

**Miguel Augusto dos Santos Antão**

**ANÁLISE ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS PÚBLICOS  
COM AUXÍLIO DE FERRAMENTAS DE DIAGNÓSTICO  
E MEDIDAS DE MELHORIA**

**CASO DE ESTUDO DO TEATRO DAS FIGURAS EM FARO**



**UNIVERSIDADE DO ALGARVE**

Instituto Superior de Engenharia

ANO

2023/24



**Miguel Augusto dos Santos Antão**

**ANÁLISE ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS PÚBLICOS  
COM AUXÍLIO DE FERRAMENTAS DE DIAGNÓSTICO  
E MEDIDAS DE MELHORIA**

**CASO DE ESTUDO DO TEATRO DAS FIGURAS EM FARO**

**Mestrado em Engenharia Mecânica  
Energia, Climatização e Refrigeração**

**Trabalho realizado sob a orientação de:**

Prof.<sup>a</sup> Doutora Cláudia Sequeira

Prof. Doutor Jânio Monteiro



**UNIVERSIDADE DO ALGARVE**

Instituto Superior de Engenharia

ANO

2023/24





# ANÁLISE ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS PÚBLICOS COM AUXÍLIO DE FERRAMENTAS DE DIAGNÓSTICO E MEDIDAS DE MELHORIA

CASO DE ESTUDO DO TEATRO DAS FIGURAS EM FARO

## *Declaração de autoria da obra*

Declaro ser o autor desta obra, que é original e inédita. Os autores e obras consultados são devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluídas.

---

(Nome Completo do Autor)

©2024, Miguel Augusto dos Santos Antão

A Universidade do Algarve reserva para si o direito, em conformidade com o disposto no Código do Direito de Autor e dos Direitos Conexos, de arquivar, reproduzir e publicar a obra, independentemente do meio utilizado, bem como de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição para fins meramente educacionais ou de investigação e não comerciais, conquanto seja dado o devido crédito ao autor e editor respetivos.

---

*“Não existe falta de energia. Não existe crise energética. Existe uma crise de ignorância”*

Buckminster Fuller

## **AGRADECIMENTOS**

À Prof<sup>a</sup> Doutora Cláudia Sequeira e ao Prof. Doutor Jânio Monteiro, na qualidade de meus orientadores, pelo apoio, paciência, compreensão e dedicação que tiveram ao longo da orientação deste projeto, o meu obrigado.

Um especial obrigado ao Eng.<sup>o</sup> Sérgio Rego, que, na qualidade de Diretor Técnico e amigo de longa data, se disponibilizou e me prestou apoio profissional e pessoal.

Agradeço aos meus familiares, em especial ao Vasco e à Ludmila, pelas inúmeras horas que abdicaram da minha presença, aos meus pais e cônjuges que ficaram com o Vasco para que fosse possível alcançar este feito.

Aos meus amigos e colegas de trabalho que me apoiaram de diversas formas.

O meu obrigado!

## RESUMO

Atualmente, a extrema urgência ambiental, a necessidade que temos em diversificar as fontes de energia, sermos mais sustentáveis, e amigos do ambiente, complementados com a subida dos preços da energia, leva a que haja um aumento da procura de soluções de melhoria na eficiência energética de edifícios, bem como na utilização de técnicas e métodos de diagnóstico que nos auxiliem na tomada de decisões.

Entre as técnicas utilizadas, a análise de vibrações e a termografia são métodos de ensaio não destrutivos, rápidos e de custos reduzidos que fornecem resultados imediatos muito precisos sobre o estado atual de funcionamento dos equipamentos.

Um dos objetivos do presente trabalho é fornecer uma visão dos benefícios e dificuldades da utilização destes métodos, no entanto, a termografia terá um destaque maior na análise energética de edifícios, como ferramenta de auxílio e diagnóstico de anomalias.

Pretende-se demonstrar que a utilização da termografia pode ser um importante indicador para a manutenção preditiva dos edifícios públicos.

Após a avaliação do desempenho energético do edifício e na identificação dos grandes consumidores de energia, é feita uma caracterização do perfil de utilização de acordo com o histórico e previsão futura dos espetáculos, onde serão elaboradas propostas de melhoria para a redução dos consumos de energia elétrica.

Serão estudadas e propostas fontes de energia alternativas, entre as quais, através da colocação de painéis fotovoltaicos, painéis fotovoltaicos com sistema de acumulação de energia;

Como objetivo final, pretende-se apresentar um conjunto de melhorias com base na análise do retorno do investimento e avaliar o impacto da utilização da termografia neste tipo de estudos.

**Palavras-Chave:** Termografia, análise energética, eficiência energética, energias renováveis.

## ABSTRACT

Currently, the pressing environmental urgency, the necessity to diversify energy sources, and the drive to become more sustainable and environmentally friendly, combined with the rising energy prices, have led to an increased demand for solutions to improve the energy efficiency of buildings. This demand is also complemented by the use of diagnostic techniques and methods that aid decision-making processes.

Among the techniques employed, vibration analysis and thermography stand out as non-destructive, rapid, and cost-effective testing methods that provide immediate and highly accurate results regarding the current operational status of equipment.

One of the objectives of this study is to provide an overview of the benefits and challenges associated with the use of these methods. However, thermography will be given greater prominence, particularly in its application to the energy analysis of buildings, serving as a diagnostic and anomaly detection tool.

The study aims to demonstrate that thermography can serve as a significant indicator for predictive maintenance in public buildings. Following the evaluation of the building's energy performance and the identification of major energy consumers, the usage profile will be characterized based on historical data and future forecasts of activities. This will inform the development of proposals for reducing electrical energy consumption.

Alternative energy sources will be explored and proposed, including the installation of photovoltaic panels and photovoltaic systems with energy storage capabilities.

The ultimate goal is to present a set of improvements based on a return-on-investment analysis and to evaluate the impact of thermography in such studies.

**Keywords:** Thermography, energy analysis, energy efficiency, renewable energies.

# Índice

Lista de Acrónimos.....	15
Lista de Símbolos .....	16
1 Introdução.....	17
1.1 Apresentação do Teatro das Figuras .....	18
1.2 Objetivos e Características do Projeto.....	18
1.3 Etapas do Trabalho .....	19
1.4 Organização do Documento .....	19
2 Enquadramento geral - Estado da Arte.....	21
2.1 Eficiência Energética em Edifícios.....	21
2.2 Avaliação do Estado de Condição dos Equipamentos.....	22
2.3 Termografia .....	22
2.4 Análise de vibrações.....	23
2.5 Medidas de melhoria .....	23
2.6 Avaliação dos Consumos e Custos Elétricos em Edifícios.....	24
3 Metodologia e Ferramentas de diagnóstico.....	26
3.1.1 Objetivos e metodologia.....	26
3.1.2 Termografia passiva aplicada à auditoria energética.....	27
3.2 Termografia passiva aplicada à auditoria energética.....	29
3.3 Aplicações da termografia nas auditorias energéticas de edifícios. ....	29
3.3.2 Walk-through, Walk-around e de Repetição.....	34
3.4 Protocolo de inspeção utilizado durante a visita ao edifício .....	34
3.4.1 Métodos e Câmara Utilizada .....	35
3.5 Análise de vibrações.....	37
3.5.1 Aquisição de dados.....	38
3.6 Análise de Consumos – Recolha de leituras.....	40
4 Caso de Estudo – Teatro das Figuras.....	41
4.1 Descrição do Edifício .....	41
4.1.1 Espaços .....	41
4.1.2 Grande Auditório .....	42
4.1.3 Foyer.....	42
4.1.4 Pequeno Auditório .....	43
4.2 Recolha e análise de dados no edifício.....	43
4.2.1 Análise de vibrações e diagnóstico do sistema de extinção de incêndio....	44
4.2.2 Análise de Termografia ao edifício.....	49

4.2.3	Mapeamento das Patologias da Envolvente do Edifício .....	50
4.2.4	Caracterização dos dados de Consumo Elétrico.....	93
4.2.5	Análise de Consumos e dos Custos Mensais com Energia Elétrica .....	95
4.2.6	Análise de consumos diários no período 15 a 26 de março de 2024.....	98
4.2.7	Perfil médio de consumo .....	102
4.3	Gás .....	103
4.4	Discussão de resultados .....	105
4.4.1	Ordem de prioridade de reparação no edifício .....	107
4.4.2	Propostas de intervenção .....	111
4.4.3	Resultados - Não Conformidades que resultaram em intervenções .....	112
4.5	Medidas de melhoria .....	114
4.5.1	Dimensionamento de Geração Fotovoltaica.....	115
4.5.2	Compensação do Fator de Potência.....	118
5	Conclusões e Trabalhos Futuros.....	120
5.1	Conclusão .....	120
5.2	Trabalhos futuros .....	121
	Referências .....	123
	Apêndices .....	125
1.	Termografia .....	126
	Auditoria ao exterior – Fachada nascente .....	126
	Auditoria ao exterior – Fachada norte.....	128
	Auditoria ao exterior – Fachada poente .....	129
	Auditoria ao exterior – Fachada sul .....	130
	Auditoria ao exterior – Piso 2 (Pátio das instalações).....	132
	Auditoria ao exterior – Piso 5 (Cobertura).....	134
	Auditoria ao Interior – Auditório .....	135
	Auditoria ao Interior – Pequeno auditório.....	137
	Quadro Geral .....	138
	Auditoria ao sistema AVAC (Interior do edifício).....	141
2.	Tipos de Filtros na Termografia: Diferenças, Aplicações e Recomendações... 144	
3.	Geração fotovoltaica.....	146
4.	Análise de consumos – Período 15 a 26 de Março.....	147
	Anexo .....	159
	Ciclo semanal opcional para muito alta tensão – (MAT), alta tensão – (AT), e média tensão – (MT).....	159

## Índice das Figuras

Figura 1 – Teatro das Figuras (Teatro das Figuras, 2022). .....	18
Figura 2 – Teatro das Figuras, imagem gerada em CYPE Architecture 2023. ....	18
Figura 3 – Detecção de pontes térmicas com recurso da termografia (Lucchi*, 2018) e (Yorkshire, s.d.). .....	31
Figura 4 – Detecção de uma fuga de água (Pixel Thermographics, s.d.). ....	33
Figura 5 – Exemplo de uma má ligação (Pixel Thermographics, s.d.). ....	33
Figura 6 – Localização de instalação dos transdutores (db PRUFTECHNIK, A Fluke reliability brand., 2017). .....	38
Figura 7 – Equipamento Vibrostore 100 da Brüel & Kjaer Vibro. ....	39
Figura 8 – Analisador de qualidade de energia trifásico. ....	40
Figura 9 – Teatro das Figuras (Cineteatros, s.d.). ....	41
Figura 10 – Grande auditório vista do palco (Teatro das Figura - Grande Auditório, 2022). ....	42
Figura 11 – Grande auditório (Teatro das Figura - Grande Auditório, 2022). ....	42
Figura 12 – Imagem de corte correspondente ao piso 0, imagem gerada no CYPE Architecture 2023. ....	42
Figura 13 – Foyer (Teatro das Figuras - Foyer, 2022). ....	43
Figura 14 – Bar do foyer (Teatro das Figuras - Foyer, 2022). ....	43
Figura 15 – Imagem da zona do foyer, imagem gerada em CYPE Architecture 2023. ....	43
Figura 16 – Pequeno auditório (Teatro das Figuras - Pequeno Auditório, 2022). ....	43
Figura 17 – Casa das bombas do sistema de incêndio, imagem gerada em CYPE Architecture 2023. ....	44
Figura 18 – Bombas do sistema de extinção de incêndio. ....	44
Figura 19 – Chapa de identificação do motor da bomba A. ....	45
Figura 20 – Analisador de vibrações, seleção de RPM. ....	45
Figura 21 – Bomba A do sistema de extinção de incêndio. ....	45
Figura 22 – Leitura do sensor na vertical. ....	46
Figura 23 – Leitura do sensor na axial. ....	46
Figura 24 – Leitura do sensor na horizontal. ....	46
Figura 25 – Imagem termográfica e fotografia digital, rolamento externo da bomba. ....	47
Figura 26 – Imagem termográfica e fotografia digital, rolamento interno da bomba. ....	48
Figura 27 – Protocolo de auditoria ao exterior à fachada nascente. ....	50
Figura 28 – Imagem termográfica e fotografia digital, fachada nascente. ....	51
Figura 29 – Fachada norte. ....	51
Figura 30 – Imagem termográfica e fotografia digital, portas de acesso ao foyer, fachada norte. ....	52
Figura 31 – Fachada poente. ....	52
Figura 32 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto poente-norte. ....	53
Figura 33 – Imagem termográfica e fotografia digital, fachada poente. ....	54
Figura 34 – Imagem termográfica e fotografia digital, porta de serviço fachada poente. ....	55
Figura 35 – Protocolo de auditoria externa ao pátio das instalações no Piso 2. ....	55
Figura 36 – Imagem termográfica e fotografia digital, UTA's auditório e foyer. ....	57
Figura 37 – Imagem termográfica e fotografia digital, dreno do pátio das instalações. ....	57
Figura 38 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto nascente – norte. ....	58

Figura 39 – Imagem termográfica e fotografia digital, janelas do pátio das instalações.	58
Figura 40 – Vidro pátio das instalações.	59
Figura 41 – Imagem termográfica e fotografia digital, janelas do pátio das instalações técnicas, parede poente.	59
Figura 42 – Imagem termográfica e fotografia digital, janela do pátio das instalações técnicas, teto falso, canto poente.	60
Figura 43 – Imagem termográfica e fotografia digital, janela do pátio das instalações técnicas, teto falso.	60
Figura 44 – Protocolo de auditoria externa à cobertura do auditório.	61
Figura 45 – Imagem termográfica e fotografia digital, cobertura do auditório.	62
Figura 46 – Imagem termográfica e fotografia digital, cobertura da plateia, parede nascente.	63
Figura 47 – Imagem termográfica e fotografia digital, porta de desenfumagem.	64
Figura 48 – Imagem termográfica e fotografia digital, cobertura auditório.	65
Figura 49 – Protocolo de auditoria externa a cobertura do 5º Piso.	65
Figura 50 – Imagem termográfica e fotografia digital, divisória na cobertura do 5º Piso.	66
Figura 51 – Imagem termográfica e fotografia digital, dreno na cobertura do 5º piso.	66
Figura 52 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto da parede poente-sul.	67
Figura 53 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto da parede norte-poente.	67
Figura 54 – Imagem termográfica e fotografia digital, parede por cima do gabinete da administração virada a poente.	68
Figura 55 – Imagem termográfica e fotografia digital, centro da cobertura entre as portas de desenfumagem.	68
Figura 56 – Imagem termográfica e fotografia digital, porta de desenfumagem.	69
Figura 57 – Imagem termográfica e fotografia digital, condutas das portas de desenfumagem.	69
Figura 58 – Protocolo de auditoria interna ao auditório.	70
Figura 59 – Imagem termográfica e fotografia digital, porta poente do auditório.	70
Figura 60 – Imagem termográfica e fotografia digital, parede poente.	71
Figura 61 – Protocolo de auditoria interna ao pequeno auditório.	71
Figura 62 – Imagem termográfica e fotografia digital, teto do pequeno auditório, ponto de iluminação.	72
Figura 63 – Imagem termográfica e fotografia digital, teto do pequeno auditório, área mais a nascente da fachada sul.	72
Figura 64 – Protocolo de auditoria interna ao foyer e bar.	73
Figura 65 – Imagem termográfica e fotografia digital, vidro no bar.	73
Figura 66 – Imagem termográfica e fotografia digital, vidro no bar, pormenor do canto.	74
Figura 67 – Imagem termográfica e fotografia digital, parede Nascente zona do bar do foyer.	74
Figura 68 – Imagem termográfica e fotografia digital, parede Norte-Nascente, canto da zona do bar, foyer.	75
Figura 69 – Imagem termográfica e fotografia digital, conduta de iluminação de luz natural, foyer.	75
Figura 70 – Imagem termográfica e fotografia digital, conduta de iluminação de luz natural.	76

