporte de pessoas e cargas, pelas bombas e pelos sistemas de energias renováveis.

Sempre que aplicável, nos quadros é apresentado o "fator de carga" que representa a estimativa do uso do equipamento obtida no decurso da auditoria. Para simular o uso dos equipamentos ao longo do dia são adotados perfis de utilização (Anexo II).

4.1 Iluminação

No edifício foram identificados 5 tipos de luminárias que são descritos seguidamente, bem como o respetivo perfil de utilização e fator de carga estimado.

Sempre que não foi possível medir a potência do balastro no decurso da auditoria, foi aplicado o método de cálculo disponibilizado em sce.pt. O método para o caso das lâmpadas do tipo fluorescente indica que a potência dos balastros eletromagnéticos é mais 30% que a potência da lâmpada, e para o caso dos balastros eletrónicos é mais 10% que a potência da lâmpada.

Luminária 1	
Designação	11.Ilum02_Fluorescente_compacta_55W
Tipo de lâmpada	CFL - Fluorescente compacta
Potência de cada lâmpada (W)	55
Nº de lâmpadas por Luminária (uni)	2
Potência do balastro (W)	11
Observações	



Zonas térmicas	Nº de luminárias	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Escadas	2	50%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Escadas	1	100%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Hall	4	50%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Luminária 2	
Designação	11.Ilum04_Incandescente
Tipo de lâmpada	Incandescente
Potência de cada lâmpada (W)	100
Nº de lâmpadas por Luminária (uni)	1
Potência do balastro (W)	0
Observações	



Zonas térmicas	Nº de luminárias	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_IS_P2	1	10%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Luminária 3

Designação 11.Ilum05_Iodetos_Metálicos

Tipo de lâmpada Iodetos Metálicos

Potência de cada lâmpada (W) 400

Nº de lâmpadas por Luminária (uni) 1

Potência do balastro (W) 0

Observações



Zonas térmicas	Nº de luminárias	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Ensaios_Nave	33	50%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Luminária 4

Designação 11.Ilum03_Fluorescente_Tubular_18W

Tipo de lâmpada T8 - Fluorescente tubular

Potência de cada lâmpada (W) 18

Nº de lâmpadas por Luminária (uni) 2

Potência do balastro (W) 10,8

Observações

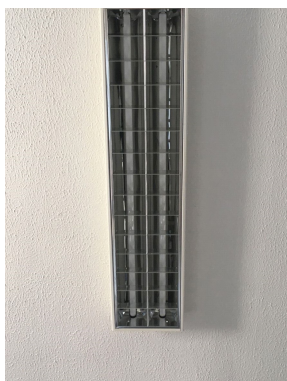


Zonas térmicas	Nº de luminárias	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Ensaios_Nave	2	50%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Escadas	1	10%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_IS_P1	1	5%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_IS_P1	1	10%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_IS_P2	2	5%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_IS_P3	2	5%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Luminária 5

Designação	11.Ilum01_Fluorescente:Tubular_36W
Tipo de lâmpada	T8 - Fluorescente tubular
Potência de cada lâmpada (W)	36
Nº de lâmpadas por Luminária (uni)	2
Potência do balastro (W)	21,6

Observações



Zonas térmicas	Nº de luminárias	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Arquivo_P3	6	5%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Arrec_Nave	1	10%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Copa_P3	6	10%	11_Copa, 4,5h por dia
ZT_Corredor_P2	9	100%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Corredor_P3	8	100%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Ensaio_Lab1	6	50%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Ensaio_Lab2	12	50%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Ensaio_Lab3	6	50%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Ensaio_Lab4	2	100%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Ensaio_Lab5	2	60%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Gab_P1_drt	24	5%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Gab_P1_drt	1	10%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

ZT_Gabinete_P1_06	2	5%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Gabinete_P1_06	2	50%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Gabinete_P1_06	2	100%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Gabinete_P1_16	2	100%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Gabinetes_P2	2	20%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Gabinetes_P2	34	50%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Gabinetes_P3	28	50%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_IS_P1	2	5%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_IS_P2	2	5%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_IS_P3	2	5%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_IS_P3	1	10%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Sala_Reunião_P2	6	5%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Sala_Reunião_P3	3	5%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

4.2 Equipamentos

No edifício foram identificados 20 tipos de equipamentos que são descritos seguidamente, bem como o respetivo perfil de utilização e fator de carga estimado.

Equipamento 1	
Designação	PC portátil
Tipo de equipamento	PC portátil
Potência (W)	35
Observações	

Zonas térmicas	Nº de equipamentos	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Gabinetes_P2	1	90%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Equipamento 2	
Designação	PC portátil
Tipo de equipamento	PC portátil
Potência (W)	75
Observações	Usado só algumas tardes por semana.(ZT_Gabinetes_P2)

Zonas térmicas	Nº de equipamentos	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Gabinetes_P2	1	30%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Gabinetes_P3	6	90%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Equipamento 3	
Designação	PC secretária
Tipo de equipamento	PC desktop (inclui monitor)
Potência (W)	90
Observações	Usado quando existem ensaios nesta sala.(ZT_Ensaios_Lab3)

Zonas térmicas	Nº de equipamentos	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Ensaios_Lab3	1	30%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Ensaios_Nave	1	90%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Gabinete_P1_06	1	90%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Gabinete_P1_16	2	90%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Gabinetes_P2	14	90%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Gabinetes_P3	8	90%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Equipamento 4	
Designação	Impressora
Tipo de equipamento	Impressora
Potência (W)	144
Observações	



Zonas térmicas	Nº de equipamentos	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Gabinetes_P2	1	5%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Equipamento 5

Designação	Balança métrica
Tipo de equipamento	Máquina de Ensaios
Potência (W)	6
Observações	



Zonas térmicas	Nº de equipamentos	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Ensaios_Lab3	1	10%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Equipamento 6

Designação Balanças de medição

Tipo de equipamento Máquina de Ensaios

Potência (W) 6

Observações



Zonas térmicas	Nº de equipamentos	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Ensaios_Lab4	2	10%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Ensaios_Lab5	2	10%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Equipamento 7

Designação	Câmara climática
Tipo de equipamento	Máquina de Ensaios
Potência (W)	3500
Observações	Apenas utilizada aquando da realização de ensaios.(ZT_Ensaios_Lab5)



Zonas térmicas	Nº de equipamentos	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Ensaios_Lab5	1	25%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Equipamento 8

Designação	Ensaio de janelas
Tipo de equipamento	Máquina de Ensaios
Potência (W)	3500
Observações	Usada pontualmente durante um ano. Potência de 3500 W. Medido 2200 W a cerca de 60% da carga.(ZT_Ensaios_Nave)



Zonas térmicas	Nº de equipamentos	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Ensaios_Nave	1	5%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Equipamento 9	
Designação	Estufa ventilada
Tipo de equipamento	Máquina de Ensaios
Potência (W)	500
Observações	



Zonas térmicas	Nº de equipamentos	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Ensaios_Nave	1	10%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Equipamento 10

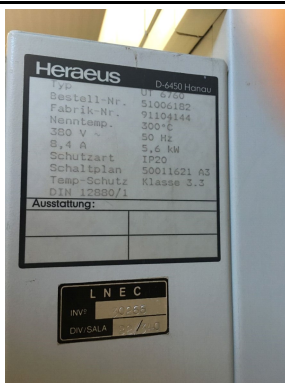
Designação	Festo
Tipo de equipamento	Máquina de Ensaios
Potência (W)	100
Observações	



Zonas térmicas	Nº de equipamentos	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Ensaios_Nave	1	10%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Equipamento 11

Designação	Heraeus instruments D-6450 Hanav
Tipo de equipamento	Máquina de Ensaios
Potência (W)	5600
Observações	Apenas utilizada aquando da realização de ensaios.(ZT_Ensaios_Lab5)



Zonas térmicas	Nº de equipamentos	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Ensaios_Lab5	1	25%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Equipamento 12

Designação	Hoytom SL
Tipo de equipamento	Máquina de Ensaios
Potência (W)	2500

Observações



Zonas térmicas	Nº de equipamentos	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Ensaios_Nave	1	10%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Equipamento 13

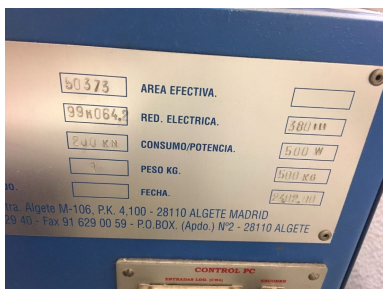
Designação	Lloyd instruments LR 10k
Tipo de equipamento	Máquina de Ensaios
Potência (W)	500
Observações	Usado quando existem ensaios.(ZT_Ensaios_Lab3)



Zonas térmicas	Nº de equipamentos	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Ensaios_Lab3	1	30%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Equipamento 14

Designação	Máquina de Ensaios
Tipo de equipamento	Máquina de Ensaios
Potência (W)	500
Observações	Usado quando existem ensaios.(ZT_Ensaios_Lab3)



Zonas térmicas	Nº de equipamentos	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Ensaios_Lab3	1	30%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Equipamento 15

Designação	Misturador de laboratório
Tipo de equipamento	Máquina de Ensaios
Potência (W)	550
Observações	É utilizado quando existem ensaios.(ZT_Ensaios_Lab4)



Zonas térmicas	Nº de equipamentos	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Ensaios_Lab4	1	10%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Equipamento 16

Designação	Controlo de ponto
Tipo de equipamento	Monitor de PC
Potência (W)	8
Observações	



Zonas térmicas	Nº de equipamentos	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Hall	1	90%	11_Constante 1, todos os dias

Equipamento 17

Designação Monitor de PC

Tipo de equipamento Monitor de PC

Potência (W) 13

Observações

Zonas térmicas	Nº de equipamentos	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Gabinetes_P2	2	90%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00
ZT_Gabinetes_P3	7	90%	11_Escritório, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00

Equipamento 18

Designação Frigorífico

Tipo de equipamento Frigorífico

Potência (W) 104

Observações



Zonas térmicas	Nº de equipamentos	Fator de carga	Perfil de utilização
ZT_Copa_P3	1	100%	11_Constante 1, todos os dias

Equipamento 19

Designação Microondas, máquina de café, chaleira e torradeira

Tipo de equipamento Cozinha

Potência (W) 82

Observações



Zonas térmicas

Nº de Fator de
equipamentos carga

Perfil de utilização

ZT_Copa_P3

1

30%

11_Copa, 4,5h por dia

Equipamento 20

Designação Bastidores

Tipo de equipamento Servidor

Potência (W) 200

Observações



Zonas térmicas

Nº de Fator de
equipamentos carga

Perfil de utilização

ZT_Hall

1

100%

11_Constante 1, todos os dias

4.3 Climatização

No edifício foram identificados 6 tipos de sistemas de climatização que são descritos seguidamente, com a descrição das unidades de produção exteriores, elementos de distribuição e número de unidades interiores associadas.

Sistema de climatização 1	
Designação	11_Radiadores
Tipo de produção	Resistência elétrica
COP ou rendimento	1
EER	0
Ano de instalação	
Marca/Modelo	
Observações	Face à falta de informação das máquinas, considera-se uma eficiência por defeito de 1.



Zonas térmicas	Nº de unidades interiores	Distribuição	
		Tipo de condutas	Comprimento interior (m) Comprimento exterior (m)
ZT_Copa_P3	2		
ZT_Gabinete_P1_06	1		
ZT_Gabinetes_P2	15		
ZT_Gabinetes_P3	14		
ZT_Sala_Reunião_P2	2		
ZT_Sala_Reunião_P3	1		

Sistema de climatização 2

Designação	11_CC_Exterior_8P1
Tipo de produção	Close Control
COP ou rendimento	
EER	
Ano de instalação	1995
Marca/Modelo	Airwell
Observações	Falta ventilador e faltam várias peças, o equipamento é dado como obsoleto.



Zonas térmicas	Nº de unidades interiores	Tipo de condutas	Distribuição	
			Comprimento interior (m)	Comprimento exterior (m)
ZT_Ensaios_Lab2	1	Tubo de fluido frigorígeno sem isolamento	2	2

Sistema de climatização 3

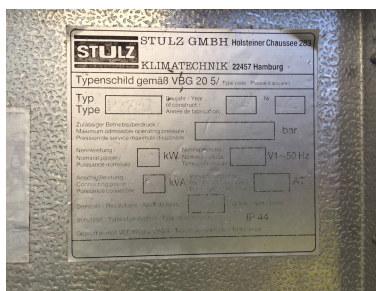
Designação	11_CC_Exterior_12P1
Tipo de produção	Close Control
COP ou rendimento	2,13
EER	2,13
Ano de instalação	1995
Marca/Modelo	Uniflair/Amico
Observações	Dispara o alarme. É possível que seja do motor de ventilação. Face à falta de informação das máquinas, considera-se uma eficiência por defeito para unidades superior com idade superior a 20 anos, de $2,5 \times 0,85 = 2,13$.



Zonas térmicas	Nº de unidades interiores	Tipo de condutas	Distribuição	
			Comprimento interior (m)	Comprimento exterior (m)
ZT_Ensaios_Lab3	1	Tubo de fluido frigorígeno com isolamento fraco	1	2,5

Sistema de climatização 4

Designação	11_CC_Exterior_4P1
Tipo de produção	Close Control
COP ou rendimento	
EER	
Ano de instalação	1995
Marca/Modelo	Stulz
Observações	Falta ventilador e faltam várias peças, o equipamento é dado como obsoleto.



Zonas térmicas	Nº de unidades interiores	Tipo de condutas	Distribuição	
			Comprimento interior (m)	Comprimento exterior (m)
ZT_Ensaios_Lab1	1	Tubo de fluido frigorígeno sem isolamento	2	2

Sistema de climatização 5

Designação	11_CC_Exterior_10P1
Tipo de produção	Close Control
COP ou rendimento	2,13
EER	2,13
Ano de instalação	1995
Marca/Modelo	Airwell
Observações	Face à falta de informação das máquinas, considera-se uma eficiência por defeito para unidades superior com idade superior a 20 anos, de $2,5 \times 0,85 = 2,13$.