Figura 71 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto Norte-Poente, foyer. ....	77
Figura 72 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto da parede poente e parede norte do foyer.....	78
Figura 73 – Imagem termográfica e fotografia digital, área do bar. ....	78
Figura 74 – Protocolo de auditoria interna, gabinete técnico. ....	79
Figura 75 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto da parede sul do gabinete técnico.....	79
Figura 76 – Imagem termográfica e fotografia digital, janela do gabinete técnico.....	80
Figura 77 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto da parede Nascente – Sul. ....	80
Figura 78 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto da parede Nascente junto à porta.....	81
Figura 79 – Imagem termográfica e fotografia digital, vista inferior da porta de acesso ao gabinete técnico. ....	81
Figura 80 – Imagem termográfica e fotografia digital, vista superior da porta de acesso ao gabinete técnico. ....	82
Figura 81– Protocolo de auditoria externa, Piso 3 - Átrio do bar. ....	82
Figura 82 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto poente do átrio do bar....	83
Figura 83 – Imagem termográfica e fotografia digital, caixilharia do 4º e 5º Pisos.....	83
Figura 84– Imagem termográfica e fotografia digital, canto parede Poente-Sul, vista do átrio do bar. ....	84
Figura 85 – Imagem termográfica e fotografia digital, vista da parede sul, 5º piso.....	85
Figura 86 – Imagem termográfica e fotografia digital, parede Poente, vista a partir do átrio do bar. ....	86
Figura 87 – Piso 3 (Bar). ....	86
Figura 88 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto poente do bar. ....	87
Figura 89 – Imagem termográfica e fotografia digital, porta de acesso ao átrio do bar 3º Piso, vista inferior. ....	87
Figura 90 – Imagem termográfica e fotografia digital, porta de acesso ao átrio do bar 3º Piso vista superior.....	88
Figura 91 – Imagem termográfica e fotografia digital, parte superior da caixilharia do bar. ....	88
Figura 92 – Gabinete da direcção. ....	89
Figura 93 – Imagem termográfica e fotografia digital, janela no corredor de acesso ao gabinete da direcção. ....	89
Figura 94 – Imagem termográfica e fotografia digital, teto junto à porta de acesso ao gabinete da direcção. ....	90
Figura 95 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto nascente – sul do gabinete da direcção.....	90
Figura 96 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto da parede sul e janela poente do gabinete da direcção.....	91
Figura 97 – Imagem termográfica e fotografia digital, parte superior da caixilharia da janela do gabinete da direcção.....	91
Figura 98 – Fatura de eletricidade. ....	93
Figura 99 – Imagem termográfica e fotografia digital (Figura 83). ....	112
Figura 100 – Imagem termográfica e fotografia digital (Figura 85). ....	112
Figura 101 – Fachada Sul. ....	113

Figura 102 – Platibanda, secção localizada por cima do gabinete da direcção. ....	113
Figura 103 – Imagem termográfica e fotografia digital, (Figura 86). ....	113
Figura 104 – Diferença entre o antes e o depois da fachada sul. ....	114
Figura 105 – Localização do Teatro das Figuras. ....	115
Figura 106 – Condições de simulação para a identificação da trajetória do Sol. ....	115
Figura 107 – Maior exposição solar. ....	116
Figura 108 – Exposição solar com a instalação da estrutura. ....	116
Figura 109 – Totalidade da exposição solar. ....	117
Figura 110 – Identificação das superfícies da cobertura. ....	117
Figura 111 – Protocolo de auditoria ao exterior da fachada nascente. ....	126
Figura 112 – Imagem termográfica e fotografia digital, fachada nascente. ....	127
Figura 113 – Imagem termográfica e fotografia digital, fachada nascente, fronteira do bloco A com o bloco B. ....	127
Figura 114 – Imagem termográfica e fotografia digital, fachada nascente. ....	128
Figura 115 – Fachada norte. ....	128
Figura 116 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto norte-nascente da fachada norte. ....	129
Figura 117 – Fachada poente. ....	129
Figura 118 – Imagem termográfica e fotografia digital, fachada poente. ....	130
Figura 119 – Fachada sul. ....	130
Figura 120 – Imagem termográfica e fotografia digital, fachada sul. ....	131
Figura 121 – Imagem termográfica e fotografia digital, Fachada sul. ....	131
Figura 122 – Imagem termográfica e fotografia digital, fachada sul, porta de acesso Staff. ....	132
Figura 123 – Protocolo de auditoria externa ao pátio das instalações no Piso 2. ....	132
Figura 124 – Imagem termográfica e fotografia digital, UTA. ....	133
Figura 125 – Protocolo de auditoria externa a cobertura do 5º Piso. ....	134
Figura 126 – Imagem termográfica e fotografia digital, condutas de ventilação. ....	134
Figura 127 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto da parede nascente-sul. ....	135
Figura 128 – Protocolo de auditoria ao interior ao auditório. ....	135
Figura 129 – Imagem termográfica e fotografia digital, porta nascente auditório. ....	136
Figura 130 – Imagem termográfica e fotografia digital, corredor nascente do auditório. .....	136
Figura 131 – Protocolo de auditoria ao interior ao pequeno auditório. ....	137
Figura 132 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto sul. ....	137
Figura 133 – Imagem termográfica e fotografia digital, quadro geral. ....	138
Figura 134 – Imagem termográfica e fotografia digital, disjuntores sem proteção, quadro geral. ....	139
Figura 135 – Imagem termográfica e fotografia digital, disjuntor, quadro geral. ....	140
Figura 136 – Imagem termográfica e fotografia digital, conduta do sistema de climatização do auditório. ....	141
Figura 137 – Imagem termográfica e fotografia digital, conduta do sistema de climatização do auditório. ....	142
Figura 138 – Imagem termográfica e fotografia digital, conduta do sistema de climatização do auditório, vista do lado poente para nascente. ....	143
Figura 139- Imagem termográfica filtro Rainbow HC, fotografia digital e filtro Iron. ....	144

Figura 140 - Imagem termográfica filtro Rainbow HC, fotografia digital e filtro Iron.  
..... 144

Figura 141 - Imagem termográfica filtro Rainbow HC, fotografia digital e filtro Iron.  
..... 145

## Índice Tabelas

Tabela 1 – Valores considerados durante a visita. ....	36
Tabela 2 – Tabela tipo para auditoria. ....	36
Tabela 3 – Auditoria ao interior do edifício. ....	37
Tabela 4 – Gama de vibrações de acordo com a ISO 10816-7. ....	37
Tabela 5 – Condições para a captura das imagens termográficas. ....	49
Tabela 6 – Condições meteorológicas da visita 1. ....	49
Tabela 7 – Condições meteorológicas da visita 2. ....	49
Tabela 8 – Consumos mensais de energia elétrica em kWh. ....	93
Tabela 9 – Estimativa de consumos das UTA's comparando a utilização da GTC com o funcionamento sem GTC. ....	94
Tabela 10 – Consumos mensais de energia em kWh corrigidos, acentuados a negrito os meses que foram alterados. ....	95
Tabela 11 – Evolução do preço médio aritmético da componente indexada OMEL. ....	96
Tabela 12 – Valores obtidos no analisador trifásico. ....	99
Tabela 13 – Dados do consumo da potência ativa consumida de 15 a 26 de Março. ....	101
Tabela 14 – Perfil médio de consumo. ....	102
Tabela 15 – Consumos de gás m3. ....	103
Tabela 16 – Consumos de gás m3. ....	104
Tabela 17 – Resultados da auditoria externa – Piso 0. ....	107
Tabela 18 – Resultados da auditoria externa – Piso 2 (Pátio das instalações). ....	107
Tabela 19 – Resultados auditoria interna – Janela do pátio das instalações. ....	107
Tabela 20 – Resultados auditoria externa – Piso 4 (Cobertura plateia). ....	107
Tabela 21 – Resultados da auditoria externa – Piso 5 (Cobertura). ....	108
Tabela 22 – Resultados auditoria interna – Auditório. ....	108
Tabela 23 – Resultados auditoria interna – Pequeno auditório. ....	108
Tabela 24 – Resultados auditoria interna – Foyer. ....	108
Tabela 25 – Resultados auditoria interna – Gabinete técnico. ....	108
Tabela 26 – Resultados auditoria externa – Piso 3 (Átrio do bar). ....	109
Tabela 27 – Resultados auditoria interna – Piso 3 (Bar). ....	109
Tabela 28 – Auditoria interna – Gabinete da direcção. ....	109
Tabela 29 – Sistema de extinção de incêndio. ....	109
Tabela 30 – Auditoria ao exterior – Lado Nascente. ....	109
Tabela 31 – Auditoria ao exterior – Lado Poente. ....	109
Tabela 32 – Auditoria ao exterior – Piso 2. ....	109
Tabela 33 – Auditoria ao interior – Auditório. ....	110
Tabela 34 – Auditoria ao interior – Pequeno auditório. ....	110
Tabela 35 – Auditoria ao quadro geral. ....	110
Tabela 36 – Auditoria ao sistema AVAC (Interior do edifício). ....	110
Tabela 37 – Auditoria ao exterior – Lado Norte. ....	110
Tabela 38 – Auditoria ao exterior – Lado Norte. ....	110
Tabela 39 – Auditoria ao exterior – Lado Sul. ....	110
Tabela 40 – Auditoria ao exterior – Piso 5. ....	110
Tabela 41 – Auditoria ao interior – Auditório. ....	110
Tabela 42 – Quadro Geral. ....	111
Tabela 43 – Sistema AVAC. ....	111

Tabela 44 – Potência ativa a compensar. ....	118
Tabela 45 – Equipamento da Schneider. ....	119
Tabela 46– Área de exposição solar. ....	146
Tabela 47 – Ciclo semanal opcional aplicável aos clientes em média tensão (Diario da Republica, 2024). ....	159

## Índice Gráficos

Gráfico 1 – Evolução do preço médio da componente indexada OMEL.....	96
Gráfico 2 – Cálculo estimado dos custos da energia elétrica. ....	97
Gráfico 3 – Estimativa do consumo de energia elétrica em kWh. ....	98
Gráfico 4 – Consumo em kWh onde a azul se apresentam os períodos inferiores a 24 horas e a laranja o consumo total de 24 horas. ....	99
Gráfico 5 – Potência ativa, em W, consumida em períodos horários para os dias 15 a 26 de Março. ....	100
Gráfico 6 – Perfil médio de consumo em W para as medições efectuadas entre 15 e 26 de março de 2024.....	102
Gráfico 7 – Consumo anual de gás em m3. ....	104
Gráfico 8 – Evolução do preço do gás em m3 . ....	105
Gráfico 9 – Potência ativa total [W] consumida a 15/03/2024. ....	147
Gráfico 10 – Potência ativa total [W] consumida a 16/03/2024. ....	148
Gráfico 11 – Potência ativa total [W] consumida a 17/03/2024.....	149
Gráfico 12 – Potência ativa total [W] consumida a 18/03/2024. ....	150
Gráfico 13 – Potência ativa total [W] consumida a 19/03/2024.....	151
Gráfico 14 – Potência ativa total [W] consumida a 20/03/2024. ....	152
Gráfico 15 – Potência ativa total [W] consumida a 21/03/2024. ....	153
Gráfico 16 – Potência ativa total [W] consumida a 22/03/2024. ....	154
Gráfico 17 – Potência ativa total [W] consumida a 23/03/2024. ....	155
Gráfico 18 – Potência ativa total [W] consumida a 24/03/2024. ....	156
Gráfico 19 – Potência ativa total [W] consumida a 25/03/2024. ....	157
Gráfico 20 – Potência ativa total [W] consumida a 26/03/2024. ....	158

# Lista de Acrónimos

AC – Autoconsumo

ACC – Autoconsumo Coletivo

ACI – Autoconsumo Individual

ASTM – American Society for Testing and Materials

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

BDU – Bearing Damage Unit

CEN – European Committee for Standardization

CER – Comunidades de Energia Renovável

CIEG – Custos de Interesse Economico Geral

DGEG – Direcção Geral de Energia e Geologia

EPBD – Energy Performance of Buildings Directive

EIFS – External Insulation Finish Systems

ETICS – External Thermal Insulation Composite System

EN – Norma Europeia

GTC – Gestão Técnica Centralizada

ISO – International Organization for Standardization

MVHR – Mechanical Ventilation Heat Recovery

NZEB – Nearly Zero – Energy Build

RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

RESNET – Residential Energy Services Network

UE – União Europeia

UPAC – Unidade de Produção para Autoconsumo

UTA – Unidade de Tratamento de Ar

# Lista de Símbolos

Símbolo	Vigência
$C$	Concentração
$GdL$	Graus de Liberdade
$T$	Temperatura absoluta

## ***Sobrescritos***

*	Valor relativo ao equilíbrio
$n$	Ordem de reação

## ***Letras gregas***

$R$	Resistência térmica (ou valor de R), $m^2\text{°C}/W$
$U$	Coefficiente de transmissão térmica, $W/m^2\text{°C}$
$\lambda$	Condutibilidade térmica, $W/m\text{°C}$
$\alpha$	Difusidade térmica $m^2/s$
$\rho$	Densidade, $kg/m^3$
$\varepsilon$	Emissividade
$\Phi$	Humidade relativa, %
$T$	Temperatura atmosférica, $K$ ou em $\text{°C}$
$T_a$	Temperatura do ar, $K$ ou em $\text{°C}$
$d$	Distancia, m
$T_i$	Temperatura do ar interior, $K$ ou em $\text{°C}$
$T_e$	Temperatura do ar exterior. $K$ ou em $\text{°C}$
$\Delta T$	Diferença da temperatura, $K$ ou em $\text{°C}$
$T_s$	Temperatura da superfície, $K$ ou em $\text{°C}$
$T_{sa}$	Temperatura da superfície aparente, $K$ ou em $\text{°C}$
$T_{refl}$	Temperatura refletida, $K$ ou em $\text{°C}$
$\Delta P$	Diferença de pressão, $Pa$
$Q_c$	Potência reativa capacitiva, kVAr

# 1 Introdução

A necessidade de se aumentar a eficiência energética dos edifícios, para terem necessidades quase nulas de energia NZEB (Nearly Zero – Energy Build) e a necessidade da redução da pegada carbónica, para o cumprimento das metas europeias e dos tratados ambientais a que nos propusemos enquanto país, tornam necessário a aplicação prática de estudos como o proposto.

Assim, o principal contributo do presente trabalho será uma análise energética de edifícios públicos, podendo esta servir de base para a construção de modelos facilitadores de decisões sustentáveis na gestão de edifícios.

Com base nesta premissa, recorreu-se a soluções inovadoras de inspeção e diagnóstico do consumo de energia em edifícios. Este estudo, pretende incentivar a aplicação da termografia, análise de vibrações e análise de qualidade de energia nos planos de manutenção de edifícios, demonstrando as suas vantagens, resultando no conhecimento do estado atual das fachadas e de alguns equipamentos, localizados no Teatro das Figuras em Faro.

A termografia visa identificar as necessidades de intervenção no edifício, a sua eficácia já foi comprovada há vários anos, no setor da construção civil através da deteção e diagnóstico de falhas, bem como de não conformidades, associadas às variações de temperatura.

A maior vantagem da utilização da termografia na inspeção de edifícios é tratar-se de um ensaio não destrutivo e não invasivo de baixo custo, em que os resultados obtidos podem ser analisados de duas formas. A análise qualitativa que é caracterizada por ser uma análise simples, e a análise quantitativa que requer uma análise mais complexa.

A utilização da análise de vibrações em sistemas e equipamentos rotativos instalados no teatro irá permitir realizar um estudo de identificação do estado de condição dos equipamentos, permitindo uma deteção prematura de anomalias e não conformidades, determinando a condição dos mesmos.

Com base nestes dados será possível obtermos um padrão das condições de funcionamento dos equipamentos.