Zonas térmicas	Nº de unidades interiores	Distribuição		
		Tipo de condutas	Comprimento interior (m)	Comprimento exterior (m)
ZT_Ensaios_Lab2	1	Tubo de fluido frigorígeno sem isolamento	2	2

Sistema de climatização 6

Designação	11_CC_Exterior_18P1
Tipo de produção	Close Control
COP ou rendimento	2,13
EER	2,13
Ano de instalação	1995
Marca/Modelo	Airwell
Observações	Face à falta de informação das máquinas, considera-se uma eficiência por defeito para unidades superior com idade superior a 20 anos, de $2,5 \times 0,85 = 2,13$.



Zonas térmicas	Nº de unidades interiores	Distribuição		
		Tipo de condutas	Comprimento interior (m)	Comprimento exterior (m)
ZT_Ensaios_Lab5	1	Tubo de fluido frigorígeno com isolamento fraco	2	2,5

4.4 Ventilação

Neste edifício existem espaços com ventilação (renovação) natural assegurada pela abertura das janelas e das portas, pelas infiltrações nas frinchas na envolvente e por aberturas de ventilação.

Na avaliação do comportamento térmico real e validação do modelo simulação, são utilizados os caudais de ar, $Q_{ANatural}$, (m^3/h):

- i) Espaços apenas com ventilação natural: caudal de ar de acordo com a Tabela – Valores de infiltração de ar do Manual SCE;
- ii) Espaços apenas com ventilação natural e aberturas de admissão de ar na envolvente em algum espaço: caudal de ar de acordo com método simplificado (folha de cálculo $Q_{ventila}$ – LNEC), com um valor mínimo correspondente ao caudal de $0,05 h^{-1}$ (Anexo III);
- iii) Espaços com ventilação mecânica: caudais do sistema mecânico quando em uso e as infiltrações de acordo com a Tabela – Valores de infiltração de ar do Manual SCE.

Na avaliação do desempenho térmico (previsto) com o objetivo de determinar a classe energética do edifício, nos espaços com ventilação natural são utilizados os caudais de ar (m^3/h) do método prescritivo e nos espaços com ventilação mecânica os valores do caudal do sistema mecânico e infiltrações de ar como atrás exposto.

Seguidamente são apresentados os valores dos caudais de ventilação natural adotados na avaliação da eficiência energética:

- Modelo simulação energética: $Q_{ANatural}$ e $R_{phNatural}$ valores do caudal de ar a adotar na simulação energética do edifício para efeitos de validação do modelo de simulação energética em condições reais;
- Método prescritivo: caudal de ar a adotar na simulação da ventilação destinada a avaliar o desempenho energético do edifício previsto;
- Caso existam sistemas mecânicos em algum espaço (ver ponto seguinte), nesta tabela apresenta-se o caudal de infiltrações de ar aplicável ao período em que os ventiladores estão desligados.

Todos os valores são apresentados seguidamente para cada uma das zonas térmicas do edifício.

Zona térmica	Modelo simulação energética		Método prescritivo
	$Q_{ANnatural}$ (m ³ /h)	$R_{ph,natural}$ (h ⁻¹)	$Q_{ANnatural}$ (m ³ /h)
ZT_Arquivo_P3	12,43	0,10	70,42
ZT_Arrec_Nave	1,73	0,05	19,06
ZT_Copa_P3	12,07	0,10	240,00
ZT_Corredor_P2	12,27	0,05	175,34
ZT_Corredor_P3	14,46	0,05	163,88
ZT_DESVAO	76,39	0,05	2425,16
ZT_Ensaio_Lab1	12,74	0,10	70,00
ZT_Ensaio_Lab2	23,65	0,10	129,92
ZT_Ensaio_Lab3	12,73	0,10	96,00
ZT_Ensaio_Lab4	4,03	0,05	53,68
ZT_Ensaio_Lab5	8,05	0,10	53,68
ZT_Ensaio_Nave	1727,99	0,20	1639,46
ZT_Escadas	12,94	0,10	79,40
ZT_Gab_P1_drt	49,36	0,10	275,08
ZT_Gabinete_P1_06	10,22	0,09	64,46
ZT_Gabinete_P1_16	7,85	0,10	52,32
ZT_Gabinetes_P2	59,58	0,10	432,00
ZT_Gabinetes_P3	58,19	0,10	384,00
ZT_Hall	8,92	0,10	49,00
ZT_IS_P1	11,46	0,10	72,00
ZT_IS_P2	5,96	0,10	44,10
ZT_IS_P3	7,49	0,10	44,10
ZT_Sala_Reunião_P2	9,31	0,10	384,00
ZT_Sala_Reunião_P3	6,18	0,10	192,00

Neste edifício não existem sistemas de ventilação mecânica.

4.5 Água Quente Sanitária (AQS)

No edifício foi identificado 1 tipo de sistema de água quente sanitária que é descrito seguidamente.

Sistema de AQS 1	
Designação	Termoacumulador_Componentes
Tipo AQS produção	Termoacumulador
COP ou rendimento	0,77
Ano de instalação	
Marca/Modelo	Efacec/N 793741
Observações	Considerou-se que o sistema tem mais de 20 anos.



Zonas térmicas	Distribuição		
	Tipo de condutas	Comprimento interior (m)	Comprimento exterior (m)
ZT_IS_P1	Tubo de água sem isolamento	5	0

4.6 Transporte de pessoas e cargas

Neste edifício não existem sistemas de transporte de pessoas e cargas.

4.7 Bombas

Neste edifício não existem sistemas de bombas.

4.8 Energias Renováveis

Neste edifício não existem sistemas de energias renováveis.

5 | Análise das faturas dos consumos de eletricidade, gás e água

No decurso da auditoria energética, para realizar a avaliação do desempenho energético (DE) dos edifícios do LNEC, analisaram-se os consumos de energia dos últimos três anos (2017, 2018 e 2019¹) de eletricidade, gás natural e água. Estes dados, destinam-se a suportar a validação do modelo de simulação energética do LNEC, permitir a desagregação desse consumo de energia por edifício e por uso de energia e a calcular indicadores de desempenho energético. O LNEC dispõe de 1 contador de eletricidade, 6 contadores de gás e 4 contadores de água das entidades prestadoras desses serviços.

5.1 Eletricidade

5.1.1 Consumo total do LNEC

O LNEC dispõe de um contador de energia elétrica do fornecedor de energia e tem 10 Postos de Transformação (PT) que fornecem energia elétrica aos diferentes edifícios. Na figura abaixo ilustra-se a distribuição dos PT no campus LNEC, enquanto no quadro se encontra a relação entre os PT e os edifícios que estes servem. O contador de energia do LNEC tem registo de dados de 15 em 15 minutos, enquanto nos PT existem contadores analógicos, realizando a equipa de manutenção uma contagem com periodicidade mensal.

Nesta secção realiza-se o cálculo do consumo do LNEC, e de seguida esse dado em conjunto com os registos dos consumos de cada PT são utilizados para se realizar a desagregação do consumo anual médio do LNEC por PT (ver secção 5.1.2) e por fim é realizada a desagregação do consumo por edifício (ver secção 5.2.2).

¹ São os últimos 3 anos de funcionamento normal, no ano de 2020, devido à situação pandémica COVID-19, houve alguns períodos de confinamento e de ausência da maioria dos funcionários das instalações do LNEC.



Figura – Rede de distribuição de eletricidade no LNEC

Quadro – Distribuição dos edifícios por PT

Edifício	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PT6	PT7	PT8	PT9	PT10
Entrada	X									
Edifício Arantes e Oliveira	X									
Pavilhão de Hidráulica Marítima e Armazém A, B e C		X								
Pavilhão de Hidráulica Fluvial, Armazém e Arquivo do DHA		X								
Pavilhão de Modelos Reduzidos		X								
Edifício Fernando Abecasis		X								
Pavilhão do Modelo do Cuama - Congressos		X								
Parcela das instalações da FCCN no Ed. Manuel Rocha		X								
Iluminação Exterior - Circuito do Pavilhão de Hidráulica Marítima		X								
Edifício Calouste Gulbenkian			X							
Edifício Departamento de Transportes			X							
Edifício do Refeitório e outras instalações de apoio ao pessoal				X						
Pavilhão do Porto de Lisboa (desativado)					X					
Pavilhão de Ensaios de Fogo, Coberturas e Metrologia					X					
Pavilhão de Montevideu - Túnel Aerodinâmico					X					
Pavilhão do Núcleo de Fundações e Obras Subterrâneas			X							
Edifício do Armazém 1 e Sala de Atividades						X				
Edifício Centro de Instrumentação Científica						X				
Edifício de Madeiras						X				
Edifício de Instalações						X				
Edifício de Areias Normalizadas						X				
Edifício do Armazém 2, Infantário e Bar						X				
Edifício de Ensaios de Componentes						X				
Garagens						X				
Edifício Manuel Rocha							X			
Edifício Ferry Borges								X		
Edifício de Engenharia Sanitária									X	
Pavilhão do Modelo do Cuama - GRID										X

Nas figuras seguintes representa-se a média dos perfis diários de consumo de eletricidade em 2017, 2018 e 2019, respetivamente. Entre novembro e março existe maior consumo de energia elétrica, face ao restante período do ano, principalmente em função do uso de aquecimento elétrico e maior uso de iluminação artificial. Existe um consumo base de 600 kW, sensivelmente constante, devido aos *Data Center* presentes nos edifícios Manuel Rocha, Fernando Abecasis e Pavilhão do Modelo Cuama, bem como equipamentos diversos (computadores, máquinas de ensaio) que permanecem ligados 24h por dia. Nessas figuras, é visível a evolução diária típica do uso de eletricidade nos dias úteis, em função do horário normal de trabalho.

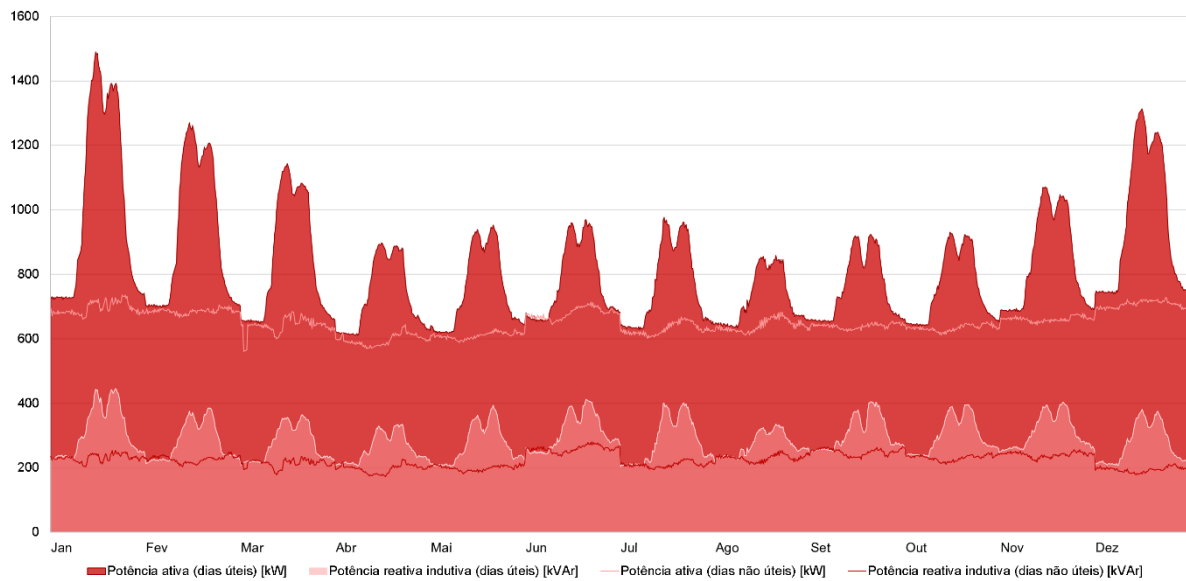


Figura - Perfil do consumo diário de eletricidade em cada mês de 2017

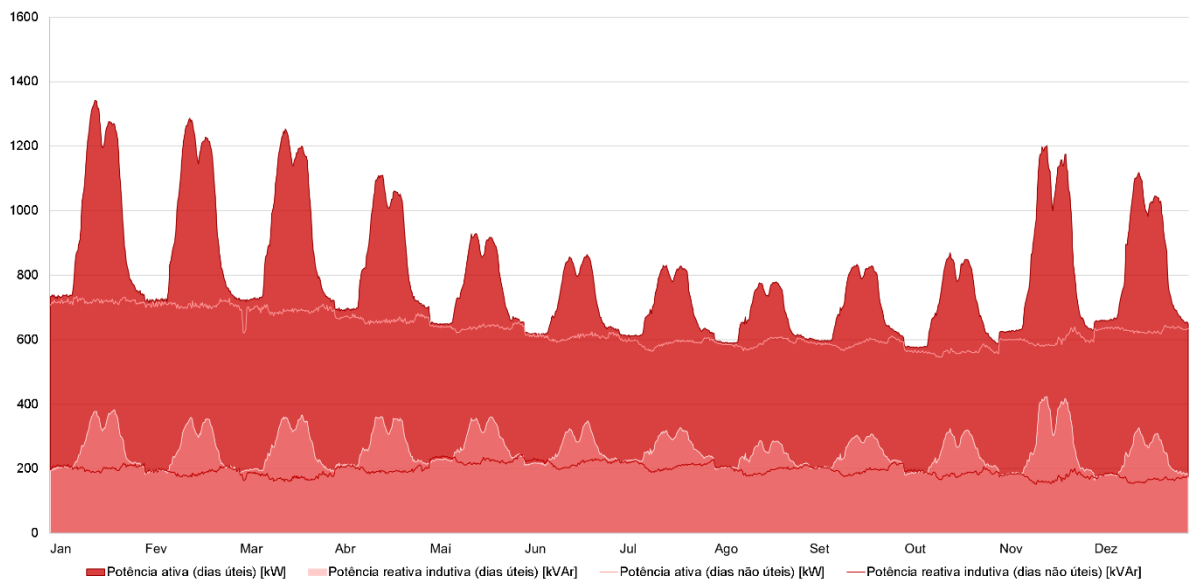


Figura - Perfil do consumo diário de eletricidade em cada mês de 2018

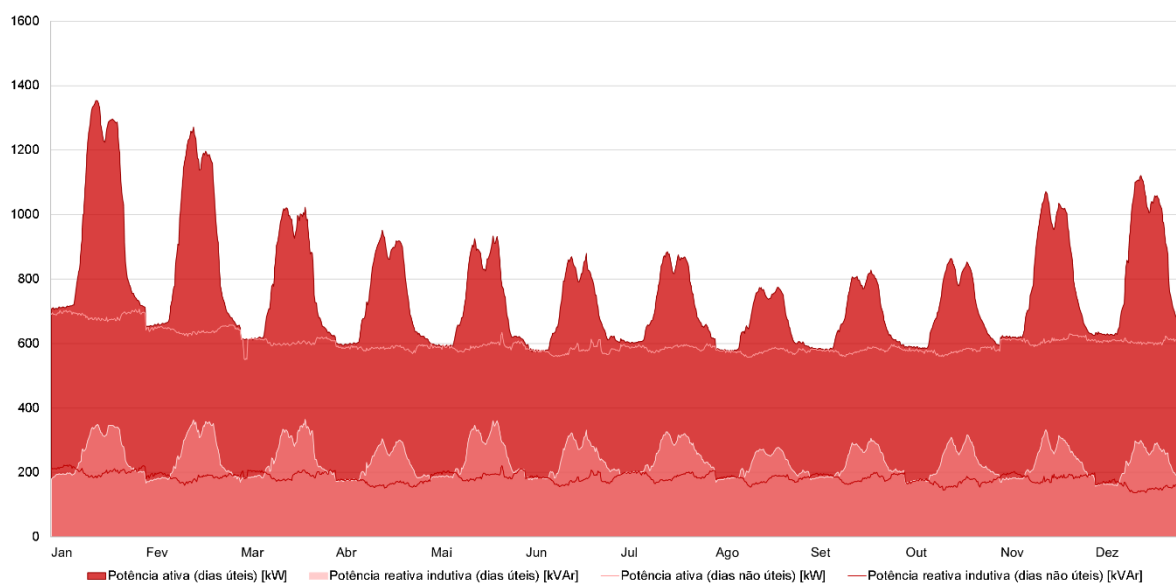


Figura - Perfil do consumo diário de eletricidade em cada mês de 2019

O consumo anual de eletricidade encontra-se no quadro abaixo, bem como o valor médio dos últimos três anos (6 505 MWh), que é utilizado na avaliação da eficiência energética do LNEC e na validação do modelo de simulação.

Quadro – Consumo anual de eletricidade

Ano	Consumo anual de eletricidade [MWh]
2017	6 721
2018	6 552
2019	6 242
Média	6 505

Da análise das faturas do consumo de eletricidade, estima-se um custo médio de 0,134 EUR/kWh, incluindo todos os custos e impostos.

5.1.2 Consumo por posto de transformação

Para avaliar a eficiência energética do LNEC é necessário realizar a desagregação do consumo por edifício. Para esse efeito, começou-se por utilizar as contagens realizadas pela equipa de manutenção em cada PT.

Na figura seguinte representa-se:

- Barra “Contagens” refere-se aos valores das médias anuais das contagens realizadas pela equipa de manutenção em 2017, 2018 e 2019;

- Barra “Medições” refere-se à estimativa do consumo anual de cada PT baseadas nas medições relativamente pontuais realizadas em 2019 e 2020, na auditoria energética para a certificação do LNEC; no valor medições do PT10 foram utilizados dados das medições da auditoria energética e dados do contador automático existente nesse PT;
- Barra “Faturas” refere-se à estimativa da desagregação do consumo global de energia elétrica do LNEC utilizada neste estudo e baseado nas faturas do fornecedor de eletricidade, tendo em conta a desagregação estabelecida com os valores das medições e das contagens dos PT.

Na análise destes dados (Contagens e Faturas), registou-se que a soma das contagens não conduzia ao valor anual das faturas do LNEC, tendo-se aplicado uma correção proporcional aos valores das contagens de cada PT, para se fechar o balanço anual de energia do LNEC; esta correção está aplicada nas barras “Faturas”, mas não está aplicada na barra “Contagens”. Assim, na análise subsequente da avaliação da eficiência energética do LNEC, são utilizados os dados designados por “Faturas”, para o qual se estima um consumo anual de 6 505 MWh.

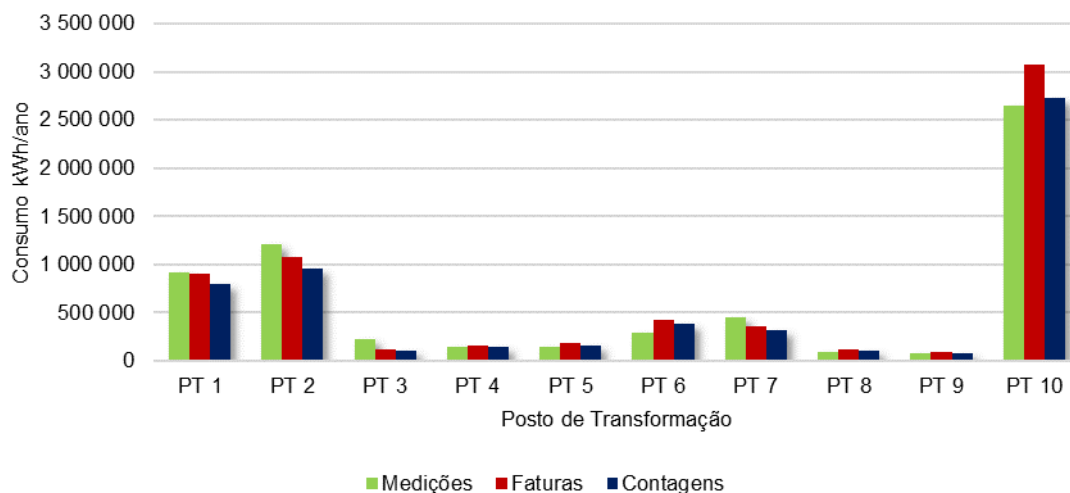


Figura - Medições, faturas e contagens dos PTs do LNEC

Na figura seguinte apresenta-se a desagregação dos consumos do LNEC por PT, para o período de 2017 a 2019. Desses dados, verifica-se que o PT10 apresenta o maior consumo de energia, sendo quase metade da energia elétrica consumida no LNEC. De uma forma geral, os consumos associados à FCCN (PT10 – GRID e as instalações ligadas ao PT2) corresponde a cerca de 60% do consumo de energia do LNEC, sendo que parte do consumo do PT7 ainda estão associados à FCCN, contudo não foi possível realizar a sua desagregação. A avaliação do consumo do edifício é realizada na secção 5.5.

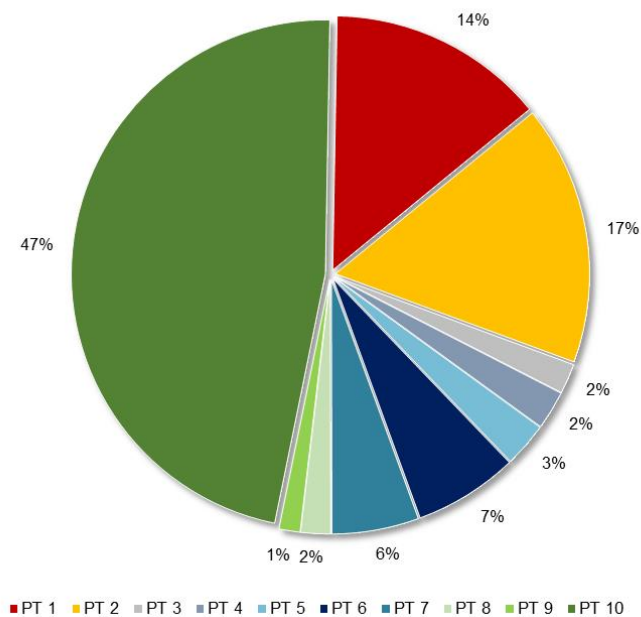


Figura - Desagregação do consumo de energia elétrica por PT

5.1.3 Consumo por edifício

Pelas medições realizadas nos PTs e nos edifícios do campus LNEC é possível desagregar os consumos por edifício como se apresenta no quadro seguinte. Estes valores serão utilizados para validar o modelo de simulação energética de cada edifício do LNEC e para estimar o consumo de energia primária e das emissões equivalentes de CO₂.

Quadro - Desagregação do consumo de energia elétrica pelos Edifícios do LNEC

Edifício, Pavilhão e Instalações	Consumo kWh/ano	%
Edifício Arantes e Oliveira	899 230	13,8%
Pavilhão de Hidráulica Marítima e Armazém A, B e C	75 717	1,2%
Pavilhão de Hidráulica Fluvial, Armazém e Arquivo do DHA	3 396	0,1%
Pavilhão de Modelos Reduzidos	1 698	0,0%
Edifício Fernando Abecasis	170 866	2,6%
Iluminação Exterior – Circuito do Pavilhão de Hidráulica Marítima	1 648	0,0%
Edifício Calouste Gulbenkian	80 572	1,2%
Edifício Departamento de Transportes	42 316	0,7%
Pavilhão do Núcleo de Fundações e Obras Subterrâneas	916	0,0%
Edifício do Refeitório e Outras Instalações de Apoio ao Pessoal	160 036	2,5%
Pavilhão do Porto de Lisboa (desativo)	0	0,0%
Pavilhão de Ensaios de Fogo, Coberturas e Metrologia	184 107	2,8%
Pavilhão de Montevideu - Túnel Aerodinâmico	0	0,0%
Edifício do Armazém 1 e Sala de Atividades	5 269	0,1%
Edifício Centro de Instrumentação Científica	136 997	2,1%
Edifício de Madeiras	41 666	0,6%
Edifício de Instalações	60 964	0,9%
Edifício de Areias Normalizadas	0	0,0%
Edifício do Armazém 2, Infantário e Bar	107 824	1,7%
Edifício de Ensaios de Componentes	63 848	1,0%
Garagens	3 487	0,1%
Iluminação exterior - Circuito do PT6 (Circuito 1)	8 213	0,1%
Iluminação exterior - Circuito do CIC (Circuito 2)	2 437	0,0%
Edifício Ferry Borges	123 198	1,9%
Edifício de Engenharia Sanitária	87 275	1,3%
Edifício Manuel Rocha (Instalações da FCCN no Ed. Manuel Rocha PT2 + PT7)	1 180 945	18,2%
Pavilhão do Modelo do Cuama (GRID - PT10 + Pavilhão do Modelo do Cuama - PT2)	3 062 376	47,1%

A figura seguinte representa a desagregação do consumo de eletricidade do LNEC por PT e por edifício.

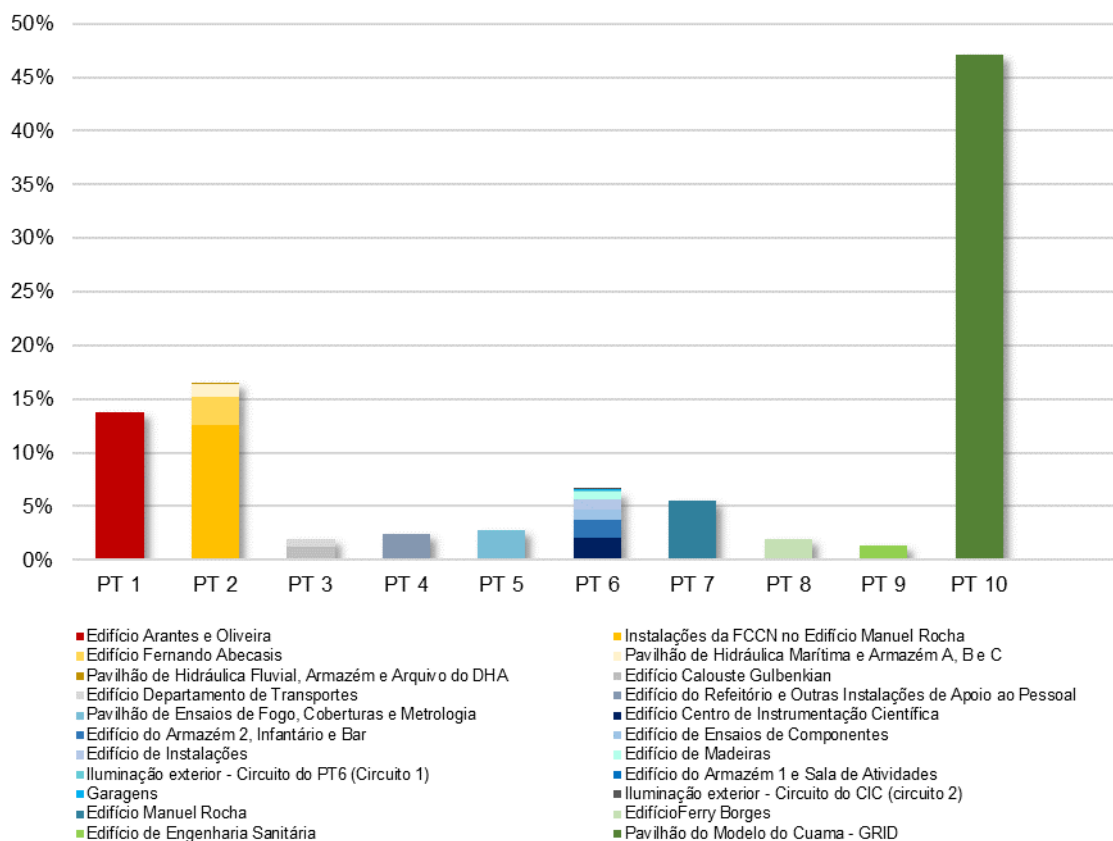


Figura - Desagregação do consumo de eletricidade por PT e por edifício

5.2 Gás natural

5.2.1 Total do LNEC

No LNEC existem 6 contadores de gás natural que fornecem energia a diferentes edifícios, conforme se indica na figura e no quadro seguintes. Este consumo pode ser para aquecimento ambiente, para água quente sanitária (AQS), para equipamentos de cozinha e equipamentos de ensaio.