A análise energética será feita através da análise aos registos dos consumos energéticos, e da recolha de dados de consumo, que facilitaram a identificação dos grandes consumidores de energia.

Após essa identificação, serão estudadas e propostas medidas de melhoria, através da instalação de painéis solares fotovoltaicos ajustando a gestão do consumo de energia, bem como na poupança da fatura, aproximando o edifício dos padrões NZEB (Nearly Zero – Energy Build).

O crescimento acentuado das exigências de conforto, por um lado, e a necessidade imperiosa de economizar e de racionalizar a utilização da energia, por razões de escassez de recursos e impactos ambientais negativos, por outro, conferem atualmente à térmica dos edifícios uma importância primordial a nível de ensino e de atividade profissional. (Rodrigues, Piedade, & Braga, *Térmica de Edifícios*, 2009)

## 1.1 Apresentação do Teatro das Figuras

O Teatro das Figuras em Faro, constitui um marco importantíssimo na consolidação da cultura no sul do país, em especial para a região do Algarve.

Desde logo, pelas dimensões imponentes e únicas do edifício na região, pela versatilidade do espaço na capacidade de adaptação que o espaço oferece para a realização de produções, independentemente do grau de complexidade que possam apresentar.

O Teatro das Figuras (Figura 1), localiza-se em Faro, na Horta das Figuras junto da Estrada Nacional 125, numa das entradas de Faro, onde confluem algumas das principais artérias da cidade.

O projeto do Teatro das Figuras é da autoria do Arquiteto Gonçalo Byrne e Sophie Matias, integra uma sala de espetáculos de grandes dimensões, um pequeno auditório, um foyer e um espaço exterior capaz de albergar produções criadas para o exterior, todo o edifício é capaz de dar resposta à maioria as necessidades culturais da região.

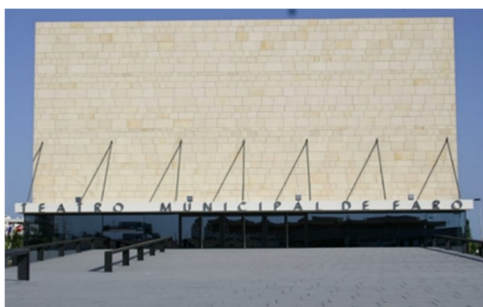


Figura 1 – Teatro das Figuras (Teatro das Figuras, 2022).

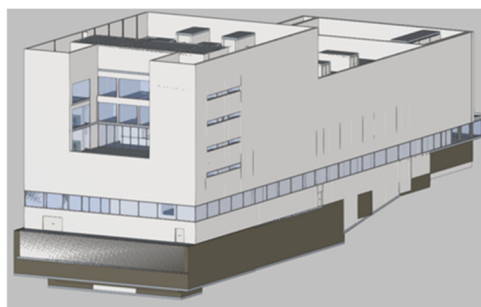


Figura 2 – Teatro das Figuras, imagem gerada em CYPE Architecture 2023.

## 1.2 Objetivos e Características do Projeto

O Presente trabalho tem como objetivo principal a análise energética de edifícios públicos, e servir de base para a construção de um modelo de decisões sustentáveis reduzindo o consumo energético, procurando alcançar os padrões NZEB (Nearly Zero – Energy Build).

Para a realização do presente trabalho foram necessárias as seguintes etapas:

- O levantamento dos equipamentos e a sua localização;
- A recolha e captação de imagens termográficas;
- A recolha e medições de vibrações;
- A recolha dos dados óbitos pelo analisador de qualidade de energia,
- A recolha dos históricos do consumo para a elaboração de perfis de utilização com base no histórico e na previsão dos espetáculos;
- Análise das imagens termográficas recolhidas e elaboração de relatórios, com base na avaliação de indicadores estabelecidos;

- Análise dos dados da análise de vibrações recolhidas, elaboração de relatórios com base na avaliação de indicadores estabelecidos;
- Análise dos dados obtidos pelo analisador de qualidade de energia, elaboração de relatórios;
- Propostas de medidas de melhoria para a redução de consumos energéticos apresentando soluções viáveis;

### 1.3 Etapas do Trabalho

Seguidamente serão apresentadas as tarefas realizadas para a execução das diferentes etapas do presente trabalho.

Na recolha de informação:

- Entrevista ao Diretor Técnico sobre o estado de condição do edifício e identificação de possíveis danos e não conformidades conhecidas;
- Recolha de plantas, desenhos e documentos que contenham informações do edifício;
- Recolha de históricos de consumo para a elaboração de perfis de utilização tendo por base o histórico e a previsão dos espetáculos;
- Recolha do plano de espetáculos;
- Mapeamento das fachadas do edifício;
- Mapeamento do interior edifício.
- Elaboração de protocolos de inspeção de acordo com a informação recolhida e definição de indicadores para a utilização das ferramentas de diagnóstico.

Na utilização das ferramentas de diagnóstico:

- Recolha de imagens termográficas de acordo com o protocolo delineado;
- Recolha de vibrações de acordo com a ISO 10816;
- Recolha e registo dos consumos de energia elétrica do edifício.

Discussão de resultados:

- Identificação das conformidades e não conformidades;
- Elaboração de relatórios com base na avaliação de indicadores e registos recolhidos durante a realização do presente projeto;
- Propostas de melhoria para a redução dos consumos energéticos apresentando soluções adequadas à localização do edifício.

Medidas de melhoria:

- Estudo e dimensionamento das propostas apresentadas;

### 1.4 Organização do Documento

O presente trabalho encontra-se organizado em cinco capítulos, estruturados de acordo com a ordem e a lógica com que o presente trabalho foi realizado.

O primeiro capítulo explica a motivação, os objetivos a que se propõe e as etapas necessárias para alcançar os Objetivos propostos. É feita a apresentação do edifício do Teatro das Figuras onde foi feito o estudo.

No segundo capítulo é apresentado o estado de arte onde se pretende dar a conhecer os mais recentes estudos relacionados com eficiência energética em edifícios, a avaliação do estado de condição do edifício, quanto às envolventes e equipamentos que o compõem. Ainda no segundo capítulo será feita a avaliação dos consumos e custos elétricos, estudos sobre energia ativa e reativa, a importância da avaliação dos consumos em função dos tarifários, bem como, o enquadramento do contexto atual da geração elétrica em autoconsumo de acordo com a legislação.

O terceiro capítulo define a metodologia e as ferramentas de diagnóstico a que se recorreu para a elaboração do trabalho, tais como, a termografia passiva aplicada à auditoria energética, a aplicação da termografia na auditoria energética, os protocolos de inspeção da termografia, a análise de vibrações aplicada à auditoria energética, os protocolos de inspeção da análise de vibrações, análise de faturas e recolha de consumos.

O quarto capítulo descreve o caso de estudo – Teatro das Figuras. É feita a descrição do edifício, apresentada a recolha e a análise dos dados, bem como a sua discussão. Também são identificadas as não conformidades, posteriormente são apresentadas as não conformidades que resultaram em reparações e são sugeridas medidas de melhoria.

No quinto capítulo são enumeradas as principais conclusões, assim como, uma validação dos resultados obtidos. Por fim são sugeridos trabalhos futuros, de forma a melhorar o conhecimento acerca dos tópicos estudados neste trabalho.

# 2

## Enquadramento geral - Estado da Arte

A construção e manutenção de edifícios são fatores fundamentais para melhorar a eficiência energética, especialmente quando recorremos às energias renováveis.

Na União Europeia, a construção civil consome todos os anos 40% do total de energia e emite 36% das emissões de CO<sub>2</sub>. Anualmente, apenas 1% do parque imobiliário é renovado, 35% dos edifícios têm mais de 50 anos e quase 75% do parque imobiliário sofre de pobreza energética (Luis M. Lopez-Ochoa, 2021).

Com o desenvolvimento das técnicas de diagnóstico, os ensaios não destrutivos tornaram-se mais relevantes, muito devido à sua rapidez e fiabilidade na obtenção de dados. Sem a necessidade de contato direto, a sua aplicação é vasta. Os ensaios não destrutivos têm provado ser uma mais-valia na manutenção e investigação do estado de edifícios.

Dependendo das patologias que pretendemos identificar, temos ensaios não destrutivos aos quais podemos recorrer, segundo os princípios teóricos e as propriedades físicas da estrutura a analisar. Com os resultados obtidos podemos estabelecer planos de acção.

Apesar dos ensaios não destrutivos serem fiáveis, envolvem sempre um grau de suposição, que tende a diminuir com a experiência acumulada.

É importante realizar uma avaliação prévia do corpo quanto à estrutura, localização e dimensão. Esta avaliação permite fazer a selecção do ensaio não destrutivo que melhor se adequa.

A combinação de técnicas é a melhor forma de aumentar a fiabilidade dos diagnósticos em edifícios.

Entre os ensaios não destrutivos, a termografia tem ganho um grande destaque, no diagnóstico de edifícios, especialmente com as crescentes preocupações relativas à diminuição do consumo de energia no setor da construção (Angeliki Kylili, Infrared thermography (IRT) applications for building diagnostics: A review, 2014).

### 2.1 Eficiência Energética em Edifícios

Reconhecemos que os edifícios têm impacto no meio ambiente e que é nosso dever mitigar esses efeitos é crucial na luta contra as alterações climáticas. A energia necessária para manter o conforto térmico e da qualidade do ar no interior também tem um efeito negativo no meio ambiente.

A União Europeia tem promovido a redução destes impactos no ambiente através da imposição a todos os estados-membros de regras legais que reduzam cada vez mais a utilização de energia fóssil na climatização dos edifícios (DGEG, 2022).

Com o objetivo de acelerar a transição energética para as energias limpas e alcançar a neutralidade climática em 2050, foram estabelecidas políticas específicas, como a Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) 2010, que consolidou a EPBD 2002 e a Directiva de Eficiência Energética 2012). Além disso a União Europeia estabeleceu que

todos os edifícios novos devem ser edifícios com necessidades de energia quase nulas a partir de 31 de Dezembro de 2020 e que todos os edifícios públicos novos devem preencher este requisito a partir de 31 de Dezembro de 2018.

## 2.2 Avaliação do Estado de Condição dos Equipamentos

A monitorização da condição térmica dos equipamentos é uma forma eficaz de garantir a fiabilidade.

A degradação dos equipamentos elétricos pode causar um sobreaquecimento excessivo, o que pode levar à eventual falha do equipamento. Além disso, falhas nos equipamentos exigem muita manutenção e mão-de-obra, estas falhas podem ser catastróficas ao ponto de, em situações extremas, poderem causar ferimentos ou até mesmo mortes (A.S.N. Huda, 2013).

A existência de um histórico, é uma forma que temos para o reconhecimento de padrões de funcionamento em condições normais é determinante para alcançarmos graus de fiabilidade e disponibilidade dos equipamentos.

Uma recolha vasta e detalhada de dados aliada a uma análise sistemática dos mesmos permite uma melhoria contínua dos sistemas em estudo (T. Markeset & U. Kumar, 2003).

A monitorização dos dados relativos à condição dos equipamentos pode ser feita recorrendo a várias técnicas de ensaios não destrutivos onde se destacam a inspeção visual, termografia e a análise de vibrações (Ribeiro, 2017).

## 2.3 Termografia

Entre as ferramentas de diagnóstico, a termografia é a que maior índice de popularidade ganhou. A termografia é uma ferramenta de auxílio à auditoria energética de edifícios, que quando aplicada não necessita de ter contato com o objeto em estudo, a deteção, medição e o diagnóstico são rápidos e precisos (Teixeira, 2015).

A facilidade de utilização e interpretação dos resultados, permite facilmente a um auditor justificar as suas observações mesmo em situações onde uma não conformidade ainda não é visível.

A sua popularidade numa ampla gama de aplicações pode ser atribuída à sua natureza segura sem contato, à sua utilidade e eficácia, bem como à poupança de energia dos custos que pode alcançar (Angeliki Kylili, Aplicações de termografia infravermelha (IRT) para diagnóstico de edifícios: uma revisão, 2014).

A termografia avalia as manifestações patológicas dos edifícios de forma viável e económica, sendo uma estratégia eficiente de inspeção (Maria Teresa Gomes Barbosa \*, 2021).

Outra vantagem é que as inspeções podem ser executadas enquanto os equipamentos estão a funcionar em condições reais de carga (C.A. Balaras\*, 2002).

A termografia tem várias aplicações, incluindo a deteção de falhas e o diagnóstico de equipamentos elétricos. As não conformidades térmicas são diagnosticadas identificando e classificando as condições dos pontos quentes dos componentes elétricos (Md. Manjur Ahmed, 2014).

A detecção dos pontos quentes permite fazer uma previsão e diagnóstico preventivo de forma prematura, antecipando a ocorrência de falhas severas.

A termografia é um método emergente usado na captura de imagens térmicas únicas de edifícios. Comparada com a termografia tradicional, é muito mais rápida e barata de executar. No entanto, é necessário avaliar o quão bem-sucedida esta metodologia é na detecção de danos em edifícios (Matthew Fox\*, 2016).

## **2.4 Análise de vibrações**

A análise de vibrações é um ensaio não destrutivo relevante no controlo da condição de equipamentos, sendo bastante comum na obtenção de dados para a manutenção preditiva. Facilita a identificação e o diagnóstico de falhas prematuras. O recurso à análise de vibrações é uma importante ferramenta na tomada de decisões para a reparação ou substituição total de um equipamento, na poupança de custos de manutenção e no tempo de imobilização.

O método foi aplicado em muitas indústrias e provou ser eficaz, sendo aplicado em equipamentos rotativos e não rotativos, processos contínuos ou mesmo em estruturas em construção (Thuy Chu, 2024).

## **2.5 Medidas de melhoria**

Com o objetivo de se elaborar propostas de melhoria no sentido de tornar os edifícios mais eficientes e sustentáveis, a União Europeia criou uma diretiva comunitária 2010/31/UE9 de 19 de maio, que regulamenta o desempenho energético de edifícios e estabelece os requisitos a ter em consideração. Portugal transpôs esta diretiva comunitária para o direito nacional através do Decreto-Lei nº 101-D/2020, de 7 de dezembro.

A identificação das medidas de melhoria deve ter em consideração a sua viabilidade técnica e legal, tendo sempre de cumprir os requisitos mínimos para o desempenho energético dos edifícios à data da sua apresentação. Contudo, a identificação das medidas de melhoria não deve ter em conta a sua viabilidade económica, mesmo que o período de retorno do investimento seja elevado.

De acordo com o do regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços (RECS), a identificação das medidas de melhoria que contribuam para o aumento do conforto térmico ou da melhoria da qualidade do ar deve ser feita, cabendo sempre ao proprietário a decisão da implementação ou não (5.5 - RECS).

As medidas de melhoria que são consideradas passam pela substituição de sistemas técnicos por outros mais eficientes para aquecimento, ventilação e preparação de AQS, reforço de isolamento nas tubagens do sistema ou nos depósitos de acumulação, substituição de chuveiros ou sistemas de duche de elevada eficiência hídrica e a realização da manutenção preventiva dos sistemas técnicos. Devem ainda ser consideradas medidas de atualização do sistema de gestão técnica centralizada (GTC), substituição do sistema de iluminação por sistemas mais eficientes (5.5 - RECS).

Nesta perspetiva, com a finalidade de adotar e difundir uma mentalidade da utilização de sistemas verdes, em especial na administração pública, rumo à neutralidade carbónica de construção e consumo de energia livre de combustíveis fósseis, este sistema pode ser amplamente utilizado em edifícios públicos (C. Marino, 2013).

## 2.6 Avaliação dos Consumos e Custos Elétricos em Edifícios

A auditoria energética constitui uma abordagem eficaz para reduzir o consumo de energia a longo prazo de edifícios. Quando bem executada, as perdas de energia podem ser rapidamente identificadas na estrutura do edifício e nos seus subsistemas, o que proporciona oportunidades de melhoria da eficiência energética (Stephen Vidas, 2013).