Figura – Rede de distribuição de gás natural no LNEC

Quadro – Identificação dos contadores de gás natural e dos edifícios abastecidos com gás natural

Contadores*	Edifícios abastecidos com gás natural	Tipo de uso
LNEC	Edifício do Refeitório e Outras Instalações de Apoio ao Pessoal	AQS e equipamentos de cozinha
Edif. Gulbenkian	Edifício Calouste Gulbenkian e Edifício Departamento de Transportes	Equipamentos de cozinha
Sala 121	Edifício Arantes e Oliveira (laboratórios) e Manuel Rocha (Bar)	AQS, equipamentos e equipamentos de cozinha
Sala 122	Edifício Arantes e Oliveira (laboratórios)	Equipamentos
Infantário	Edifício do Amazém 1 e Sala de Atividades, Garagem, Edifício do Centro de Instrumentação Científica, Edifício das Instalações, Edifício das Madeiras, Edifício Areias Normalizadas, Edifício do Amazém 2, Infantário e Bar	AQS e equipamentos de cozinha
Caldeiras	Edifício Calouste Gulbenkian ²	Aquecimento ambiente

*A coluna “Contadores” indica a designação adotada nas faturas do gás natural.

No LNEC, o consumo de gás destina-se por um lado ao aquecimento ambiente (contador caldeiras) e nos restantes casos existe um consumo para AQS (ex. caldeira de apoio do sistema solar térmico no Edifício do Refeitório e Outras Instalações de Apoio ao Pessoal, esquentador nas garagens, no bar do

² O consumo de gás natural ocorre nas caldeiras existentes no Edifício Calouste Gulbenkian, mas esse consumo destina-se ao aquecimento ambiente deste edifício e do Edifício Arantes e Oliveira.

Edifício Manuel Rocha, no berçário e no infantário) e para equipamentos de cozinha (Cantina, nos três bares e no infantário) e equipamentos de ensaio.

O contador “LNEC” regista o consumo do Edifício do Refeitório e Outras Instalações de Apoio ao Pessoal onde existe uma cantina com equipamentos que utilizam gás natural e uma caldeira para AQS como apoio ao sistema solar térmico. O contador “Edif. Gulbenkian”, regista o consumo de gás natural utilizado em equipamentos no bar do Edifício Calouste Gulbenkian, bem como tem uma ligação ao Edifício de Transportes, que à data não possui equipamentos que utilizem gás natural.

Os contadores “Sala 121” e “Sala 122” registam os consumos de gás natural dos equipamentos dos laboratórios do Edifício Arantes e Oliveira. O contador “Sala 121” também regista os consumos dos equipamentos do bar do Edifício Manuel Rocha.

Apesar do contador “Infantário” registar consumos de vários edifícios conforme indicado no quadro e na figura anteriores, atualmente não existe consumo nos Edifícios Armazém 1 e sala de atividades, Areias Normalizadas, Centro de Instrumentação Científica, Instalações e Madeiras. As Garagens utilizam gás natural para AQS e para equipamentos. No Edifício do Armazém 2, Infantário e Bar existe consumo para equipamentos de cozinha no infantário e no bar.

No contador “Caldeiras” é medido o consumo de gás natural das caldeiras existentes no Edifício Calouste Gulbenkian e que destina ao aquecimento ambiente deste mesmo edifício e do Edifício Arantes e Oliveira.

No Pavilhão de Ensaios de Fogo, Coberturas e Metrologia e no Edifício Engenharia Sanitária, existem equipamentos de ensaio alimentados com botijas (cabines de gás), conforme indica a figura.

Na figura abaixo representa-se os consumos de gás natural em 2017, 2018 e 2019, verificando-se que em maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro não existe consumo de gás natural no contador “Caldeiras”, uma vez que o aquecimento se encontra desligado. Contudo, em 2018 houve consumo no mês de maio. No período de inverno o consumo de gás nas caldeiras é dominante, sendo o Refeitório (contador “LNEC”) o principal consumidor de gás no restante período.

Não foi possível obter a fatura das “Caldeiras” referente a dezembro de 2016. Uma vez que o consumo de dezembro 2017/janeiro 2018 e dezembro 2018/janeiro 2019 são semelhantes, o consumo “dez e jan 2017” é obtido duplicando o valor de janeiro de 2017.

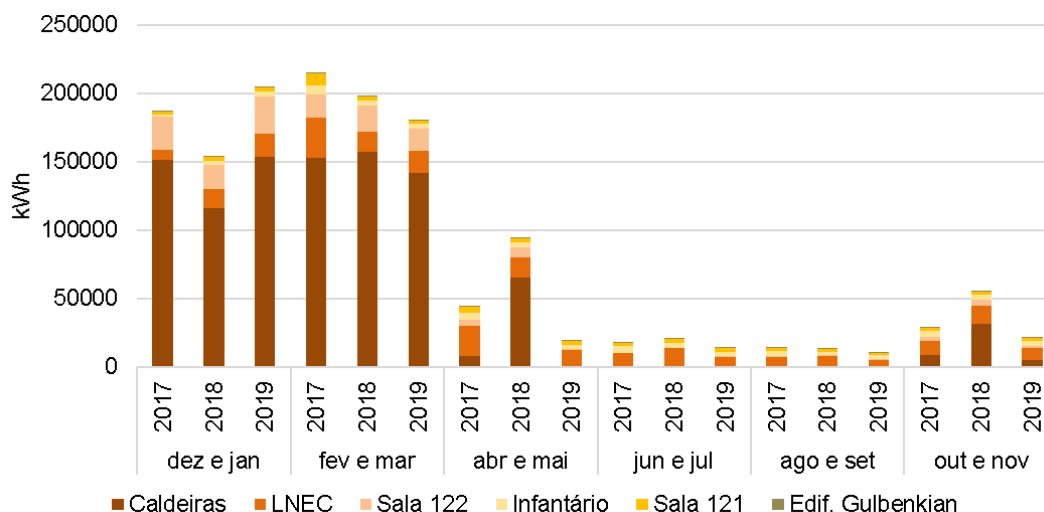


Figura - Consumo de gás natural dos diferentes contadores em 2017, 2018 e 2019

O consumo anual médio de gás natural do LNEC para os três anos em estudo tem o valor de 490 MWh conforme se indica no quadro seguinte.

Quadro - Consumo de gás natural

Ano	Consumo anual de gás [MWh]
2017	485
2018	561
2019	423
Média	490

Da análise das faturas do consumo de gás natural, estima-se um custo médio de 0,068 EUR/kWh, incluindo todos os custos e impostos.

5.2.2 Consumo por edifício

Os equipamentos a gás que não sejam para aquecimento do ambiente interior ou de água quente sanitária (AQS) pertencem à componente não regulada da avaliação do desempenho energético dos edifícios não afetando a classe energética.

De um modo geral, o aquecimento do ambiente interior através de gás natural corresponde a cerca de 66% da fatura, a AQS 5% e os usos não regulados correspondem a 29%.

O consumo de gás natural no Edifício do Refeitório e Outras Instalações de Apoio ao Pessoal ocorre nos quartos para AQS e na cantina para os equipamentos da cozinha e AQS. Neste edifício existem painéis solar térmico, tendo sido estimado o aproveitamento da componente solar por cálculo, utilizando a ferramenta de cálculo SCE.ER para conhecer a energia produzida por este sistema.

À data, o Edifício de Transportes não possui equipamentos que utilizam gás natural. Desta forma, considera-se que o consumo associado ao contador “Edif. Gulbenkian” respeita à utilização de equipamentos no bar do Edifício Calouste Gulbenkian.

O contador “Sala 122” regista os consumos de gás natural dos equipamentos dos laboratórios do Edifício Arantes e Oliveira, sendo este um uso não regulado. Parte do contador “Sala 121” regista os consumos de gás natural dos equipamentos dos laboratórios do Edifício Arantes e Oliveira, o consumo para AQS no bar do Edifício Manuel Rocha bem como o consumo dos equipamentos do bar. Para o consumo de gás deste Bar, considerou um valor similar aos consumos do bar do Edifício Calouste Gulbenkian.

O contador “Infantário” regista consumos de vários edifícios conforme mencionado acima. O Edifício do armazém 1 e sala de atividades, o Edifício Areias Normalizadas, o Edifício Centro de Instrumentação Científica, o Edifício de Instalações e o Edifício de Madeiras atualmente não têm consumo de gás natural. No Edifício Armazém 2, Infantário e Bar existe consumo para equipamentos de cozinha no infantário e no bar e AQS no infantário. As Garagens utilizam gás natural para AQS e para equipamentos.

No Edifício Calouste Gulbenkian e no Edifício Arantes e Oliveira o aquecimento ambiente é realizado com água quente proveniente das caldeiras existentes no Edifício Calouste Gulbenkian. Para desagregar este consumo de gás por edifício, tendo em conta que apresentam um nível de isolamento térmico semelhante, considerara-se um consumo de gás proporcional às áreas das salas onde existem radiadores, concluindo-se que cerca de 41% corresponde ao Edifício Arantes e Oliveira e 59% ao Edifício Calouste Gulbenkian.

No Pavilhão de Ensaios de Fogo, Coberturas e Metrologia e no Edifício de Engenharia Sanitária, existem pontos de consumo pelo uso de botijas (cabines de gás) por existirem equipamentos de ensaio que consomem gás. Contudo, não foi possível determinar estes consumos e os mesmos pertencem à componente não regulada, não afetando a avaliação do desempenho energético dos edifícios.

No Quadro seguinte, apresenta-se a desagregação dos consumos de gás por edifício que resulta do conhecimento do uso dos equipamentos e sistemas nos diferentes edifícios. Estes valores serão utilizados para validar o modelo de simulação energética de cada edifício do LNEC. A soma dos consumos por uso e por edifício conduzem a um valor total de 490 MWh/ano, que é igual ao valor da análise das faturas do LNEC.

Quadro - Desagregação do consumo de gás pelos Edifícios do LNEC

Edifício, Pavilhão e Instalações	Consumo kWh/ano		
	Aquecimento	AQS	Usos não regulados
Edifício Arantes e Oliveira (Contador Sala 122)	0,0	0,0	47 939,3
Edifício Manuel Rocha (Instalações da FCCN no Ed. Manuel Rocha PT2 + PT7)	0,0	839,5	1 641,7
Edifício Arantes e Oliveira (Contador Sala 121)	0,0	0,0	14 904,2
Edifício Arantes e Oliveira (Contador Caldeiras)	130 811,0	0,0	0,0
Edifício Calouste Gulbenkian (Contador Caldeiras)	191 563,7	0,0	0,0
Edifício Calouste Gulbenkian (Contador Edifício Calouste Gulbenkian)	0,0	0,0	1 641,7
Edifício Departamento de Transportes	0,0	0,0	0,0
Edifício do Refeitório e Outras Instalações de Apoio ao Pessoal	0,0	20 018,3	57 763,9
Edifício do Armazém 1 e Sala de Atividades	0,0	0,0	0,0
Edifício Centro de Instrumentação Científica	0,0	0,0	0,0
Edifício de Instalações	0,0	0,0	0,0
Garagens	0,0	419,8	391,1
Edifício de Madeiras	0,0	0,0	0,0
Edifício de Areias Normalizadas	0,0	0,0	0,0
Edifício do Armazém 2, Infantário e Bar	0,0	2 098,8	19 553,6
Edifício de Ensaio de Componentes	0,0	0,0	0,0
Edifício Ferry Borges	0,0	0,0	0,0
Edifício de Engenharia Sanitária	0,0	0,0	0,0
Pavilhão do Modelo do Cuama (GRID - PT10 + Pavilhão do Modelo do Cuama - PT2)	0,0	0,0	0,0
Pavilhão de Hidráulica Marítima e Armazém A, B e C	0,0	0,0	0,0
Pavilhão de Hidráulica Fluvial, Armazém e Arquivo do DHA	0,0	0,0	0,0
Pavilhão de Modelos Reduzidos	0,0	0,0	0,0
Edifício Fernando Abecasis	0,0	0,0	0,0
Pavilhão do Porto de Lisboa (desativo)	0,0	0,0	0,0
TOTAL	322 374,7	23 376,3	143 835,3

No quadro seguinte apresentam-se as percentagens de consumo de cada edifício face ao consumo total de gás natural. Estes valores serão utilizados para estimar o consumo de energia primária e das emissões equivalentes de CO₂ para os diferentes edifícios.

Quadro - Desagregação do consumo de gás pelos Edifícios do LNEC

Edifício, Pavilhão e Instalações	%
Edifício Arantes e Oliveira	39,55
Edifício Calouste Gulbenkian	39,46
Edifício Manuel Rocha	0,51
Edifício do Refeitório e Outras Instalações de Apoio ao Pessoal	15,89
Edifício do Armazém 2, Infantário e Bar	4,42
Garagens	0,17

5.3 Água

5.3.1 Total do LNEC

No campus do LNEC existem 4 contadores de água que faturam o consumo nos diferentes edifícios do LNEC, conforme se indica na figura e no quadro seguinte.

O contador “Ala Poente” abastece muitos dos edifícios do campus LNEC. Destes, importa salientar os Pavilhões de Hidráulica uma vez que estes têm um consumo elevado de água, consequência dos ensaios realizados nesses pavilhões. No Edifício do Armazém 2, Infantário e Bar o consumo relaciona-se com o uso de instalações sanitárias, atividades relacionadas com a confeção de alimentos no infantário e no bar e com a lavagem de roupa no infantário. O consumo nos restantes edifícios deve-se essencialmente ao uso de instalações sanitárias.