A melhoria da eficiência energética em edifícios resulta da atuação em duas componentes importantes, a dos consumos e a da geração. Assim, por um lado, é necessário reduzir consumos, pela melhoria dos isolamentos térmicos e/ou pela substituição de equipamentos por novos com melhores eficiências (por exemplo iluminação LED). Associado aos consumos estão os custos onde a redução pode resultar do descolar dos consumos em função dos tarifários. Por outro é necessário introduzir soluções que permitam gerar energia no lado do consumidor a partir de fontes de energia renovável.

Do lado do consumo, o ajuste das curvas de carga de um edifício pode permitir a redução de custos, sem sequer alterar os níveis de consumo. Para fazê-lo é necessário ter em consideração o sistema tarifário, que se rege pela legislação portuguesa do sector elétrico, pelos impostos e segundo o princípio de igualdade de tratamento e de oportunidades.

O custo da eletricidade paga pelos consumidores tem como principais componentes o preço da energia comercializada, as tarifas de acesso às redes e os custos de interesse económico geral (CIEG), onde são incluídas as medidas de contenção energética, o diferencial de custo de produção em regime especial, o diferencial de custos da produção em regime ordinário, o défice tarifário de 2009, as rendas pagas aos Municípios e outros.

Mediante o tipo de cliente, assim as várias componentes são adicionadas ao preço final. Para os clientes de média tensão, temos a componente energia e a comercialização, que representam 80% dos custos do total da fatura. A componente de CIEG tem um peso de 5%, e os custos de acesso às redes, que refletem o custo das infra-estruturas e dos serviços utilizados pelos consumidores, representam 15% do valor total da fatura de eletricidade (EDP, 2024).

O conhecimento da potência e, sobretudo, do custo da energia que se consome é uma importante motivação para a mudança de comportamentos (Josué, 2010). Podemos afirmar que a gestão dos recursos energéticos nos nossos dias e num futuro próximo é um dos maiores desafios que enfrentamos enquanto sociedade. Por este motivo, a participação do consumidor na gestão e controlo do seu consumo ganhou uma importância acrescida. Esta importância vai além dos custos, assumindo um carácter de urgência a redução do impacto ambiental na produção de energia.

Nos últimos anos, a transição energética tem ganho relevância pela procura da independência energética.

Neste âmbito, o Decreto-Lei n.º 15/2022 que transpõe a Directiva UE 2018/2001 e Directiva UE 2019/944, estabelece a organização e o funcionamento do Sistema Elétrico Nacional, tendo como intuito reforçar o caminho por via da implementação de fontes de energia de origem renovável, a descentralização e distribuição da produção de energia elétrica.

Esta descentralização está a ser implementada de duas formas: através da instalação de parques de geração de energia e Autoconsumo individual – (ACI), e também pelo incentivo da implementação de projetos de Autoconsumo Coletivo – (ACC) e de Comunidades de Energias Renovável – (CER).

No Autoconsumo individual (AC) o consumo é assegurado por energia elétrica produzida por uma ou mais unidades de produção para autoconsumo – (UPAC) e realizado por um ou mais autoconsumidores de energia renovável (Decreto-Lei n.º 15/2022).

Desta forma, o Decreto-Lei dá ao consumidor final o direito de se tornar autoconsumidor, podendo produzir a sua própria energia através de fontes renováveis nas suas instalações mediante as condições descritas. Estabelece que permite o autoconsumo, o armazenamento e a venda de energia elétrica através dos mercados de eletricidade, desde que para os autoconsumidores não domésticos, a venda não constitua a sua principal atividade comercial ou profissional.

O surgimento do autoconsumo coletivo e das comunidades de energia renovável tem possibilitado a partilha de energia produzida entre empresas e cidadãos que se uniram pelo bem comum, reduzindo assim custos.

As Comunidades de Energia Renovável – (CER) são constituídas nos termos do Decreto-Lei n.º 15/2022, mediante adesão aberta e voluntária dos seus membros, sócios ou acionistas, os quais podem ser pessoas singulares ou coletivas, de natureza pública ou privada (Decreto-Lei n.º 15/2022).

# 3 Metodologia e Ferramentas de diagnóstico

Neste capítulo, são apresentadas as metodologias e a visão detalhada da forma de como são utilizadas as ferramentas de diagnóstico, dividindo-se em duas partes distintas, ferramentas de diagnóstico e recolha de dados.

As ferramentas analisadas na análise energética de edifícios são três, a termografia, a análise de vibrações e o analisador de qualidade de energia.

## 3.1.1 Objetivos e metodologia

Este trabalho tem como objetivo principal a criação de modelos facilitadores de decisões sustentáveis na gestão de edifícios.

Com base nesta premissa, recorrendo a soluções inovadoras de inspeção e de diagnóstico do consumo de energia em edifícios, pretende-se demonstrar as vantagens da utilização da termografia, da análise de vibrações e de analisadores de qualidade de energia neste tipo de estudos, incentivando a sua aplicação nos planos de manutenção de edifícios.

Com o recurso à termografia, pretende-se analisar a sua utilização na auditoria energética de edifícios. Assim, pretende-se clarificar e fornecer orientações quanto à aplicação da termografia nas auditorias energéticas de edifícios, considerando as abordagens estabelecidas e emergentes.

A abordagem passiva é a mais utilizada na deteção de não conformidades; por isso, foi a que se utilizou no presente estudo. São descritas as vantagens, limitações, potenciais fontes de erros e tendências de utilização da termografia nas auditorias energéticas a edifícios.

O recurso à análise de vibrações pretende verificar o estado de condição dos equipamentos e a sua disponibilidade, de acordo com a norma ISO 10816-7.

Este trabalho não deve ser considerado como definitivo, mas pretende ser uma referência para peritos e técnicos em ensaios não destrutivos, atualizarem os seus conhecimentos na aplicação de ensaios não destrutivos em auditorias energéticas de edifícios.

Para isso foi planeado fazer:

- A realização do levantamento dos equipamentos e a sua localização;
- A recolha e captação de imagens termográficas;
- A recolha e medições de vibrações;
- A recolha das medições de energia;
- A recolha dos históricos do consumo para a elaboração de perfis de utilização com base no histórico e na previsão dos espetáculos;
- Análise das imagens termográficas recolhidas e elaboração de relatórios, com base na avaliação de indicadores estabelecidos;
- Análise dos dados da análise de vibrações recolhidas, elaboração de relatórios com base na avaliação de indicadores estabelecidos;

- Análise aos dados recolhidos com o analisador de qualidade e energia, elaboração de relatórios.
- Elaboração de protocolos de inspeção para o diagnóstico através de métodos de ensaio não destrutivos (termografia, análise de vibrações e análise de qualidade de energia);

### 3.1.2 Termografia passiva aplicada à auditoria energética

O comportamento em estado estacionário é praticamente inexistente, o que faz com que a termografia passiva, quando aplicada a edifícios, esteja sujeita a diversas fontes de imprecisão que podem ser classificadas como:

- (i) categoria do padrão (emissividade, refletividade, rugosidade ou irregularidade, manchas, cor da superfície da parede);
- (ii) condições climáticas (radiação solar, cobertura de nuvens, luz solar direta, temperatura ambiente, humidade relativa, velocidade do vento, humidade superficial e diferença da temperatura do ar interior para as o exterior);
- (iii) deficiências ambientais (ângulo de visão, distância de levantamento, orientação do edifício, existências de fontes geradoras de calor, presença de objetos de proteção, período do dia, estação do ano).

Para a redução da influência das fontes de imprecisão e existir um padrão comparável, várias organizações a nível mundial estabeleceram procedimentos qualitativos específicos para a o cumprimento de auditorias energéticas com recurso à termografia.

As organizações são:

- International Organization for Standardization (ISO).
- European Committee for Standardization (CEN).
- American Society for Testing and Materials (ASTM).
- Residential Energy Services Network (RESNET).

A norma ISO 6781 define os procedimentos para a deteção de anomalias térmicas e fugas de ar na envolvente do edifício. As normas padrões para a aplicação da termografia na engenharia mecânica estão descritas na norma ISO 18434.

À semelhança da norma ISO 6781, a CEN também criou a norma EN 13187, que acrescenta um ensaio simplificado para verificação do desempenho dos materiais de construção.

A ASTM definiu procedimentos práticos e específicos para a captura de imagens termográficas (diferença de temperatura equivalente a ruído, parâmetro para compensar o valor da emissividade de uma superfície ( $\epsilon$ )) e procedimentos gerais para detetar problemas relacionados com energia (inspeção de instalações e isolamento, equipamentos elétricos e mecânicos).

A RESNET também emitiu procedimentos que sugerem a utilização da termografia nas auditorias energéticas a edifícios. Sugere que, em primeiro lugar, se obtenham amostras de imagens termográficas de uma parte representativa do edifício e que as imagens sejam

captadas na perpendicular às superfícies para que se minimize a influência de possíveis reflexos ambientais e de formas geométricas.

Da análise aos vários procedimentos indicados pelas organizações podemos considerar que as condições ambientais perfeitas para que se maximizem os resultados de uma inspeção termográfica são:

- Diferença da temperatura do ar ( $\Delta T_a$ ) pelo menos 10 °C entre espaços internos e externos;
- Velocidade do vento inferior a 5 m/s;
- 8 a 12 horas sem exposição solar e sem exposição solar direta durante o período do levantamento termográfico;
- Condições nubladas para evitar o reflexo de um céu claro.

É importante notar que a norma EN13187 estabelece ainda condições adicionais para assegurar um perfil estável de temperatura aparente da superfície:

- Diferença da temperatura do ar ( $\Delta T_a$ ) de pelo menos 5 °C entre espaços internos e externos a serem mantidos durante 24 horas antes da auditoria;
- Manutenção de uma relação específica entre o coeficiente de transmissão térmica (U) e as temperaturas interior ( $T_i$ ) e ambiente ( $T_e$ ) durante pelo menos 24 horas antes do teste, de modo que  $(T_i - T_e) > 3/U$ ;
- Variações reduzidas de  $T_i (< \pm 5^\circ\text{C})$  e  $T_e (< \pm 2^\circ\text{C})$  durante o levantamento termográfico.

As condições descritas são as recomendadas para edifícios localizados na Escandinávia, mas podem ser replicadas em edifícios cuja localização seja noutra zona geográfica e assim garantir um comportamento idêntico.

Porém, replicar estas condições noutras latitudes do planeta pode ser extremamente difícil, em especial onde as temperaturas são extremamente altas. No entanto, já foram realizadas auditorias que comprovaram que os requisitos podem ser replicados mesmo em latitudes em que temperatura é superior.

Nos países do sul da Europa, onde o clima é mais ameno quando comparado com a Escandinávia, a realização de inspeções termográficas, quando realizadas durante os meses mais frios e nos períodos da tarde e noite, conseguem demonstrar e comprovar que é possível realizar inspeções termográficas noutras latitudes além da Escandinávia, (Lucchi\*, 2018).

Para replicar as condições acima descritas, as inspeções ao exterior dos edifícios obtêm melhores resultados quando são realizadas durante a noite, ou de manhã cedo, com os sistemas de aquecimento em funcionamento para que o contraste térmico seja maior.

As inspeções ao interior de um edifício conseguem obter resultados melhores quando são realizadas durante o dia até ao início da noite, com a finalidade de se reduzir os efeitos das cargas de calor solar.

## 3.2 Termografia passiva aplicada à auditoria energética

Pretende-se descrever a teoria e os detalhes práticos da utilização da termografia enquanto ferramenta de diagnóstico na elaboração de auditorias energéticas em edifícios.

Isto deve-se ao fato de que, desde que exista uma diferença de temperatura na superfície de um corpo, podemos recorrer à termografia como método de diagnóstico.

O tipo de auditorias utilizadas:

- “Walk-through”, que é uma inspeção que pretende avaliar a qualidade geral da energia, identificar as ineficiências e determinar as potenciais economias. É uma inspeção de curta duração que, em média, demora um dia;
- “Auditoria padrão”, uma inspeção que pretende quantificar as perdas de energia associadas a um problema específico;
- “Auditoria de simulação”, uma inspeção que se baseia em inspeções profundas e em simulações dinâmicas do desempenho energético do edifício.

## 3.3 Aplicações da termografia nas auditorias energéticas de edifícios.

O recurso de ferramentas de diagnóstico, como a termografia, para auxiliar auditorias energéticas de edifícios é referido em estudos qualitativos e quantitativos. A análise qualitativa pretende identificar anomalias térmicas na superfície de edifícios sem que sejam atribuídos valores de temperatura aos padrões. É utilizada nas inspeções tipo Walk-through e padrão, recorrendo a procedimentos simplificados de baixo custo e de tempo reduzido para obter informação. O principal objetivo da utilização deste tipo de inspeções é:

- Caracterização térmica da parede;
- Caracterização térmica de vidros e janelas;
- Detecção de pontos térmicas e áreas de perda excessiva de calor;
- Isolamento térmico;
- Inspeção de fugas de ar;
- Detecção de humidade e água;
- Caracterização dos sistemas AVAC;
- Caracterização dos sistemas elétricos;
- Medições de temperatura interna;
- Avaliação do conforto humano.

As auditorias energéticas recorrem à termografia para fazer estudos quantitativos do tipo padrão e de simulação, ajudando na quantificação e na avaliação do desempenho térmico da envolvente do edifício. Esta abordagem pretende fazer:

- Determinação da percentagem de zonas com anomalias térmicas;
- Detecção do nível de isolamento;
- Medição do coeficiente de transmissão térmica, U;
- Caracterização dinâmica das paredes;
- Determinação do teor de humidade.

O paralelismo entre a auditoria energética e o diagnóstico do edifício é feito nas duas situações. As não conformidades tem impacto no comportamento energético do edifício (a humidade interna reduz o desempenho energético). Os problemas energéticos podem ter como origem as não conformidades (a falta, o desalinhamento e o desprendimento de isolamentos produzem tensões térmicas que podem levar à falta de segurança).

#### 3.3.1.1 Caraterização térmica de paredes

A utilização da termografia de forma qualitativa pode detetar não conformidades térmicas relacionadas com as propriedades dos materiais, como a condutibilidade térmica ( $\lambda$ ), emissividade de uma superfície ( $\varepsilon$ ) e densidade ( $\rho$ ). As inspeções de curta e longa duração são possíveis para a obtenção de dados através desta abordagem.

As inspeções termográficas de curta duração são utilizadas para fazer a caraterização de:

- Idade dos edifícios;
- Espessura da Parede;
- Materiais ou componentes estruturais (alvenaria de tijolo furado, alvenaria de blocos de betão, isolamento térmico);
- Geometrias;
- Propriedades de superfície (valor da emissividade ( $\varepsilon$ )).

#### 3.3.1.2 Caraterização térmica de vidros e janelas

As ondas longas infravermelhas têm reflexos de emissividade ( $\varepsilon$ ) no vidro de 0,837. Este valor é inferior quando comparado com outros materiais, como a madeira ou o tijolo, que têm uma emissividade de 0,90. Por esta razão, na envolvente envidraçada, a inspeção termográfica é mais susceptível a interferências provocadas por fontes de radiação quando comparadas com a envolvente opaca. Os erros mais comuns que surgem numa inspeção termográfica à envolvente envidraçada estão relacionados com:

- Reflexos de objetos circundantes;
- Estimativas inadequadas da temperatura ambiente;
- Presença de vidros com baixa emissividade.

Como forma de mitigar e corrigir possíveis interferências, são sugeridos métodos de correcção para evitar o reflexo da luminosidade de um céu limpo ou de edifícios circundantes. O recuso a pontos de referência para a correcção de erros de reflexão é feito com a subtração da radiação de um objeto externo refletido no vidro ou com o recurso a equações específicas para diferentes ângulos de incidência.

Para mitigar e evitar reflexos, são sugeridos os seguintes procedimentos:

- A inspeção à envolvente envidraçada deve ser feita preferencialmente do interior, quando se está a inspecionar o interior do edifício;
- Recorrer a materiais com emissividade ( $\varepsilon$ ) alta para cobrir os vidros;
- A velocidade do vento deve ser uniforme;
- A variação da temperatura ambiente no vidro deve aproximar-se dos 15°C.