No contador “Edifício Principal” o consumo de água deve-se de um modo geral à utilização de instalações sanitárias nos edifícios abastecidos por este contador, da realização de ensaios nos laboratórios no Edifício Arantes e Oliveira e de atividades relacionadas com o bar do Edifício Manuel Rocha.

O consumo de água no contador “Ala Nascente” deve-se essencialmente ao uso de instalações sanitárias. No caso do contador “Cantina” o consumo é efetuado predominantemente pelas atividades da cantina, do alojamento e da enfermaria sendo também consumida água na utilização de instalações sanitárias.



Figura – Rede de distribuição de água no LNEC

Quadro – Identificação dos contadores de água e dos edificios abastecidos

Contadores*	Edifícios do campus a que fornece água
Ala Poente	Edifício Ferry Borges, Edifício do Armazém 1 e Sala de Atividades, Edifício das Instalações, Edifício das Madeiras, Edifício Areias Normalizadas, Garagens, Edifício do Centro de Instrumentação Científica, Edifício de Ensaio de Componentes, Edifício do Armazém 2, Infantário e Bar, Edifício Engenharia Sanitária, Edifício Fernando Abecasis, Pavilhão de Hidráulica Marítima e Armazém A, B e C, Pavilhão de Hidráulica Fluvial, Armazém e Arquivo do DHA, Pavilhão de Modelos Reduzidos, Pavilhão do Cuama, Pavilhão de Ensaios de Fogo, Coberturas e Metrologia, Pavilhão de Porto de Lisboa (desativado) e Pavilhão Montevidéu - Túnel Aerodinâmico
Edifício Principal	Edifício Arantes e Oliveira e Manuel Rocha
Ala Nascente	Edifício Calouste Gulbenkian, Edifício Departamento de Transportes, Pavilhão do Núcleo de Fundações e Obras Subterrâneas
Cantina	Edifício do Refeitório e outras instalações de apoio ao pessoal

*A coluna “Contadores” indica a designação presente nas faturas de água.

Todos os contadores têm faturas mensais. Nas figuras abaixo representa-se o consumo de água em 2017, 2018 e 2019.

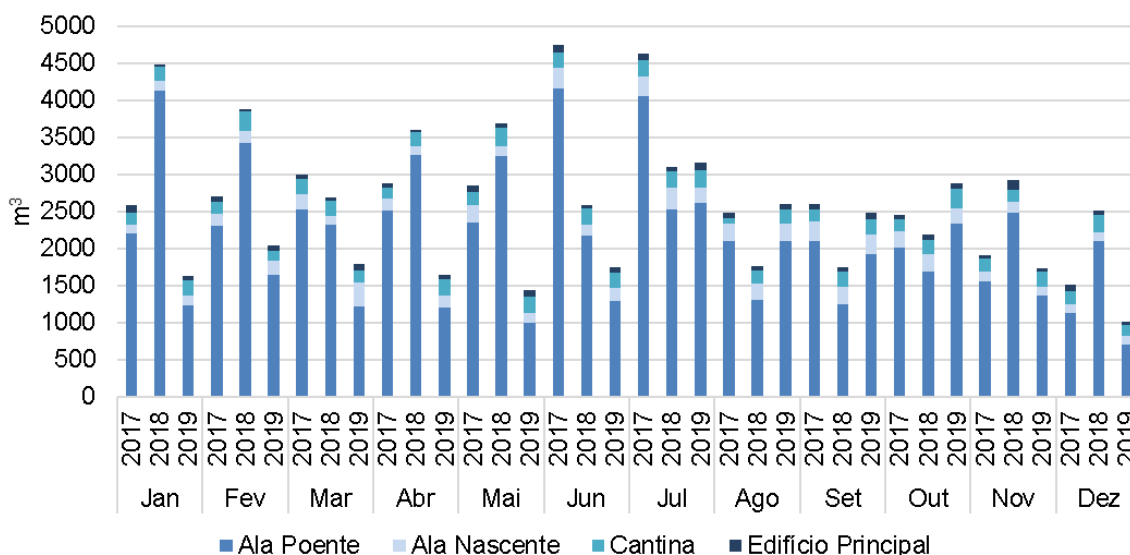


Figura - Consumo de água dos diferentes contadores em 2017, 2018 e 2019

O consumo anual de água em 2017 a 2019 encontram-se no quadro seguinte, bem como o valor médio desses três anos.

Quadro - Consumo de água

Ano	Consumo anual de água [m ³]
2017	34 305
2018	35 092
2019	24 123
Média	31 173

Da análise das faturas do consumo de água, estima-se um custo médio de 5,099 EUR/m³, incluindo todos os custos e impostos.

5.3.2 Consumo por edifício

Não foi possível desagregar os consumos de água por edifício do campus LNEC dado que não existem contadores por edifício. Contudo, dado que o contador “Cantina” apenas abastece o Edifício do Refeitório e outras instalações de apoio ao pessoal é possível indicar que em média o consumo de água neste edifício são 2 328 m³/ano, cerca de 7,5% do consumo de água anual do campus LNEC.

5.4 Energia renovável

No campus do LNEC apenas existe produção de energia renovável no Edifício do Refeitório e Outras Instalações de Apoio ao Pessoal através dos painéis solares térmicos para AQS nos quartos e para a

cozinha. Estimou-se o aproveitamento da componente solar por cálculo, utilizando a ferramenta de cálculo SCE.ER, conforme se ilustra a figura seguinte.

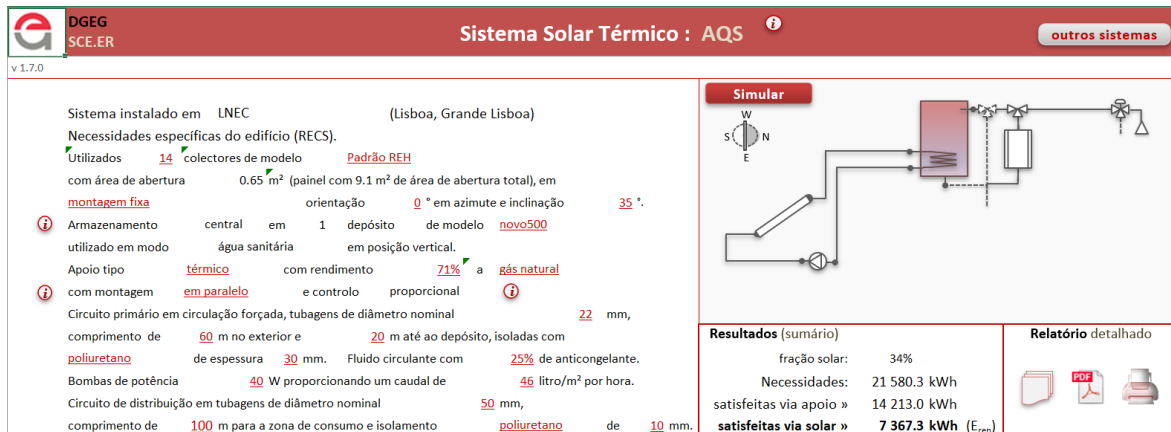


Figura – Cálculo da componente solar pela ferramenta SCE.ER

O consumo estimado de AQS é de 21 580 kWh/ano neste edifício. Estima-se que o sistema solar térmico satisfaz cerca de 7 367 kWh dessas necessidades, sendo os restantes 14 213 kWh satisfeitos pelo sistema de apoio (caldeira a gás). Considerando que a caldeira a combustível gasoso para preparação de AQS tem uma eficiência de 71% (de acordo com o Manual SCE) verifica-se que o consumo de gás para AQS é de 20 018 kWh/ano.

Quanto à componente renovável das bombas de calor, uma vez que para esta auditoria energética se utilizam valores por defeito, e estes são inferiores à condição regulamentar $SFP > 2,5$, a contribuição renovável das bombas de calor é nula.

5.5 Energia Primária e Emissões de CO₂

Tendo em conta o consumo de energia final do LNEC apresentado nas secções anteriores, nos quadros seguintes apresenta-se a estimativa do consumo de energia primária³ e das emissões equivalentes de CO₂⁴ para o LNEC bem como esses valores por unidade de área do pavimento, de acordo com as regras estabelecidas no Manual SCE. A área útil de pavimento dos edifícios do LNEC é de aproximadamente 71 345 m². Importa referir que este valor pode vir a ser revisto em função do cálculo das áreas dos restantes edifícios.

³ O fator de conversão entre energia final e energia primária para a eletricidade é 2,5 kWh_{EP}/kWh e 1 kWh_{EP}/kWh para combustíveis gasosos (gás natural) e para energia térmica de origem renovável.

⁴ O fator de conversão de energia primária para emissões de CO₂ é 0,144 kgCO₂/kWh para a eletricidade, 0,202 kgCO₂/kWh para o gás natural e 0 kgCO₂/kWh para as renováveis.

Quadro – Valores anuais do LNEC

	Eletricidade [MWh]	Gás Natural [MWh]	Energia Renovável [MWh]	Energia Primária [MWh _{EP}]	Emissões de CO ₂ [tonCO ₂]	Água [m ³]	Custo* Eletricidade [€/kWh]	Custo* Gás Natural [€/kWh]	Custo* Água [€/m ³]
2017	6 721	485	7,4	17 288	2 518	34 305	0,125	0,073	4,928
2018	6 552	561	7,4	16 941	2 472	35 092	0,135	0,062	4,994
2019	6 242	423	7,4	16 028	2 333	24 123	0,142	0,07	5,374
Média	6 505	490	7,4	16 752	2 441	31 173	0,134	0,068	5,099

*Inclui todos os custos e impostos

Quadro - Valores anuais por unidade de área útil de pavimento do LNEC

	Eletricidade [kWh/m ²]	Gás Natural [kWh/m ²]	Energia Renovável [kWh/m ²]	Energia Primária [kWh EP /m ²]	Emissões de CO ₂ [tonCO ₂ /m ²]	Água [m ³ /m ²]	Custo* Eletricidade [€/kWh.m ²]	Custo* Gás Natural [€/kWh.m ²]	Custo* Água [€/m ³ .m ²]
2017	94.20	6.79	0.10	242.30	0.0353	4.81E-01	1.75E-06	1.02E-06	6.91E-05
2018	91.84	7.87	0.10	237.46	0.0347	0.49	1.89E-06	8.69E-07	7.00E-05
2019	87.49	5.92	0.10	224.65	0.0327	0.34	1.99E-06	9.81E-07	7.53E-05
Média	91.18	6.86	0.10	234.80	0.0342	4.37E-01	1.88E-06	9.58E-07	7.15E-05

*Inclui todos os custos e impostos

5.6 Dados do edifício em avaliação

5.6.1 Aspetos gerais

Para avaliar o desempenho energético do Edifício de Ensaio de Componentes, foram identificados os consumos de energia deste edifício, tendo por base a desagregação realizada nas secções anteriores e as medições realizadas no âmbito da auditoria energética. Foram realizadas medições para avaliar os consumos por uso de energia, que foram corrigidos pelos fatores de ponderação destinados a fechar o balanço de energia do LNEC.

5.6.2 Dados anuais para validação do modelo de simulação energética

No quadro seguinte apresenta-se a desagregação do consumo de energia final do Edifício de Ensaio de Componentes de forma a validar o modelo de simulação energética. Verifica-se que a iluminação e os equipamentos elétricos são as parcelas com maior importância neste edifício. A definição dos usos de energia e respetivos consumos encontra-se no relatório do PT6.

Quadro – Consumo anual de energia no Edifício de Ensaio de Componentes

Usos de energia	Eletricidade (kWh/ano)	Gás (kWh/ano)
Edifício de Ensaio de Componentes: Total	63 848	0

5.6.3 Desagregação do consumo de energia elétrica

O Edifício de Ensaio de Componentes é abastecido pelo PT6. No âmbito da auditoria de energia realizaram-se medições nos quadros elétricos do edifício e no PT6, para se identificar o consumo de energia por uso/piso. Concluiu-se que o maior consumidor do edifício é o circuito do disjuntor “Piso 1 nave Ala Oeste” seguido do “Piso 1 – Nave Ala Este + iluminação da Nave”. Estes consumos englobam diferentes usos como iluminação e tomadas. O edifício representa um consumo cerca de 1,0% do consumo total de energia elétrica do LNEC (ver secção 5.1).

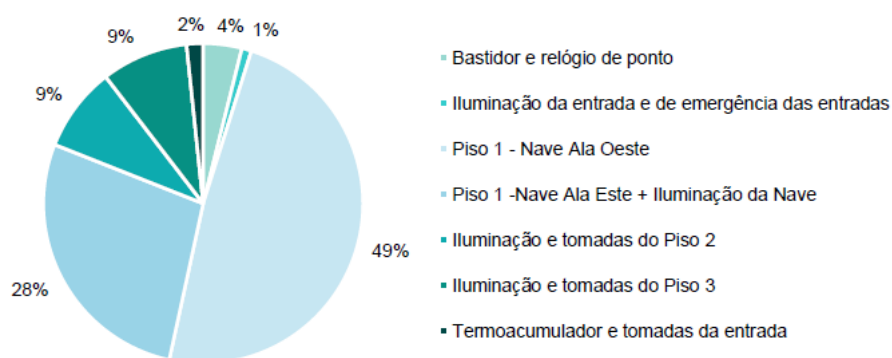


Figura - Desagregação de consumos de eletricidade do Edifício de Ensaio de Componentes

5.6.4 Desagregação do consumo de gás natural

O Edifício de Ensaio de Componentes não apresenta consumos de gás natural.

5.6.5 Energia Primária e Emissões de CO₂

Tendo em conta o consumo de energia final do LNEC apresentado nas secções anteriores, nos quadros seguintes apresenta-se a estimativa do consumo de energia primária e das emissões equivalentes de CO₂ para o Edifício de Ensaio de Componentes bem como esses valores por unidade de área de pavimento, de acordo com as regras estabelecidas no Manual SCE. A área útil de pavimento do Edifício de Ensaio de Componentes é de aproximadamente 2 022 m².

Quadro – Valores anuais do Edifício de Ensaio de Componentes

	Eletricidade [MWh]	Gás Natural [MWh]	Energia Renovável [MWh]	Energia Primária [MWh _{EP}]	Emissões de CO ₂ [kgCO ₂]	Água [m ³]	Custo* Eletricidade [€/kWh]	Custo* Gás Natural [€/kWh]	Custo* Água [€/m ³]
2017	65,97	0,00	0,00	164,92	23,75	-	0,125	0,073	4,928
2018	64,31	0,00	0,00	160,78	23,15	-	0,135	0,062	4,994
2019	61,27	0,00	0,00	153,17	22,06	-	0,142	0,070	5,374
Média	63,85	0,00	0,00	159,62	22,99	-	0,134	0,068	5,099

*Inclui todos os custos e impostos

Quadro - Valores anuais por unidade de área útil de pavimento do Edifício de Ensaio de Componentes

	Eletricidade [kWh/m ²]	Gás Natural [kWh/m ²]	Energia Renovável [kWh/m ²]	Energia Primária [kWh _{EP} /m ²]	Emissões de CO ₂ [kgCO ₂ /m ²]	Água [m ³ /m ²]	Custo* Eletricidade [€/kWh.m ²]	Custo* Gás Natural [€/kWh.m ²]	Custo* Água [€/m ³ .m ²]
2017	32,62	0,00	0,00	81,56	1,17E-02	-	6,18E-05	3,61E-05	2,44E-03
2018	31,80	0,00	0,00	79,51	1,14E-02	-	6,68E-05	3,07E-05	2,47E-03
2019	30,30	0,00	0,00	75,75	1,09E-02	-	7,02E-05	3,46E-05	2,66E-03
Média	31,58	0,00	0,00	78,94	1,14E-02	-	6,63E-05	3,38E-05	2,52E-03

*Inclui todos os custos e impostos

6 | Simulação energética

6.1 Calibração do modelo de simulação

Para a avaliação da eficiência energética no SCE o modelo de simulação energética multizona do edifício em regime dinâmico deve ser previamente calibrado com base no levantamento realizado e tendo por base os elementos que respeitam as condições reais de funcionamento do edifício (ocupação, sistemas de climatização, ventilação, equipamentos, iluminação, etc.).

De acordo com as regras do SCE, considera-se que o modelo de simulação energética do edifício se encontra calibrado quando os valores dos consumos de energia total (por forma de energia) obtidos por simulação dinâmica que reflitam as condições reais de funcionamento não apresentem um desvio superior a +/- 10% do consumo energético faturado e do observado por auditoria energética, referente à desagregação por utilização final.

Tendo em conta que o LNEC dispõe apenas de um ponto de ligação e de um contador de energia elétrica sobre o qual existem faturas, na avaliação do desempenho de cada edifício do LNEC é adotada para validação do modelo:

- uma estimativa do consumo de energia elétrica de cada edifício durante o período normal de funcionamento de 2017-2019, baseado nas contagens da EDP, nas contagens dos PT e nos resultados da auditoria energética que não permitem identificar com precisão o consumo de energia por uso, devido à configuração dos quadros elétricos, como especificado nos relatórios da desagregação dos consumos de energia de cada PT, este valor estimado é designado por “**Faturas**”;
- uma estimativa do consumo de energia por uso obtido por simulação dinâmica com condições reais designado por “**Simulação Real**”.

Pelos dados da simulação dinâmica do edifício em condições “reais” e os dados da faturação e auditoria energética, conclui-se que o modelo se encontra calibrado, uma vez que o desvio é em módulo de 0,1 %, e sempre inferior a 10%.

Calibração do modelo de simulação – Consumos e erro relativo			
	Faturas (kWh/ano)	Simulação Real (kWh/ano)	Erro relativo (Sim Real- Faturas)/Faturas
Edifício de Ensaio de Componentes	63 848	63 943	0,1%

6.2 Resultados da avaliação do desempenho energético do edifício – Classe energética

O desempenho energético do edifício é avaliado com base no indicador de eficiência energética (IEE) obtido por cálculo, para os consumos de energia regulados (aquecimento, arrefecimento, ventilação, AQS, iluminação e sistemas de transporte), para as condições nominais e para o edifício de referência regulamentar. A classe energética é obtida com base no coeficiente R_{IEE} ($IEE_{pr S} / IEE_{ref S}$), determinado por cálculo como a relação entre o indicador de eficiência energética da componente regulada dos consumos do edifício em condições nominais afetado do uso de sistemas de energia renovável ($IEE_{pr S}$), face ao edifício de referência ($IEE_{ref S}$).

Com base na informação recolhida na auditoria energética, foi criado e validado o modelo de simulação dinâmica do edifício para as condições reais de funcionamento, como se referiu na subsecção anterior. Neste processo foi utilizado o simulador desenvolvido pelo LNEC (SE.LNEC) com a melhor informação disponível. Para realizar a avaliação do desempenho do edifício em condições nominais, foram realizadas as adaptações necessárias ao modelo para refletir as condições nominais de cálculo para realizar a certificação energética, por exemplo a colocação de sistemas de aquecimento e arrefecimento ambiente em todos os espaços úteis, mesmo que os espaços não disponham desses equipamentos.

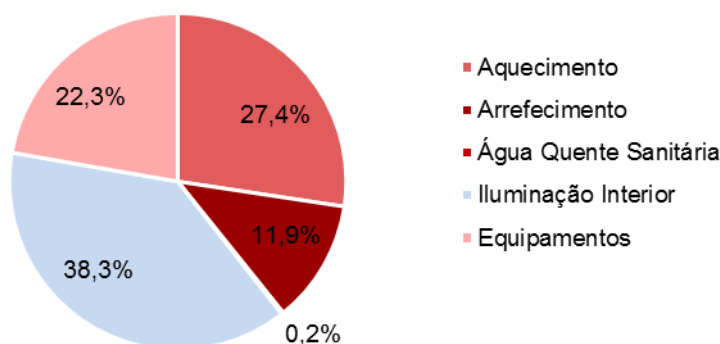
Nos quadros seguintes são apresentados os resultados obtidos através do SE.LNEC, nomeadamente o consumo total estimado de energia (primária e final) por vetor energético e a desagregação dos consumos de energia por uso (aquecimento, arrefecimento, ventiladores, bombas, água quente sanitária, água quente de piscinas, iluminação, equipamentos e sistemas de transporte) para as condições nominais (designado por “Normal” nas tabelas) e para as condições de referência regulamentares (designado por “Regulamentar” nas tabelas).

	Consumo anual de energia previsto por simulação dinâmica detalhada multizona (kWh/m ² .ano)							
	Normal				Regulamentar			
	Energia final			Energia primária	Energia final			Energia primária
Eletricidade	Combustível	Renováveis	Eletricidade		Combustível	Renováveis		
Aquecimento	13,09	0	0	32,73	11,07	0	0	27,68
Arrefecimento	5,67			14,18	3,03			7,58
Água Quente Sanitária	0,09	0	0	0,23	0,08	0	0	0,20
Água Quente Piscina	0	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Sistemas de transporte de pessoas e cargas	0			0,00	0			0,00
Bombas	0			0,00	0			0,00
Ventilação	0			0,00				0,00
Iluminação Interior	18,32			45,80	7,41			18,53
Iluminação Exterior	0			0,00	0			0,00
Equipamentos	10,64	0		26,60	10,64	0		26,60
Produção de energia elétrica			0	0,00			0	0,00
TOTAL	47,82	0	0	119,53	32,23	0,00	0,00	80,58
TOTAL dos usos regulados	37,17	0,00	0,00	92,93	21,59	0,00	0,00	53,98

Consumo anual de energia previsto por simulação dinâmica detalhada multizona

	Energia final (kWh/ano)			Energia primária (kWhEP/ano)		
	Eletricidade	Combustível	Renováveis	Eletricidade	Combustível	Renováveis
Aquecimento	26 478,17	0,00	0,00	66 195,42	0,00	0,00
Arrefecimento	11 456,04			28 640,10		
Água Quente Sanitária	188,71	0,00	0,00	471,77	0,00	0,00
Água Quente Piscina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sistemas de transporte de pessoas e cargas	0,00			0,00		
Bombas	0,00			0,00		
Ventilação	0,00			0,00		
Iluminação Interior	37 048,28			92 620,69		
Iluminação Exterior	0,00			0,00		
Equipamentos	21 523,44	0,00		53 808,59	0,00	
Produção de energia elétrica			0,00			0,00
TOTAL	96 694,63	0,00	0,00	241 736,58	0,00	0,00
TOTAL dos usos regulados	75 171,20	0,00	0,00	187 927,98	0,00	0,00

Na Figura seguinte mostra-se a desagregação dos consumos de energia previstos do edifício obtidos pela simulação. Consta-se que os maiores consumos anuais de energia estão associados à iluminação interior (38,3 %) e ao aquecimento ambiente (27,4 %), sendo os equipamentos responsáveis por um consumo de 22,3 % e o arrefecimento de 11,9 %. Pelos resultados o edifício pertence à classe energética D, com um valor R_{IEE} de 1,72.



6.3 Medidas de melhoria

Para avaliar o efeito de medidas de melhoria de eficiência energética do edifício, foram refeitas simulações em que:

- sempre que o isolamento térmico dos elementos opacos e envidraçados da envolvente é inferior ao nível mínimo exigido atualmente para os edifícios novos, se procedia ao reforço do isolamento térmico desse elemento construtivo;
- se avaliava a eficácia da aplicação de pinturas refletantes para reduzir as necessidades de arrefecimento do edifício;
- sempre que a proteção solar dos vãos envidraçados da envolvente é inferior ao nível mínimo exigido atualmente para os edifícios novos, se procedia ao reforço da proteção solar desse vão;

- sempre que a eficiência energética dos sistemas de aquecimento, arrefecimento ou AQS era inferior ao nível mínimo exigido atualmente para os edifícios novos, se procedia à substituição desses equipamentos por um novo com o nível de eficiência regulamentar no caso dos sistemas AQS e SCOP de 4,6 e SEER de 6,1;
- sempre que a eficiência energética dos sistemas de iluminação é inferior ao nível mínimo exigido atualmente para os edifícios novos, se procedia à substituição desse sistema por um novo com o nível de eficiência regulamentar;
- procede-se à instalação de sistema solar fotovoltaico, com painéis expostos a sul, com uma inclinação de 45° e com uma área de 12,5% da área de cobertura;
- procede-se à instalação de uma instalação solar térmica exposta a sul, com painéis com uma inclinação de 45° e com uma área de 12,5% da área de cobertura.

No estudo do impacto das medidas de melhoria é efetuada uma análise individual de cada tipo de medida de melhoria e por fim é realizada uma avaliação conjunta da aplicação de todas as medidas de melhoria.

No quadro seguinte apresentam-se os resultados da avaliação do impacte da implementação de medidas de melhoria que conferem ao edifício os níveis de referência regulamentar aplicáveis a edifícios novos, fazendo-se assim uma caracterização energética e económica do impacte individual dessas medidas, bem como de todas as medidas aplicadas em conjunto. As medidas de eficiência energética são apresentadas por ordem decrescente do seu impacte na redução de energia primária.

Quando as medidas são aplicadas em conjunto, o edifício passa a pertencer à classe energética A, proporcionando uma redução do consumo nominal de energia primária de 62 % e dos custos energéticos em 9 017 €/ano, assumindo um custo de energia elétrica de 0,15 €/kWh. As melhorias nos sistemas de iluminação quando aplicada isoladamente consegue melhorar a classe energética atual do edifício de classe D para a classe C, reduzindo em 20% o consumo de energia primária e consequentemente os custos energéticos em 2 841 €/ano. A instalação de sistema solar fotovoltaico (PV) é a segunda medida de melhoria com maior impacte na redução da energia primária, sendo que o reforço do isolamento térmico das paredes configura a principal intervenção a realizar na envolvente do edifício.

Medidas de eficiência energética aplicáveis ao edifício

Medida	Redução de energia final (kWh/ano)		Redução de energia primária		Redução de custos energéticos	Nova classe energética
	Eletricidade	Combustível	kWhEP/ano	%	EUR/ano	
Melhorias nos sistemas de iluminação	18 938,85	0,00	47 347,12	19,59	2 840,83	C
Instalação de sistema solar fotovoltaico	15 737,28	0,00	39 343,20	16,28	2 360,59	C
Substituir bombas de calor	12 612,36	0,00	31 530,90	13,04	1 891,85	C
Substituir sistema de ar condicionado	6 238,45	0,00	15 596,12	6,45	935,77	D
Reforço do isolamento térmico das paredes	5 757,95	0,00	14 394,88	5,95	863,69	D
Reforço do isolamento térmico das coberturas	1 676,90	0,00	4 192,25	1,73	251,53	D
Instalação de sistema solar térmico	162,10	0,00	282,50	0,12	24,32	D
Melhorias nos sistemas de produção de água quente sanitária	25,44	0,00	63,61	0,03	3,82	D
Melhoria da proteção solar e do sombreamento dos vãos envidraçados	0,82	0,00	2,05	0,00	0,12	D
Medidas conjuntas *	60 112,85	0,00	150 282,12	62,17	9 016,93	A

* Medidas Conjuntas: Não reflete o somatório individual de todas as medidas, mas sim a simulação de um edifício com o conjunto de todas as medidas apresentadas na tabela.

Para avaliar o período de retorno do investimento da intervenção no edifício foram considerados os custos unitários aproximados expressos no quadro seguinte de acordo com o tipo de intervenção.