#### 3.3.1.3 Deteção de pontes térmicas e áreas de perda excessiva de calor

As pontes térmicas (Figura 3) são consideradas perdas adicionais de calor nas fachadas dos edifícios e estão definidas como:

- **Geométricas:** cantos de uma parede externa, as junções entre paredes, telhados ou pisos, paredes adjacentes ou janelas e paredes.
- **Lineares:** descontinuidades provocadas pelas diferenças de materiais ou pelos métodos de construção (cantos entre duas paredes exteriores, junções estruturais entre pilares de alvenaria, paredes em redor de janelas e escotilhas);
- **Repetitivas:** caracterizadas por um padrão regular e distribuídas por uma área extensa (juntas de argamassa nas paredes, vigas de madeira em estruturas de madeira e ligações de vigas de aço em paredes de alvenaria).

Nas inspeções termográficas, pretende-se identificar qualitativamente a presença de pontes térmicas nas fachadas dos edifícios (Figura 3).

O recurso a software de análise térmica possibilita a análise da probabilidade do risco de condensação e mofo associado às pontes térmicas.

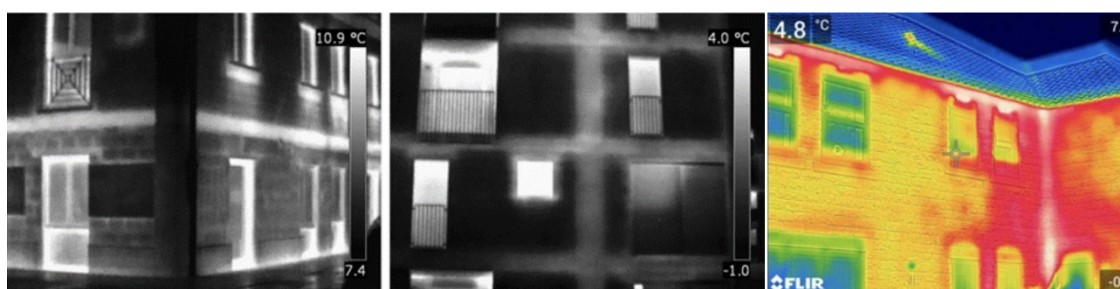


Figura 3 – Detecção de pontes térmicas com recurso da termografia (Lucchi\*, 2018) e (Yorkshire, s.d.).

O recurso à termografia quantitativa permite a análise do impacto da envolvente do edifício. Para se ultrapassar as perturbações causadas pelas condições meteorológicas na superfície das paredes exteriores dos edifícios, têm sido testados vários modelos numéricos. Os modelos baseiam-se na análise das pontes térmicas lineares na difusão em edifícios. Os estudos têm desvalorizado o risco de condensação superficial, por causa do impacto das condições de conforto.

#### 3.3.1.4 Isolamento térmico

A utilização da termografia qualitativa e quantitativa como métodos de análise de isolamentos térmicos permite a deteção de falhas e anomalias nos isolamentos.

A abordagem qualitativa proporciona a deteção de falhas ou não conformidades no isolamento, causadas pela má instalação, pelo pobre desempenho, pela incidência de ar no isolamento ou por danos no isolamento.

As variações do desempenho da energia causadas pela presença de materiais diferentes, pela ausência de isolamentos ou pelo desempenho insuficiente produzem anomalias térmicas bem definidas.

Recorrendo à abordagem passiva da termografia, é possível a deteção de anomalias ou não conformidades nos isolamentos. Essa deteção apresenta resultados melhores quando a temperatura ambiente varia em pelo menos 10°C em relação à superfície do isolamento durante a inspeção.

Os danos mais frequentemente identificados nos isolamentos resultam de uma instalação inadequada ou da ausência de isolamentos no telhado. Há certas limitações ao analisar materiais isolantes com diferentes resistências térmicas. Nestas circunstâncias,

recomenda-se aumentar a variação da temperatura ambiente em pelo menos 15°C para maximizar a detecção e a localização das não conformidades.

O desalinhamento dos painéis e o arrefecimento causado pelo ar de impacto estão diretamente relacionados com a ausência de contato entre painéis e o espaço entre a barreira de ar (perturbada pelo fluxo de ar) e os painéis de isolamento.

Nos edifícios construídos entre estruturas já existente, a eficácia do isolamento pode ser comprometida por infiltrações de frio junto ao isolamento, resultando no arrefecimento do interior do edifício. As não conformidades mais frequentes para esta situação são o descolamento dos painéis, a baixa adesão, as fissuras e o encolhimento dos painéis de isolamento.

A termografia possibilita a realização de testes apenas nas áreas onde são detetadas não conformidades, permitindo avaliar a resistência mecânica das colas e dos painéis. A detecção de desalinhamento, desprendimento, fissuras ou o arrefecimento pelo ar de impacto é mais difícil, quando comparada com a ausência ou o fraco desempenho dos painéis de isolamento.

#### 3.3.1.5 Detecção de humidade e água

Humidade, fugas de água, humidade penetrante e ascendente através dos elementos do edifício provoca um padrão térmico heterogéneo nas superfícies (Figura 4). Por norma, as superfícies molhadas são mais frias do que as áreas secas.

Os fatores que influenciam a redução da temperatura da superfície ( $T_s$ ) nos materiais húmidos:

- “arrefecimento evaporativo” da superfície causa uma reação endotérmica;
- aumento do fluxo de calor sensível;
- alta capacidade de armazenamento de calor quando comparado com materiais secos.

Estes fenómenos afetam o desempenho térmico do edifício porque reduzem os valores de condutibilidade térmica ( $\lambda$ ) de alguns materiais. Várias auditorias termográficas pretendem rastrear fugas de água e localizar a presença de humidade antes que quaisquer marcas visíveis ocorram nos edifícios existentes, mas com particular importância em edifícios históricos, para evitar a degradações grave, como condensação, eflorescência, crescimento biológico e de mofo, degradação do desempenho do material e desprendimento de isolamentos.

As inspeções termográficas ao exterior têm resultados melhores quando realizadas ao início da noite, após um dia de sol sem vento ou durante o arrefecimento evaporativo da água.

As auditorias termográficas ao interior têm resultados melhores quando realizadas durante condições de arrefecimento ou aquecimento, pois os materiais de construção tendem a absorver mais água ao longo do tempo.



Figura 4 – Detecção de uma fuga de água (Pixel Thermographics, s.d.).

### 3.3.1.6 Caracterização do sistema elétrico

A utilização da termografia nos sistemas elétricos está diretamente relacionada com a medição da quantidade de energia dissipada (sobrecargas, desequilíbrio de carga) e a segurança da instalação (más conexões, curtos-circuitos), tanto para a auditoria energética como para a de manutenção (Figura 5).

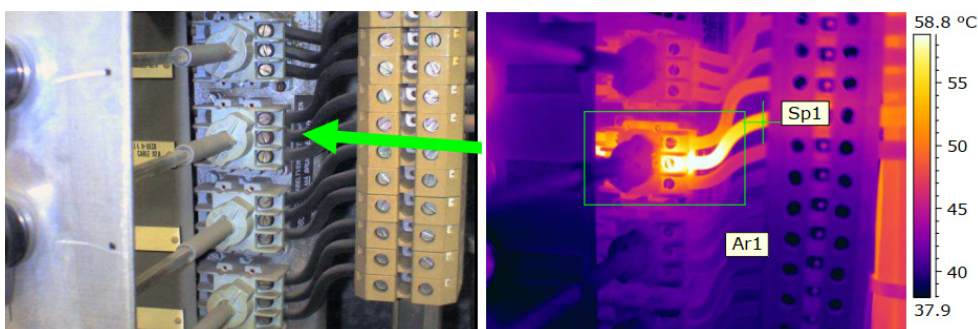


Figura 5 – Exemplo de uma má ligação (Pixel Thermographics, s.d.).

As auditorias termográficas aos sistemas elétricos são realizadas em pouco tempo, sem interrupção do serviço, em plena carga e em condições reais de funcionamento. O desafio mais significativo para uma inspeção correta é determinação da emissividade ( $\epsilon$ ) do material utilizado no sistema elétrico. Em geral, os valores da emissividade ( $\epsilon$ ) padrão para os fios condutores em cobre ou em alumínio estão no intervalo de 0,9 – 0,95; contudo, o grau de oxidação, o acabamento superficial e o ângulo de gravação podem levar a desvios significativos da temperatura da superfície ( $T_s$ ).

Existem dois critérios essenciais que devemos ter em conta na avaliação do estado dos equipamentos elétricos com base na:

- Experiência prática;
- Temperatura absoluta;
- Diferença de temperatura.

O primeiro método compara a temperatura da superfície ( $T_s$ ) de cada componente de acordo com valores referência de materiais semelhantes sem qualquer dano. Neste caso, o valor da emissividade ( $\epsilon$ ) dos cabos elétricos pode ser facilmente determinado, quando comparamos a temperatura da superfície ( $T_s$ ) dos cabos elétricos com os valores referência.

Pelo contrário, o critério de “diferença de temperatura” considera a variação da temperatura ( $\Delta T_s$ ) entre componentes semelhantes sob condições de carga semelhantes,

estabelecendo quatro riscos elétricos. Uma correção do aumento de temperatura permite calcular, no caso de uma diferença importante, entre a carga medida e o valor nominal. Nestas bases, o operador pode decidir o estado operacional de cada unidade. Infelizmente, estes critérios não consideram a carga do componente. Por esta razão, diversas organizações desenvolveram a sua metodologia de manutenção. A mais conhecida e utilizada é a da NETA MTS – 2005 (InterNational Electrical Testing Association), que sugere a combinar os métodos anteriores.

### **3.3.2 Walk-through, Walk-around e de Repetição.**

O conceito de inspeção Walk-through tem por base fazer o mapeamento de todas as superfícies internas e externas do edifício. Requer, por isso, uma inspeção ao interior e ao exterior do edifício.

O conceito de inspeção Walk-around é muito semelhante ao conceito Walk-through, mas faz apenas o mapeamento de todas as superfícies do exterior do edifício. É mais rápido que o Walk-through, estando apenas dependente das condições meteorológicas.

A repetição como o próprio nome indica trata de se repetir a inspeção.

Recorrendo aos conceitos de inspeção Walk-through, Walk-around e Repetição, elaborou-se um protocolo de inspeção que de acordo com o grau de profundidade pretendido fará a sua selecção. Objectivos da inspeção termográfica ao exterior

Os Objectivos que se propõem à auditoria ao exterior:

- Caracterização térmica de paredes, vidros e janelas;
- Detecção de pontes térmicas e áreas de perdas excessivas de calor;
- Isolamento térmico;
- Fugas de ar;
- Detecção de humidade e água.

Os Objectivos que se propõem à auditoria ao interior:

- Caracterização térmica das paredes;
- Caracterização térmica de vidros e janelas;
- Detecção de pontes térmicas e áreas de perda excessiva de calor;
- Isolamento térmico;
- Fugas de ar
- Detecção de humidade e água;
- Caracterização dos sistemas AVAC;
- Caracterização dos sistemas eléctricos;
- Medições da temperatura interna.

## **3.4 Protocolo de inspeção utilizado durante a visita ao edifício**

Com toda a informação recolhida e descrita neste capítulo, foi feito um protocolo de inspeção, que deu origem a dois tipos de auditoria, “auditoria ao exterior” e a “auditoria ao interior”, com diferentes graus de profundidade, “Walk-around”, “Walk-through” e a “Repetição”.

Esta selecção baseou-se num questionário que foi feito ao Diretor Técnico do Teatro sobre a existência ou suspeita de problemas de isolamento, humidades e possíveis infiltrações de ar.

Na tentativa de replicar as melhores condições recomendadas e de acordo com a disponibilidade do Diretor Técnico do Teatro, foram realizadas duas visitas para elaboração das auditorias.

Na primeira visita, foram recolhidas imagens, durante o dia, do Gabinete da Direcção, Secretaria e Marketing, localizados no 5º piso.

Foi feita uma recolha de imagens no 3º Piso, mais precisamente ao Átrio do Bar e no Bar. Após esta recolha, seguiu-se o 1º Piso, onde foi feita a recolha de imagens ao Gabinete Técnico.

Dada a configuração do edifício, no Piso 0 analisou-se o Pequeno Auditório, o Auditório e o Foyer onde foram captadas imagens.

Ao sistema de AVAC, foi possível a captura de imagens da conduta de insuflação do auditório, UTA do Bloco B e do Bloco C.

Para terminar a auditoria, foi auditado o sistema de extinção de incêndio, onde a termografia serviu de complemento à análise de vibrações.

### 3.4.1 Métodos e Câmara Utilizada

Para a realização da inspeção termográfica, uma parte indispensável é termos uma câmara termográfica. Assim, a câmara que se utilizou foi a FLIR E8.

#### 3.4.1.1 Parâmetros de Medição

A correta selecção dos parâmetros de medição na câmara é fundamental para a obtenção de medições precisas. Para isso, é necessário determinarmos a emissividade ( $\epsilon$ ), a temperatura refletida ( $T_{ref}$ ), a humidade relativa ( $\phi$ ), a temperatura atmosférica ( $T$ ) e a distância ( $d$ ).

A emissividade determina a quantidade de radiação emitida pelo objeto em comparação com a quantidade que ele reflete. É o parâmetro de medição mais importante a definir corretamente, isto porque, se estiver definido com um valor baixo, a temperatura refletida também o será.

A temperatura refletida é um parâmetro que é utilizado para fazer a compensação da radiação emitida pelo ambiente e refletida pelo objeto para a câmara.

Humidade relativa do ar é a percentagem de humidade no ar presente entre a câmara e o objeto em análise.

Temperatura atmosférica é a temperatura do ar no espaço entre a câmara e o objeto que se está a analisar.

Distância é a distância entre a câmara e o objeto que se está a analisar.

Os parâmetros da humidade relativa, temperatura atmosférica e distância tornam-se relevantes quando pretendemos fazer medições a distâncias mais longas.

Os valores considerados durante as visitas encontram-se na tabela 1.

Parâmetro	Valor
Emissividade ( $\epsilon$ )	0,95
Temperatura refletida ( $T_{ref}$ )	20°C
Humidade relativa ( $\phi$ )	50%
Temperatura atmosférica ( $T$ )	20°C
Distância ( $d$ )	1m

Tabela 1 – Valores considerados durante a visita.

### 3.4.1.2 Tabelas de auditoria utilizadas durante a visita

A análise e apresentação de cada imagem termográfica e foto digital são realizadas numa tabela igual à Tabela 2 (tabela tipo).

Tipo de inspeção	Identificação	Data da visita	
Walk-around.	Identificação da imagem	09/01/2024	Não conformidade
Walk-through		11/01/2024	Inconclusivo
Repetição			Em conformidade
(Imagem termográfica e foto digital)			
Nota:			
Sugestões de mitigação:			
Objetivo da recolha:			
Temperatura máxima		18,6°C	
Temperatura mínima		14,0°C	
Requere nova análise		Não / Sim	

Tabela 2 – Tabela tipo para auditoria.

### 3.4.1.3 Auditoria ao exterior

A auditoria ao exterior focou-se nas fachadas do edifício identificadas como Nascente, Poente, Norte e Sul, além das coberturas do bloco A (cobertura do 5º piso), bloco B (cobertura auditório) e bloco C (pátio das instalações técnicas), foram alvo de inspeção.

Dada a dimensão do edifício, as capturas de imagens termográficas tiveram especial incidência nos sítios em que os serviços técnicos tinham informação de um histórico de problemas ou suspeitas de possíveis problemas. Foram também feitas capturas aleatórias para fazer uma verificação do estado do edifício. Estas capturas tiveram por base as indicações acima descritas.