Custos unitários de intervenção

Tipo de intervenção	Descrição da solução técnica	Características	Custo unitário	Unidade
Envolvente opaca	Aplicação de isolamento térmico contínuo em paredes (ETICS) com EPS 100	Até 80 mm de isolamento	100	€/m ²
	Aplicação de isolamento térmico na cobertura com lajetas térmicas XPS	Até 100 mm de isolamento	110	€/m ²
	Aplicação de isolamento térmico no pavimento com EPS 150	Até 100 mm de isolamento	100	€/m ²
Envolvente envidraçada	Substituição de vãos envidraçados por soluções mais eficientes com caixilharia de alumínio com corte térmico	-	1000	€/m ²
	Dispositivos de sombreamento (estore veneziano ou equivalente)	-	100	€/m ²
Sistemas de iluminação	Instalação de luminárias LED nos espaços exteriores, incluindo montagem	Até 250 W	-	€/luminária
	Substituição de lâmpadas convencionais por tubos de led	Até 25W/lâmpada	2	€/W
Sistemas de produção de energia elétrica	Sistema Solar fotovoltaico	Mais de 20 kWp	1714	€/kWp
Painéis solares térmicos para produção de AQS	Sistema solar de circulação forçada (kit), incluindo depósito 500 l, acessórios e tubagem, instalação, testes e transportes	4 coletores / 8 m ²	14	€/L
AQS e Climatização	Bomba de calor ar-água (unidade exterior/unidade interior)	Até 5 kWe	1250	€/kW
	Termoacumulador elétrico 2 kW	75 litros	175	€/equipamento

Tendo em conta as características da envolvente e dos sistemas do edifício apresentam-se no quadro seguinte a estimativa dos custos por tipo de intervenção e o respetivo período de retorno, considerando

o valor da redução dos custos energéticos (€/ano) determinado com recurso ao SE.LNEC, para as medidas de melhoria que conferem ao edifício os níveis de referência regulamentar aplicáveis a edifícios novos.

De modo geral os períodos de retorno são elevados, verificando-se para a aplicação isolada da medida de melhoria dos sistemas de iluminação, um período de 13,5 anos, e no caso das medidas conjuntas a um período de cerca de 48 anos. Os custos globais de investimento são cerca de 214 €/m². Estas intervenções têm também a vantagem de reduzir a potência elétrica de 101 kW para 72 kW, devido à redução da potência de aquecimento por efeito de Joule que passa a ser realizada com bomba de calor (redução de 17 kW) e à redução de potência elétrica da instalação de iluminação artificial (redução de 11 kW). Estas intervenções permitem melhorar as condições de conforto, aumentar o isolamento sonoro e melhorar o bem-estar no interior dos edifícios do LNEC.

Custos de intervenção e períodos de retorno

Medida	Custos de intervenção (€)	Período de Retorno (Anos)
Melhorias nos sistemas de iluminação	38 463	13,5
Instalação de sistema solar fotovoltaico	45 706	19,4
Substituir bombas de calor	39 554	20,9
Substituir sistema de ar condicionado	0	0,0
Reforço do isolamento térmico das paredes	130 664	151,3
Reforço do isolamento térmico das coberturas	146 579	582,8
Instalação de sistema solar térmico	2 500	102,8
Melhorias nos sistemas de produção de água quente sanitária	175	45,8
Melhoria da proteção solar e do sombreamento dos vãos envidraçados	28 169	234741,7
Medidas conjuntas	431 811	47,9

Lisboa, LNEC, setembro de 2022

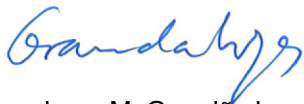
VISTOS

O Chefe do Núcleo de Acústica, Iluminação,
Componentes e Instalações



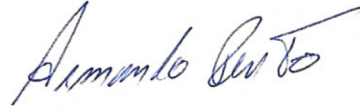
Jorge Patrício

O Diretor do Departamento de Edifícios



Jorge M. Grandão Lopes

AUTORIA



Armando Pinto
Investigador Auxiliar



Rafaela Mateus
Bolsreira de Investigação



Mariana Neto
Bolsreira de Doutoramento

ANEXOS

ANEXO I Plantas das zonas térmicas

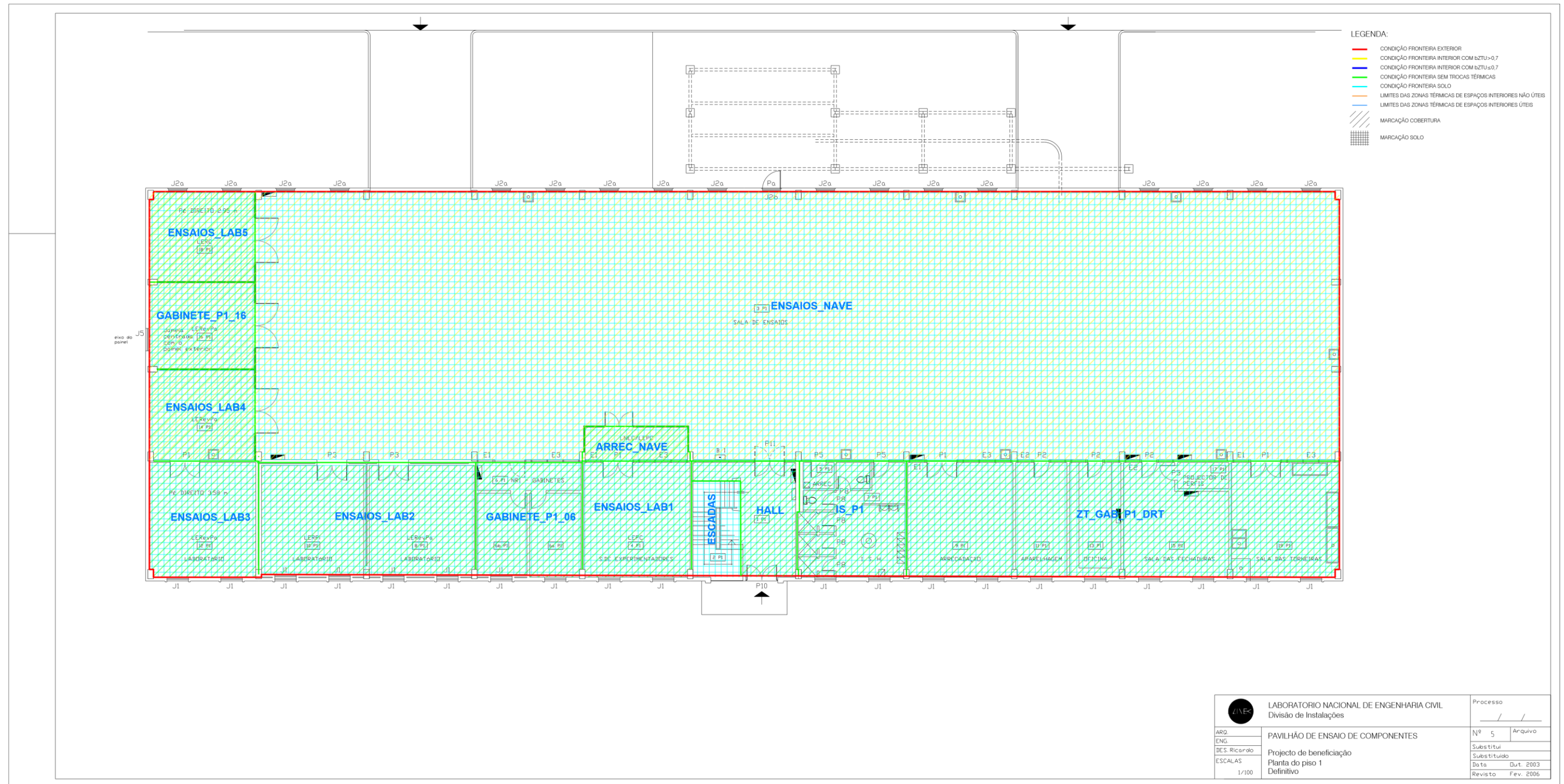


Figura – Planta do 1º Piso: Identificação das zonas térmicas

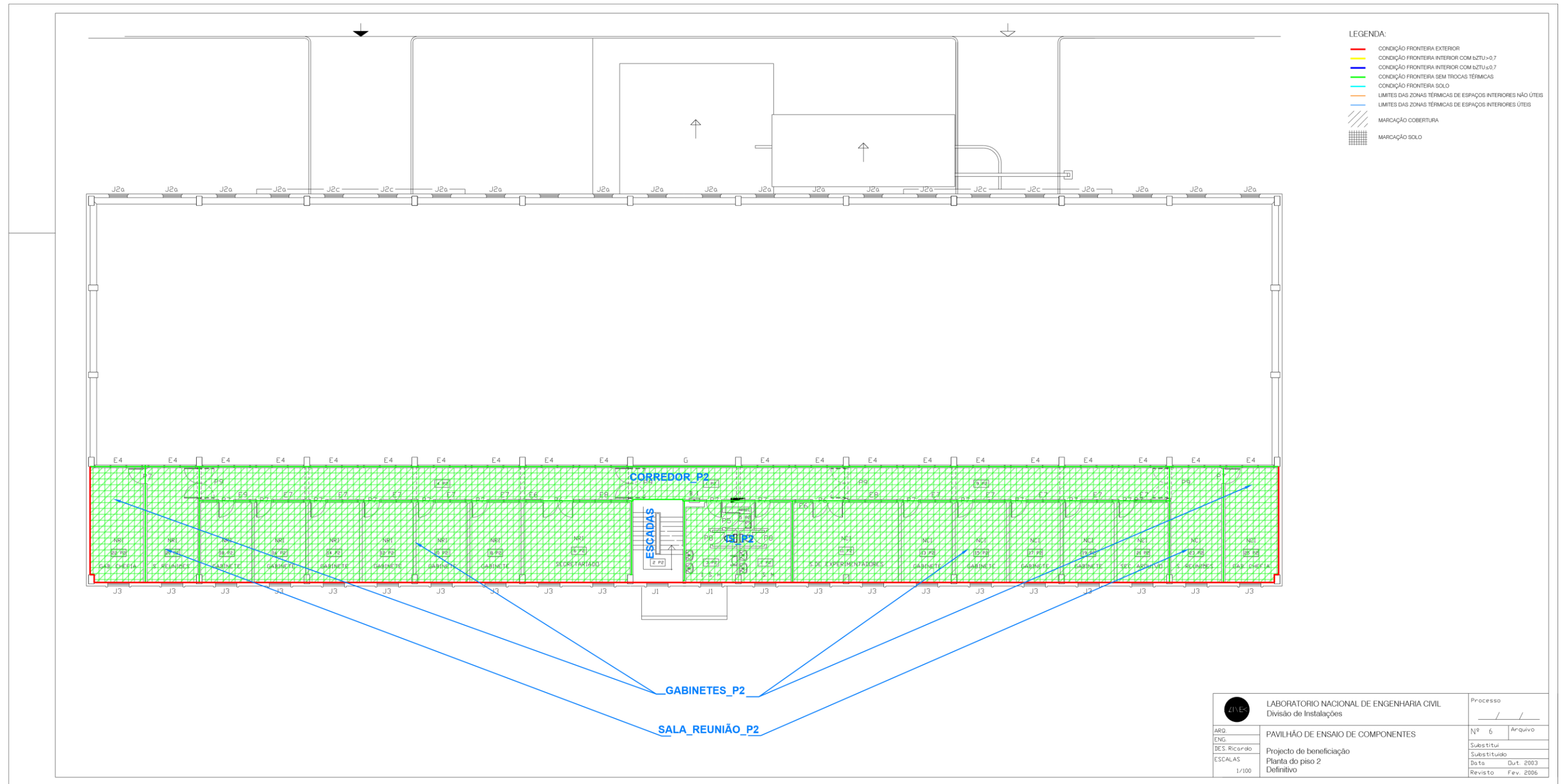
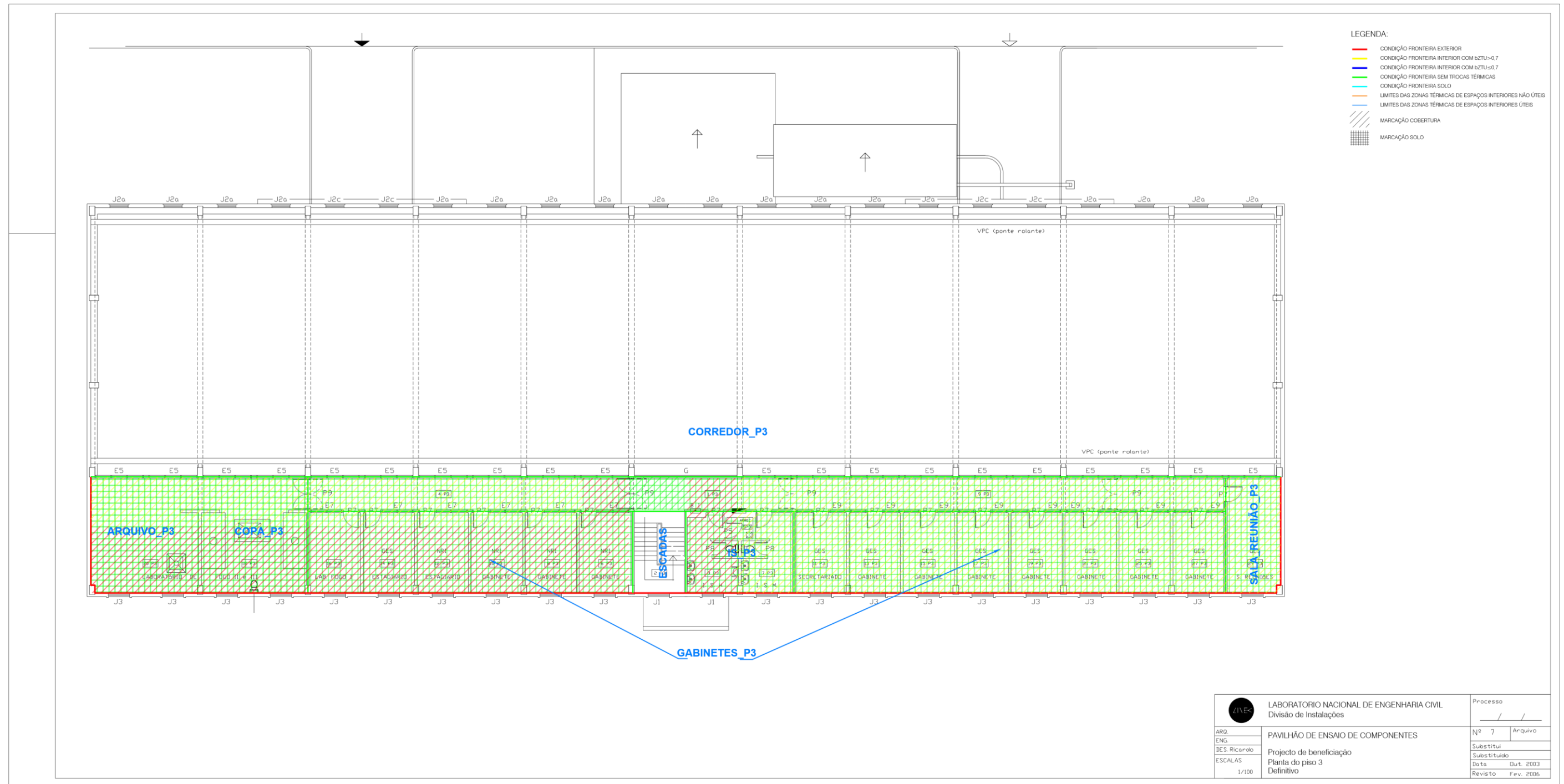