### 3.4.1.4 Auditoria ao interior do edifício

A auditoria ao interior foi efetuada tendo por base o questionário feito aos Serviços Técnicos e de acordo com a Tabela 3:

Auditoria ao interior do edifício	<ul style="list-style-type: none"><li>• Avaliação e verificação dos danos identificados pelos serviços técnicos;</li><li>• Capturas de imagens termográficas aleatórias para fazer uma verificação do estado do edifício.</li></ul>
Sistema elétrico – Quadro geral	<ul style="list-style-type: none"><li>• Deteção de pontos quentes provocados pelo desaperto dos terminais.</li></ul>
AVAC	<ul style="list-style-type: none"><li>• Deteção de fugas do sistema.</li></ul>
Sistemas de extinção de incêndio	<ul style="list-style-type: none"><li>• A auditoria ao sistema de extinção de incêndio teve uma abordagem diferente, a termografia funcionou como complemento à análise de vibrações.</li></ul>

Tabela 3 – Auditoria ao interior do edifício.

As imagens em que o resultado foi inconclusivo ou em conformidade estão apresentadas no apêndice dedicado a termografia.

## 3.5 Análise de vibrações

A análise de vibrações está extremamente bem documentada na norma ISO 10816, que estabelece as linhas gerais e define as medidas de recolha de dados de vibrações mecânicas em equipamentos mecânicos rotativos e não rotativos.

Faz a comparação da medição da vibração do equipamento com equipamentos similares nas mesmas condições e os históricos das medições. A comparação das leituras com o histórico é o método mais utilizado na identificação da degradação das condições de funcionamento dos equipamentos. Este método fornece-nos o estado de condição do equipamento, se o estado se alterou, qual o nível dessa alteração e em quanto tempo se alterou. As normas definem, com base na classificação, o nível de degradação em que o equipamento se encontra.

De acordo com a norma ISO 10816-7, obtemos a Tabela 4, em que estão representados os diferentes níveis de degradação.

	mm/s RMS.	
Classe D	>7,0	Os valores de vibração acima de 7,0 têm uma severidade suficiente para causar danos ao funcionamento da máquina. Não é recomendável o seu funcionamento.
Classe C	6,6	Não é recomendado o funcionamento a longo prazo e com operação contínua para as máquinas que funcionam dentro desta gama de vibrações. Podem funcionar nestas condições durante um período limitado até que surja uma oportunidade para a sua retificação.
Classe B	6,0	É considerado aceitável o funcionamento de máquinas dentro desta gama de vibrações. Podem funcionar sem restrições.
	4,0	
Classe A	3,5	A vibração de máquinas em condição de “nova”.
	0,0	

Tabela 4 – Gama de vibrações de acordo com a ISO 10816-7.

### 3.5.1 Aquisição de dados

A forma como os dados são recolhidos é de extrema importância na análise de vibrações. Os dados têm de ser recolhidos nos lugares certos para que se possa fazer uma repetição das leituras e um diagnóstico do estado de condição de um equipamento. Isto porque há falhas que, dadas as suas características apresentam amplitudes com direcção radial ou direcção axial.

O local em que a recolha deve ser feita é nas partes expostas do equipamento, acessíveis e que reflitam a vibração das caixas de rolamentos. A direcção da montagem dos transdutores para a recolha de dados em equipamentos horizontais deve ser na vertical, horizontal e angular, desde que a localização represente as forças dinâmicas presentes no equipamento (Figura 6).

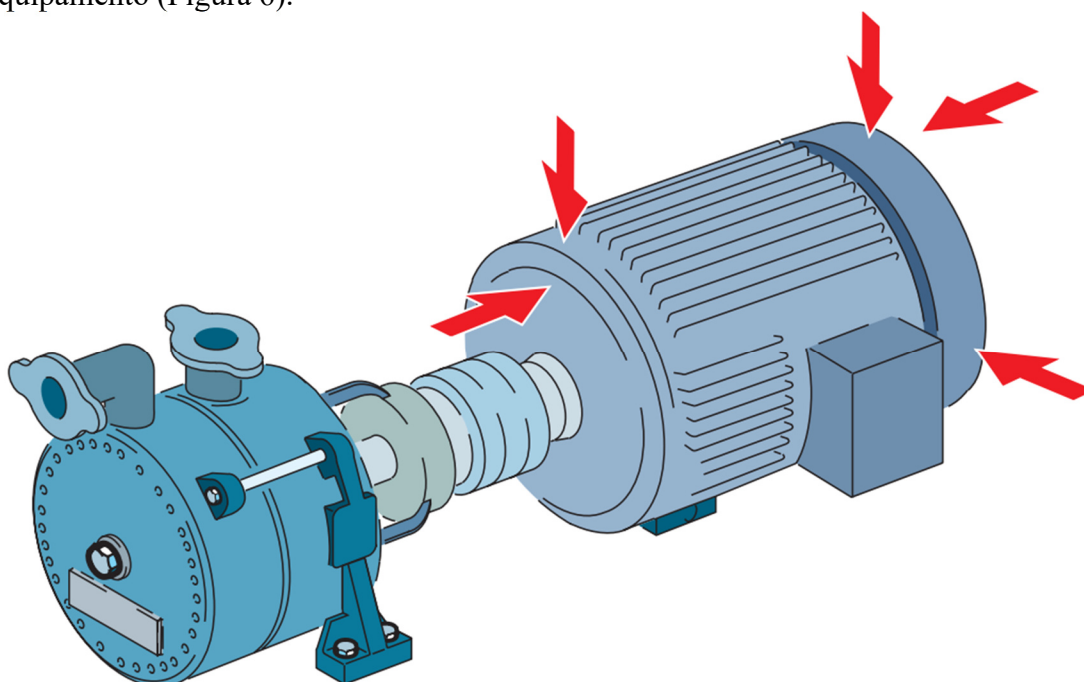


Figura 6 – Localização de instalação dos transdutores (db PRUFTECHNIK, A Fluke reliability brand., 2017).

Os pontos de recolha devem de ser marcados para que sempre que se faça a recolha seja feita no mesmo sítio. Evitando assim uma análise imprecisa causada pela recolha de dados o que pode pôr em causa o diagnóstico.

A recolha de dados deve ser feita após o rotor e as chumaceiras terem atingido a sua temperatura de funcionamento normal, velocidade, carga, tensão e pressão. Para as situações em que o funcionamento de um equipamento varia a velocidade, a recolha de dados deve garantir essas variações.

Os transdutores são acelerómetros que convertem o movimento mecânico em energia eléctrica. Na análise de vibrações os acelerómetros são a seleção natural para a recolha de dados.



*Figura 7 – Equipamento Vibrostore 100 da Brüel & Kjaer Vibro.*

Na análise de vibrações, o equipamento de recolha de dados desempenha um papel fundamental. Neste trabalho, utilizou-se o Vibrostore 100 da Brüel & Kjaer Vibro (Figura 7). Este dispositivo foi concebido para medir de vibrações em rolamentos, bombas, motores, ventoinhas e outros equipamentos fixos. Regista e exhibe os dados de forma intuitiva, apresentando uma escala da Unidade de Dano do Rolamento (Bearing Damage Unit - BDU) em semáforo, conforme a norma ISO10816-7. Este sistema facilita a interpretação da severidade das vibrações e do estado de condição do equipamento analisado.

Para determinar a velocidade de rotação do equipamento, este dispositivo está equipado com uma luz estroboscópica. Adicionalmente, é possível conectar auscultadores para escutar o ruído dos rolamentos, proporcionando uma análise mais detalhada e precisa das condições do equipamento.

Antes de se iniciar qualquer análise de vibrações, é essencial recolher o máximo de informação possível sobre o equipamento a ser estudado. A selecção da velocidade de rotação do motor é crucial para garantir a correta conversão do sinal analógico em digital.

Esta preocupação deve-se ao fato de que, se não tivermos em consideração a selecção da velocidade de rotação na recolha, vamos obter dados em que o sinal digital não replica com precisão o sinal analógico. Para mitigar este tipo de erro, é recomendado que se repita pelo menos duas amostras em momentos diferentes para que se possam cruzar os dados da recolha.

De forma geral, o ponto de leitura deve estar localizado o mais próximo do apoio do rolamento para que a atenuação do sinal seja mínima.

A localização do ponto de leitura deve oferecer um acesso fácil, garantir acesso durante todo o processo de leitura e ser simples a sua repetição. O processo deve ser seguro para quem está a fazer a leitura e deve oferecer a garantia de que é o mais fiável possível.

As leituras não devem ser feitas sobre coberturas, tampas, parte móveis eixos rotativos nem isolamentos térmicos.

### 3.6 Análise de Consumos – Recolha de leituras

Devido à dificuldade em obtermos dados referentes aos consumos de energia elétrica, recorreu-se a um analisador de qualidade de energia trifásico, o Chauvin Arnoux 8332B.

Este equipamento permite obter informação instantânea das principais características da rede e monitorizar a variação ao longo do tempo. Oferece ainda a possibilidade de medição multitarefa das várias grandezas, registo contínuo e visualização.

A instalação deste equipamento requer cuidados que devem ser rigorosamente seguidos, não só em termos de segurança, mas para se obter dados fidedignos. Ao ligarmos o equipamento, é crucial seguirmos o esquema de ligações fornecidas pelo fabricante e garantir que todas as ligações são feitas de acordo com o estabelecido.

Assim, foi instalado o analisador de qualidade trifásico (Figura 8) à saída do posto de transformação com o objetivo de recolher dados mais precisos sobre o consumo atual do edifício. Este equipamento monitorizou os consumos entre o dia 15 de Março e o dia 26 de Março de 2024.

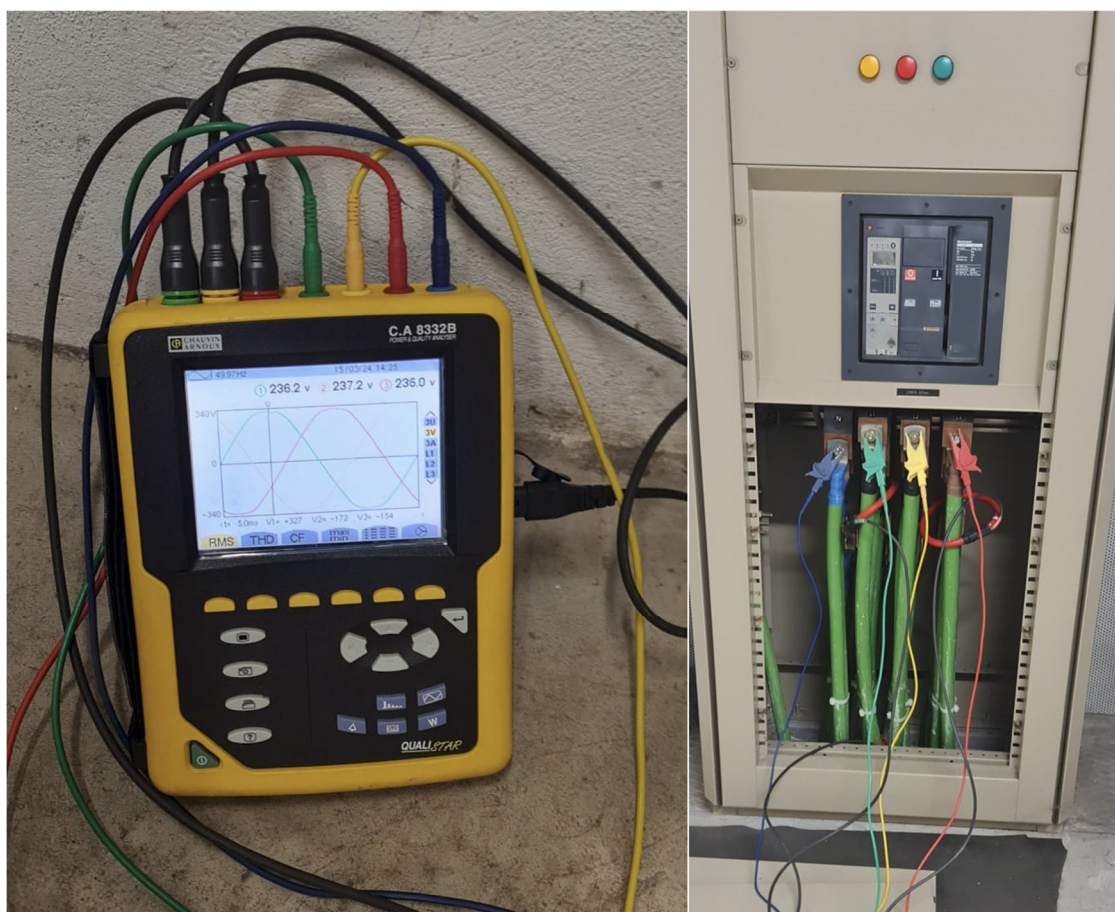


Figura 8 – Analisador de qualidade de energia trifásico.

Os dados recolhidos através deste procedimento serão analisados no próximo capítulo, na secção 4.2.6.

# 4

## Caso de Estudo – Teatro das Figuras

O Teatro das Figuras, também conhecido como Teatro Municipal de Faro, é uma das principais salas de espetáculos do Algarve. Está localizado na cidade de Faro, na Horta das Figuras, junto da Estrada Nacional 125, na entrada da cidade. Construído em 2005, foi o projeto dos Arquitetos Gonçalo Byrne e Sophie Matias.

### 4.1 Descrição do Edifício



*Figura 9 – Teatro das Figuras (Cineteatros, s.d.).*

#### 4.1.1 Espaços

O Teatro das Figuras (Figura 9) acomoda 782 lugares, a versatilidade do seu equipamento permite a realização de variadas e complexas produções e eventos, garantindo condições de excelência. A programação cultural multidisciplinar é outra característica que enriquece a relevância deste espaço.

Além do auditório principal, o Teatro das Figuras dispõe de um foyer ideal para a realização de apresentações de produtos, ações de sampling, beberetes e outros eventos.

O acesso dos espectadores ao Teatro das Figuras é feito por uma rampa de grandes dimensões, que também pode ser utilizada para produções especialmente concebidas para o exterior, (Teatro das Figuras, 2022).

#### 4.1.2 Grande Auditório

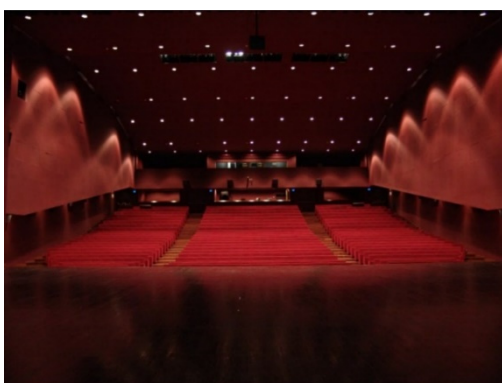


Figura 10 – Grande auditório vista do palco (Teatro das Figuras - Grande Auditório, 2022).

O Grande auditório (Figura 10) tem a capacidade para 782 espectadores.

Na extensão do palco, há um espaço adicional que pode ser utilizado tanto como sala de ensaios como área de cena, proporcionando assim uma grande versatilidade cénica ao dispor dos criadores.

O arco do proscénio tem 4,4 metros, podendo ser adaptado para servir como fosso de orquestra, acolhendo até um

máximo de 77 músicos.

O serviço de cargas e descargas permite o acesso a viaturas pesadas e está diretamente ligado ao palco (Teatro das Figuras - Grande Auditório, 2022).

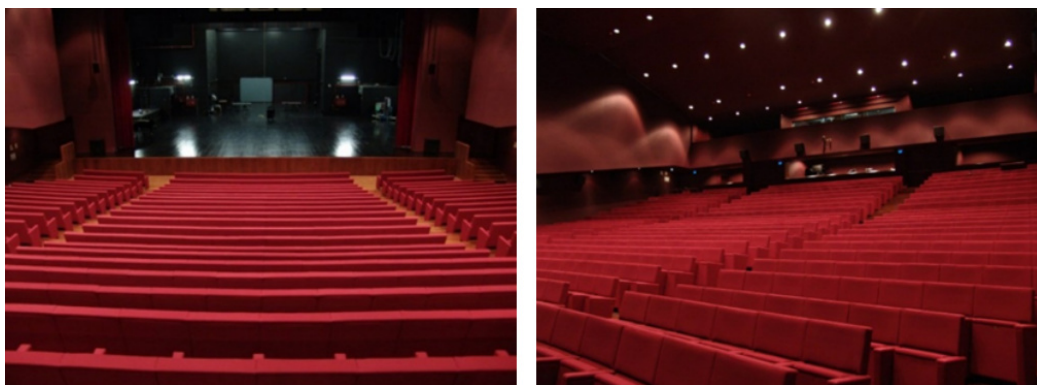


Figura 11 – Grande auditório (Teatro das Figuras - Grande Auditório, 2022).

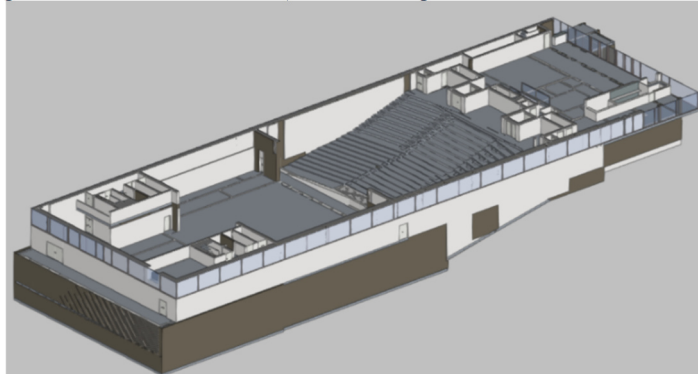


Figura 12 – Imagem de corte correspondente ao piso 0, imagem gerada no CYPE Architecture 2023.

#### 4.1.3 Foyer

O Teatro das Figuras, possui um foyer (Figura 13) perfeito para a realização de apresentações de produtos, acções de sampling, recepções entre outros eventos (Teatro das Figuras - Foyer, 2022).

Foyer – Salão onde os espectadores podem aguardar o início da sessão e permanecer nos intervalos (Porto Editora - foyer, 2022).

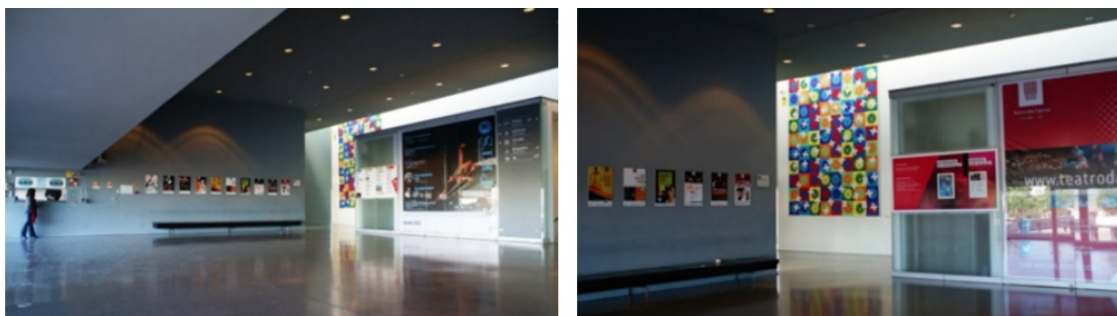


Figura 13 – Foyer (Teatro das Figuras - Foyer, 2022).

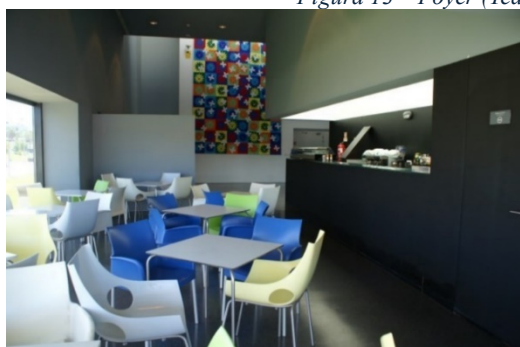


Figura 14 – Bar do foyer (Teatro das Figuras - Foyer, 2022).

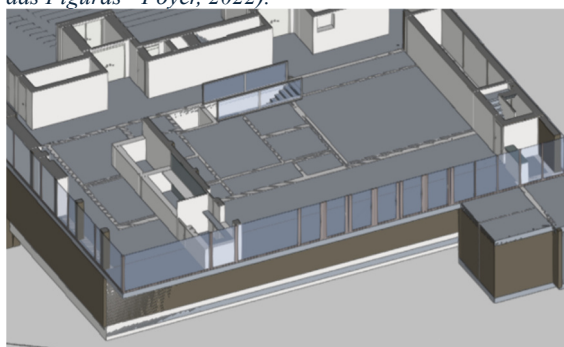


Figura 15 – Imagem da zona do foyer, imagem gerada em CYPE Architecture 2023.

#### 4.1.4 Pequeno Auditório

O Teatro das Figuras dispõe ainda de um auditório (Figura 16) com 130 lugares. (Teatro das Figuras - Pequeno Auditório, 2022).



Figura 16 – Pequeno auditório (Teatro das Figuras - Pequeno Auditório, 2022).

## 4.2 Recolha e análise de dados no edifício

A recolha de dados é onde será feito o mapeamento e análise do edifício, recorrendo aos diferentes equipamentos e técnicas descritos nos capítulos anteriores. Aqui serão detalhados os métodos utilizados no caso de estudo.

#### 4.2.1 Análise de vibrações e diagnóstico do sistema de extinção de incêndio

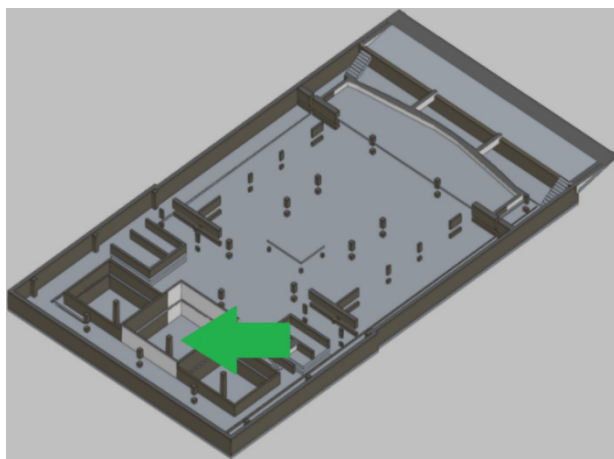


Figura 17 – Casa das bombas do sistema de incêndio, imagem gerada em CYPE Architecture 2023.

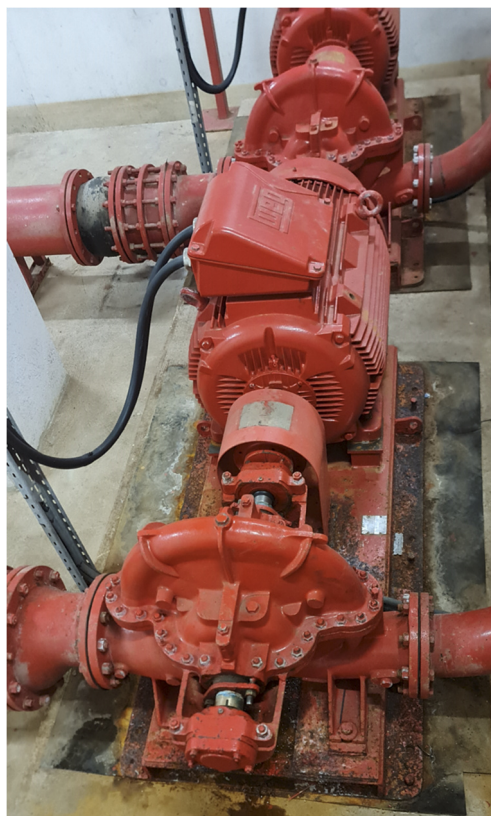


Figura 18 – Bombas do sistema de extinção de incêndio.

A análise de vibrações foi aplicada na auditoria ao interior do edifício, mais especificamente às bombas do sistema de extinção de incêndio.

O sistema de extinção de incêndio está localizado no piso -2 (Figura 18) e é composto por um sistema hidropressor com dois motores WEG W22 3-315S/M-04.

Pretende-se elaborar-se um diagnóstico do estado de funcionamento dos motores das bombas através do recurso conjunto de técnicas de diagnóstico.

O recurso à termografia tem-se revelado uma mais-valia na identificação de não conformidades e uma ferramenta bastante útil para apoiar a elaboração e sequenciação de planos de manutenção.

Para a elaboração do diagnóstico dos motores do sistema de extinção de incêndio, pretende-se também recorrer a ferramentas de diagnóstico, como a análise de vibrações e a termografia. Assim, a sequencia será a recolha de vibrações e a termografia.

Para a recolha de vibrações, foi necessário seguir diversas etapas conforme as especificações do equipamento de recolha de vibrações. Uma dessas etapas foi a identificação da rotação por minuto (RPM) do motor (Figura 19), necessária para a configuração do analisador de vibrações.

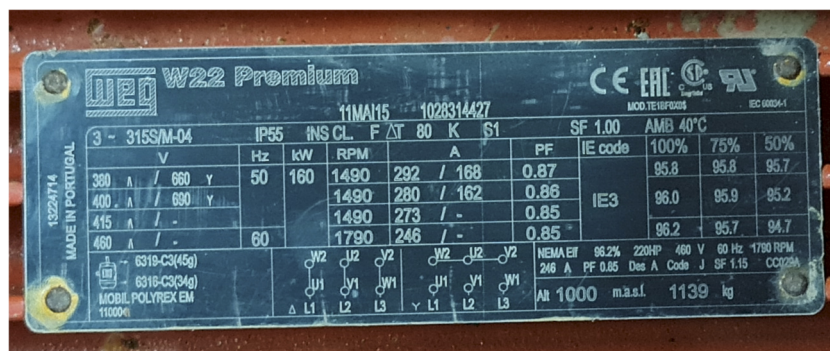


Figura 19 – Chapa de identificação do motor da bomba A.

Configurou-se o analisador com os valores RPM. De acordo com as características do motor, este funciona a 1490 RPM. No entanto, devido às limitações do analisador, não foi possível seleccionar exactamente 1490 rpm, sendo escolhido um valor próximo de 1488 rpm (Figura 20).



Figura 20 – Analisador de vibrações, seleção de RPM.

Para proceder às leituras, foi necessário colocar as bombas em funcionamento durante pelo menos 5 minutos, até estabilizarem, segundo a norma. Para facilitar a identificação, definiu-se como bomba A e B.

A bomba A foi definida como sendo a do lado Nascente e a bomba B a do lado Poente.

O funcionamento da bomba B (Figura 21) não foi possível, pois concluiu-se que estava avariada, sendo assim possível analisar apenas a bomba A.

As leituras das vibrações foram realizadas nos eixos “horizontal”, “vertical e “axial”, seguindo a escala de leitura estabelecida pela norma ISO 10816-7.

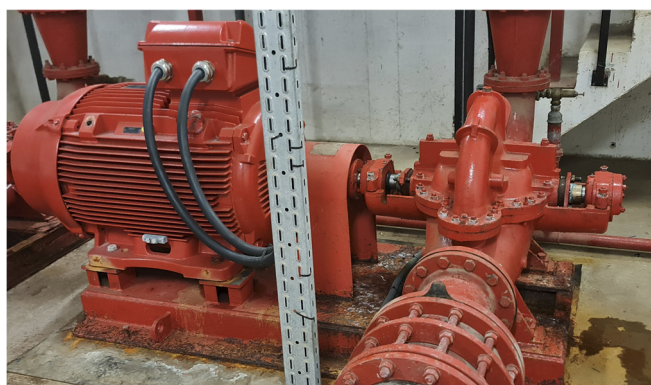


Figura 21 – Bomba A do sistema de extinção de incêndio.

Para simplificar a interpretação dos dados obtidos pelo analisador de vibrações, recorre-se à Tabela 4 (pág. 36), que está no estado da arte e que se baseia na norma ISO 10816-7 e nas orientações do manual do equipamento, que também se baseia na mesma norma.

#### 4.2.1.1 Leitura vertical

A auditoria termográfica às bombas do sistema de extinção de incêndio.

Com o sensor colocado na vertical, Figura 22, a leitura feita de acordo com a norma mostra que o veio está a provocar vibrações suficientemente altas para causar danos ao motor, pelo que não se recomenda o seu funcionamento.



Figura 22 – Leitura do sensor na vertical.

#### 4.2.1.2 Leitura axial



Figura 23 – Leitura do sensor na axial.

Com o sensor colocado na axial (Figura 23), a leitura feita e de acordo com a norma o veio está a funcionar dentro de uma gama aceitável, mas o valor de BDU (Bearing Damage Unit) não recomenda o funcionamento normal.

Recomenda-se que, logo

que seja oportuno, se proceda à substituição do rolamento.

#### 4.2.1.3 Leitura horizontal



Figura 24 – Leitura do sensor na horizontal.

Com o sensor colocado na axial (Figura24), a leitura feita de acordo com a norma mostra que o veio está a provocar vibrações suficientemente altas para provocar danos ao motor, pelo que não se recomenda o seu funcionamento de todo.

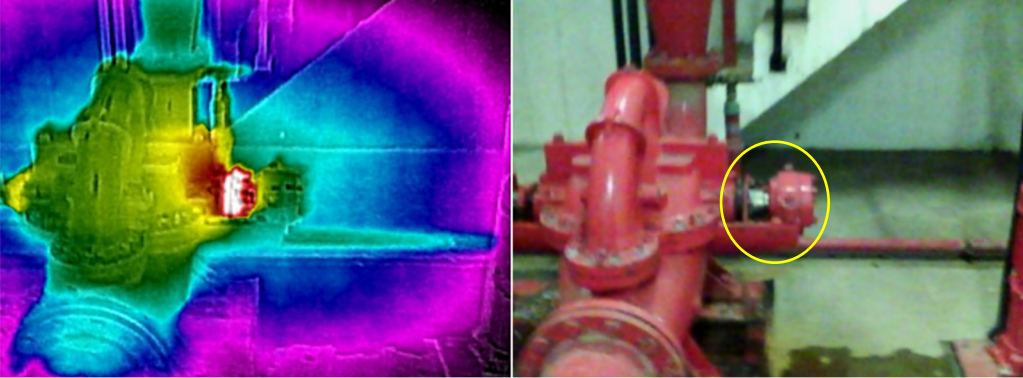
Para um diagnóstico mais fidedigno, seria necessário fazer um estudo mais aprofundado, mas pelos dados obtidos, o rolamento externo tem de estar danificado; o valor de BDU (Bearing Damage Unit) está fora da gama de funcionamento segundo a Norma.

Com os dados acima obtidos, recomendamos a reparação das bombas do sistema de extinção de incêndio com a maior brevidade possível. Esta situação é de enorme gravidade por se tratar de um sistema de último recurso.

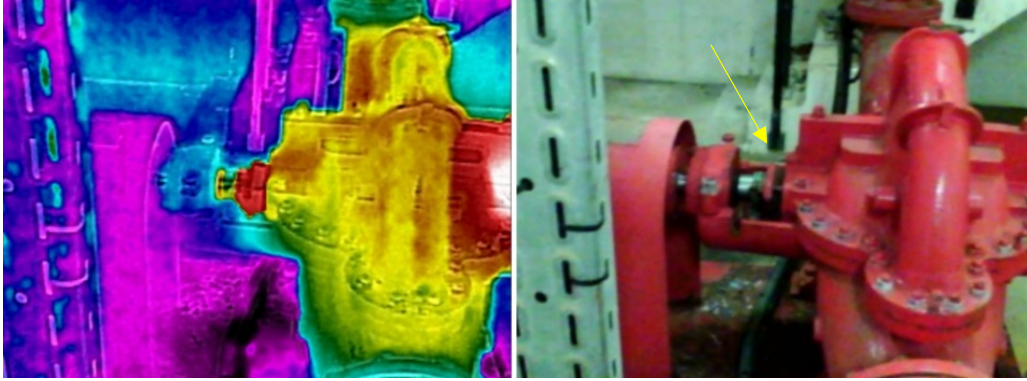
Uma das bombas já está inoperativa, e a que ainda funciona de momento não está em condições fiáveis para ser considerada operativa. Com o exposto não é recomendável executar o teste mensal às bombas.