Figura – Planta do 2º Piso: Identificação das zonas térmicas



LABORATORIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL Divisão de Instalações		Processo	
ARD. ENG. DES Ricardo ESCALAS 1/100	PAVILHÃO DE ENSAIO DE COMPONENTES Projecto de beneficiação Planta do piso 3 Definitivo	Nº 7	Arquivo
		Substituído	
		Data	Out. 2003
		Revisto	Fev. 2006

Figura – Planta do 3º Piso: Identificação das zonas térmicas

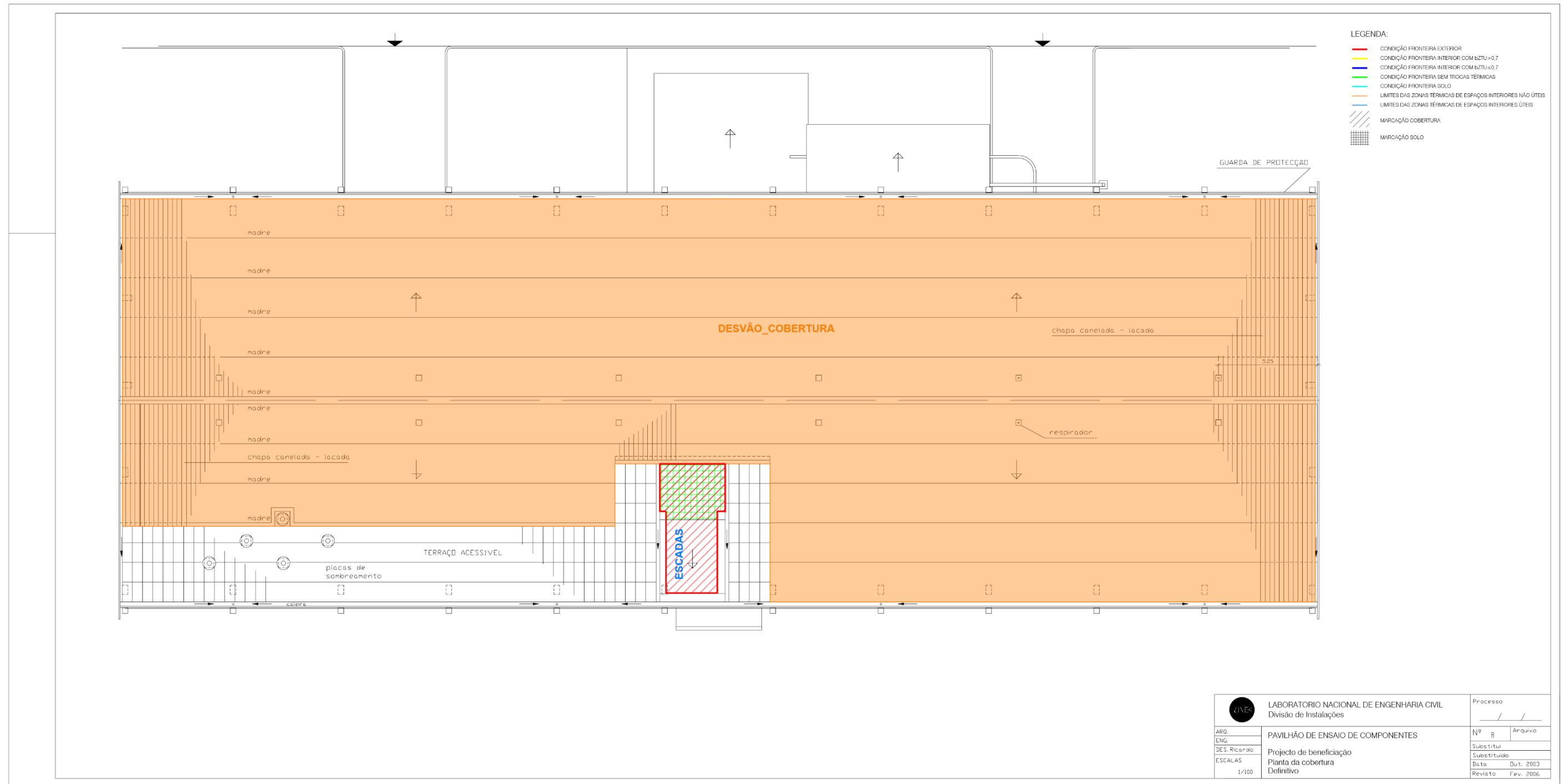


Figura – Planta da Cobertura: Identificação das zonas térmicas

ANEXO II Perfis de utilização

Os perfis de utilização deste edifício são apresentados seguidamente:

- 11_Escritórios, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00;
- 11_Copa, 4,5h por dia;
- 11_Constante 1, todos os dias (8 760 h/ano).

O perfil de utilização da ventilação é idêntico aos dos sistemas de climatização, significando que se encontra ligada no mesmo período em que o AVAC se encontra disponível. O perfil de consumo dos equipamentos a gás é igual ao dos equipamentos elétricos.

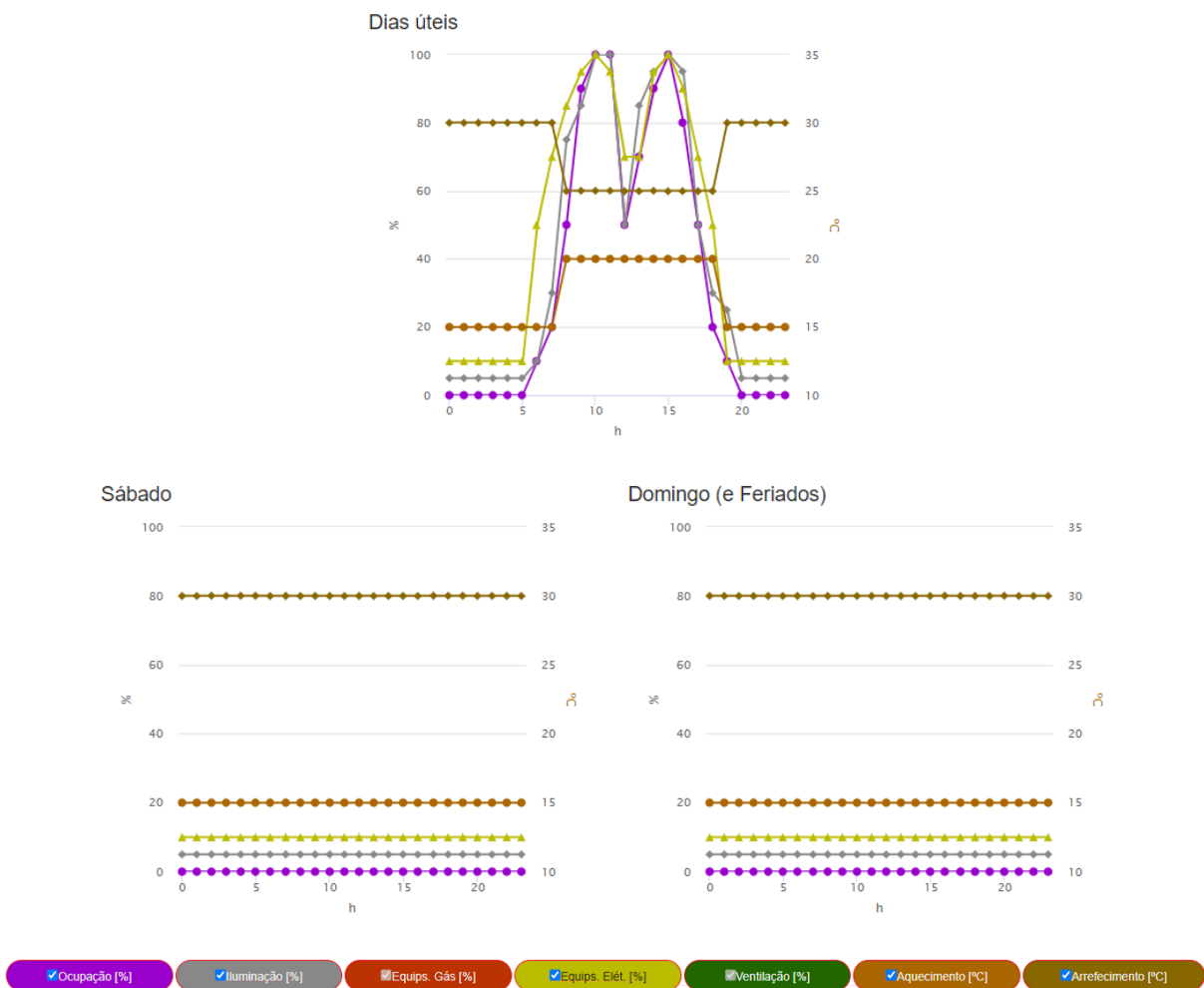


Figura – Perfil “11_Escritórios, 2 a 6a, 9h00-12h30 14h00-18h00”

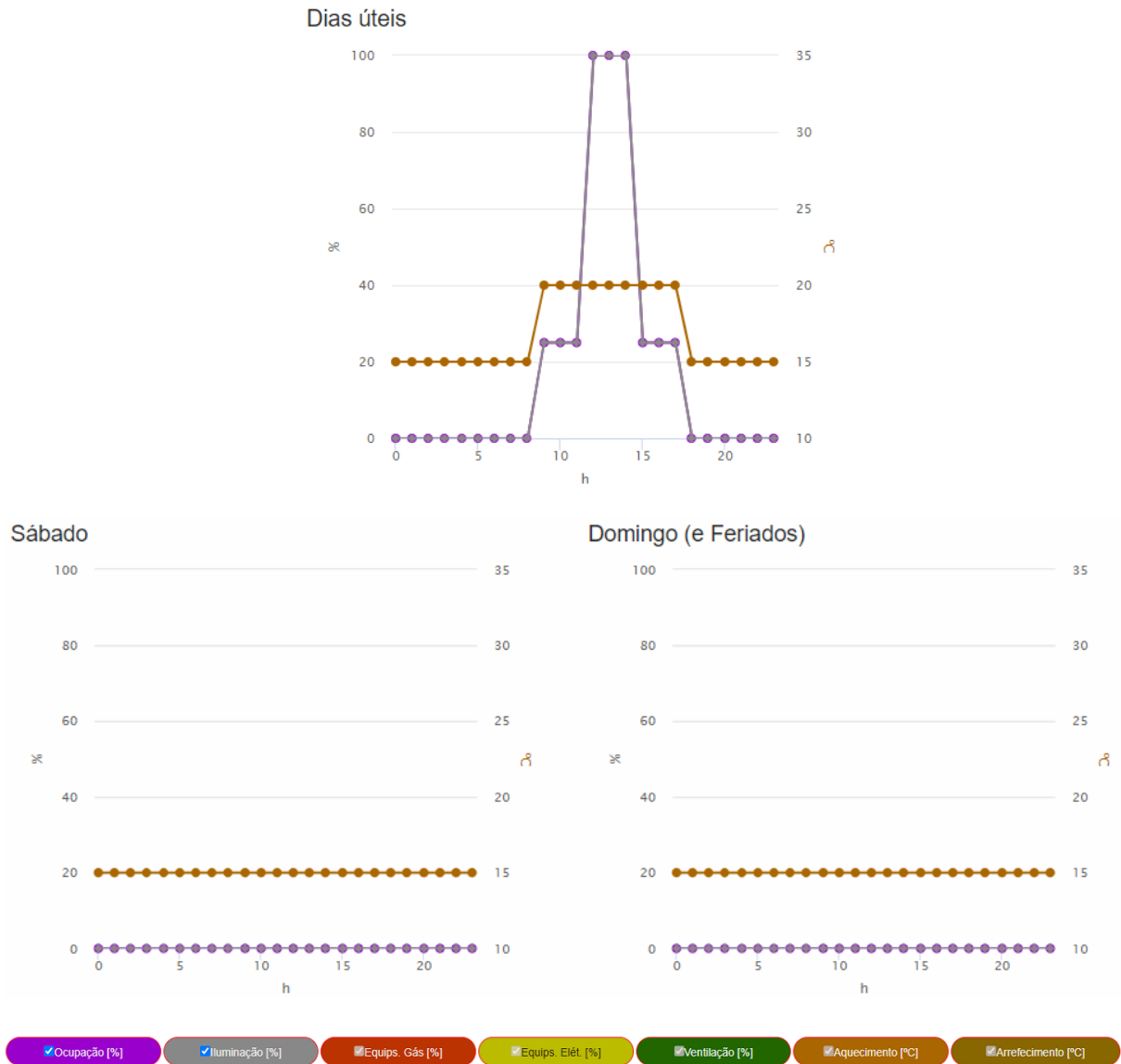


Figura – Perfil “11_Copa, 4,5h por dia”

ANEXO III

Ventilação - espaços com aberturas de admissão de ar na envolvente

Neste edifício não existem espaços com aberturas de admissão de ar na envolvente.



www.lnec.pt

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA • PORTUGAL
tel. (+351) 21 844 30 00
lnec@lnec.pt www.lnec.pt