Esta situação é bastante grave, em caso de necessidade não estão garantidos os meios de combate a incêndio.

Recolha de dados termográficos ao rolamento externo da bomba:

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	
Walk-around	Rolamento externo da bomba	09/01/2024	Não conformidade
A auditoria termográfica às bombas do sistema de extinção de incêndio.			
			
<p><i>Figura 25 – Imagem termográfica e fotografia digital, rolamento externo da bomba.</i></p>			
<p>Nota: Aquecimento do rolamento externo do veio da bomba, identificado pelo círculo amarelo.</p> <p>Nesta imagem termográfica, a primeira análise que podemos fazer é de que existe uma acumulação de calor significativa no rolamento externo do veio.</p> <p>No entanto, não podemos concluir muito mais, porque não temos meio de comparação. Não podemos afirmar que a temperatura é excessiva ou que está fora da gama normal de funcionamento.</p> <p>Com tudo, se juntarmos a informação obtida na análise de vibrações podemos concluir facilmente que a temperatura de trabalho está acima do expectável e de que o veio está desalinhado, resultando num aumento de temperatura.</p>			
<p>Sugestões de mitigação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Substituição do rolamento externo.</li> <li>Elaboração de um plano de manutenção em que seja contemplada a lubrificação dos rolamentos de apoio do veio do motor da bomba.</li> </ul>			
Objetivo da recolha: Realizar a captura do rolamento externo da bomba.			
Temperatura máxima			41,6°C
Temperatura mínima			13,2°C
Requere nova análise			Não

Recolha de dados termográficos ao rolamento interno da bomba:

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Rolamento interno da bomba	09/01/2024	
A auditoria termográfica às bombas do sistema de extinção de incêndio.			
			
<p><i>Figura 26 – Imagem termográfica e fotografia digital, rolamento interno da bomba.</i></p>			
<p>Nota: Se compararmos a temperatura do rolamento interno com o externo, este está com uma temperatura mais baixa, mas ainda assim não podemos afirmar que esteja dentro da gama normal de funcionamento, identificada pela seta.</p> <p>Apenas com a repetição de capturas de imagens termográficas é que podemos construir uma tabela de temperaturas em função da condição dos rolamentos.</p> <p>Neste caso, como não foi feita uma medição de vibrações deste rolamento, não temos mais informação.</p>			
<p>Sugestões de mitigação: Não se aplica.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar a captura do rolamento interno da bomba.</p>			
Temperatura máxima			26°C
Temperatura mínima			17,7°C
Requere nova análise		Não	

#### 4.2.2 Análise de Termografia ao edifício

A auditoria termográfica foi realizada em duas visitas; a captura das imagens foi feita em momentos distintos na tentativa de se recriar as condições mais próximas das recomendadas.

		Visita 1	Visita 2
Condições para a captura das imagens termográficas	Condição pretendida	Condição Real	Condição Real
Superfície está livre de exposição solar há mais de uma hora	Sim	Sim	Sim
Temperatura em toda a estrutura do edifício superior a 10°C	Sim	Sim	Sim
Diferença de temperatura entre o interior e o exterior de superior a 5°C nas últimas 24 horas	Sim	Não	Não
Variação da temperatura ambiente durante a auditoria de 3°C	Sim	Sim	Sim
Temperatura mínima dentro do edifício de 10°C nas últimas 24 horas	Sim	Não é possível verificar	Não é possível verificar
Ausência de precipitação antes e durante a auditoria	Sim	Não	Não
As superfícies do edifício a inspecionar estão secas	Sim	Sim	Sim
A velocidade do vento está abaixo de 5 m/s	Sim	Não é possível verificar	Não é possível verificar

Tabela 5 – Condições para a captura das imagens termográficas.

#### Condições meteorológicas

##### Visita 1

Data	Hora	Temperatura exterior
09/01/2024	09:26	10,7°C
Condições meteorológicas		
Velocidade do vento	16,7 km/h, NE	
Descrição das condições meteorológicas	Céu muito nublado, com períodos de aguaceiros	

Tabela 6 – Condições meteorológicas da visita 1.

##### Visita 2

Data	Hora	Temperatura exterior
11/01/2024	18:40	13°C
Condições meteorológicas		
Velocidade do vento	7,76 km/h	
Descrição das condições meteorológicas	Céu muito nublado	

Tabela 7 – Condições meteorológicas da visita 2.

### 4.2.3 Mapeamento das Patologias da Envolvente do Edifício

#### Auditoria ao exterior – Piso 0

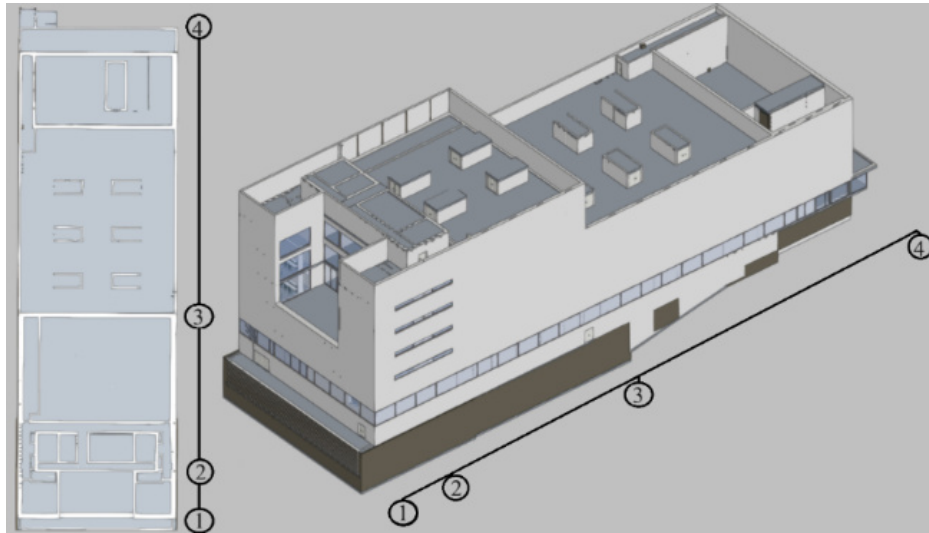


Figura 27 – Protocolo de auditoria ao exterior à fachada nascente.

O protocolo de inspeção às fachadas do edifício, basearam-se na inspeção walk-around.

**Objetivo:** Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas da fachada nascente nos quatro pontos identificados na Figura 27.

#### Condições ideais:

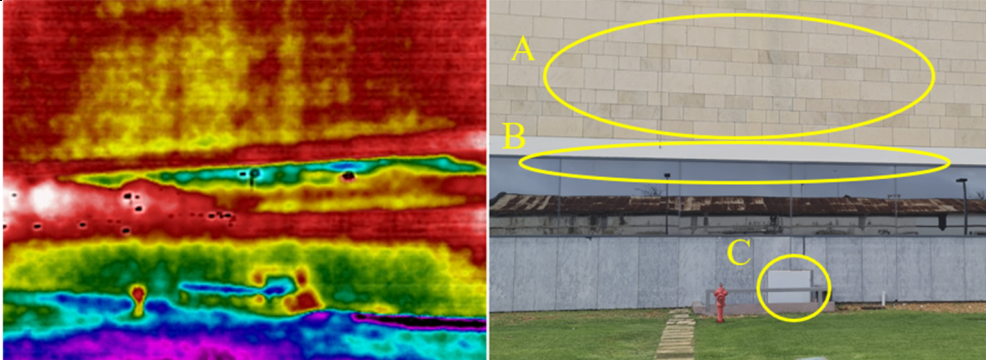
- **Horário:** Final do dia, preferencialmente à noite e durante os meses mais frios.
- **Temperatura:** A diferença de temperatura no interior para o exterior deve ser de pelo menos 10°C acima da temperatura exterior.
- **Pressão:** Pressurização do interior do edifício em 10 Pa.

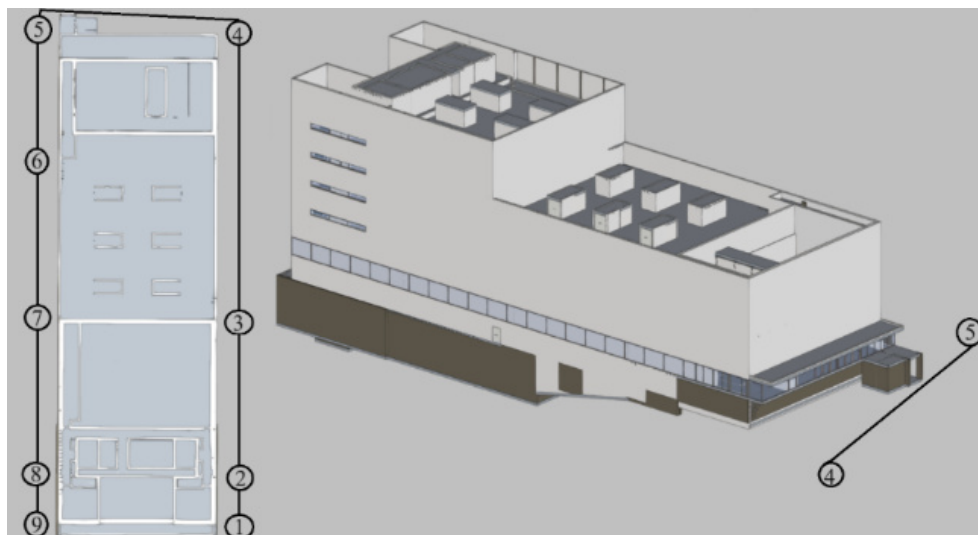
#### Condições Meteorológicas:

- Velocidade do vento ( $v$ ) inferior a 5 m/s.
- Oito a doze horas sem exposição solar e sem exposição solar direta durante a auditoria.
- Se realizada durante o dia, em condições nubladas para evitar o reflexo do céu claro.

#### Objetivos:

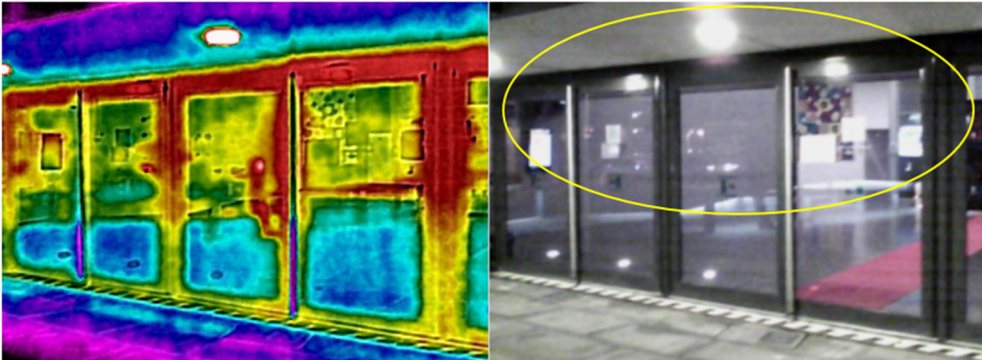
- Caracterização térmica de paredes, vidros e janelas.
- Detecção de pontes térmicas e áreas de perdas excessivas de calor.
- Isolamento térmico.
- Fugas de ar.
- Detecção de humidade e água

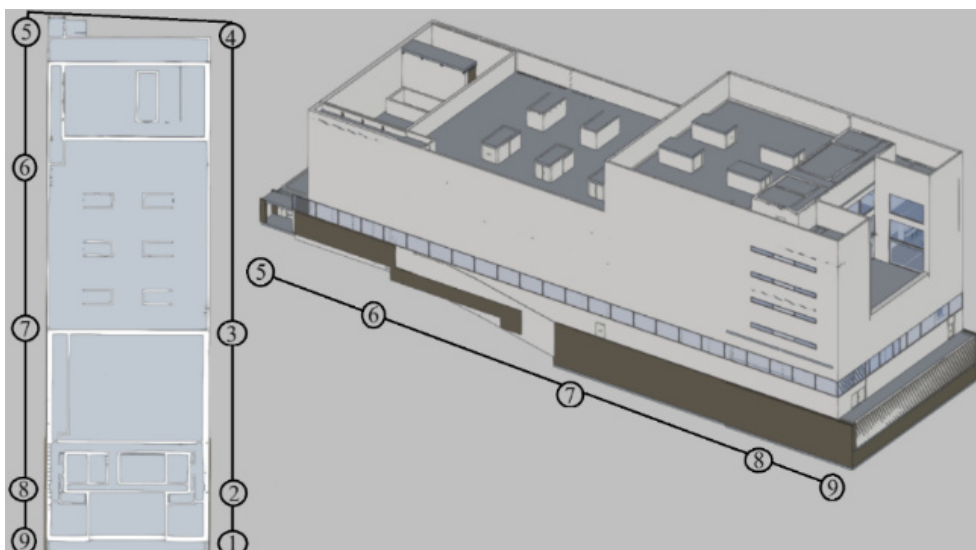
Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Piso 0 – Fachada nascente	11/01/2024	
			
<p data-bbox="443 636 1150 663"><i>Figura 28 – Imagem termográfica e fotografia digital, fachada nascente.</i></p> <p data-bbox="225 667 1359 730">Nota: Acumulação de humidade na parede na parte superior do envidraçado, identificado pelo círculo A.</p> <p data-bbox="225 734 1359 797">Infiltração de ar frio e humidade na parte superior da caixilharia do vidro, identificado pelo círculo B.</p> <p data-bbox="225 801 1359 875">Fugas de calor através da moldura da porta, especialmente à direita e à esquerda, identificado pelo círculo C.</p>			
<p data-bbox="225 882 555 913">Sugestões de mitigação:</p> <ul data-bbox="284 918 1286 987" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="284 918 1134 949">Aplicação de silicone na parte superior da moldura da caixilharia.</li> <li data-bbox="284 954 1286 987">Aplicação de silicone na moldura da porta e instalação de borrachas na porta.</li> </ul>			
<p data-bbox="225 994 1359 1068">Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas da fachada nascente no ponto 3 identificado na Figura 27.</p>			
Temperatura máxima			9,2°C
Temperatura mínima			6,0°C
Requere nova análise			Não



*Figura 29 – Fachada norte.*

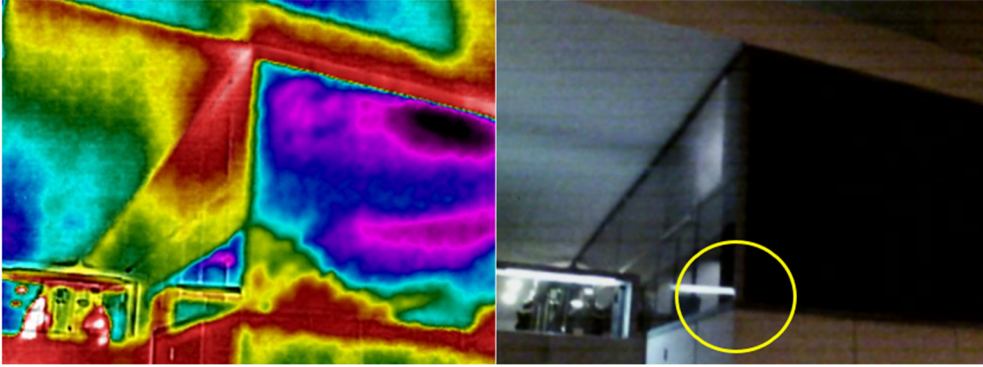
**Objetivo:** Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas da fachada norte ao longo dos dois pontos identificados na Figura 29.

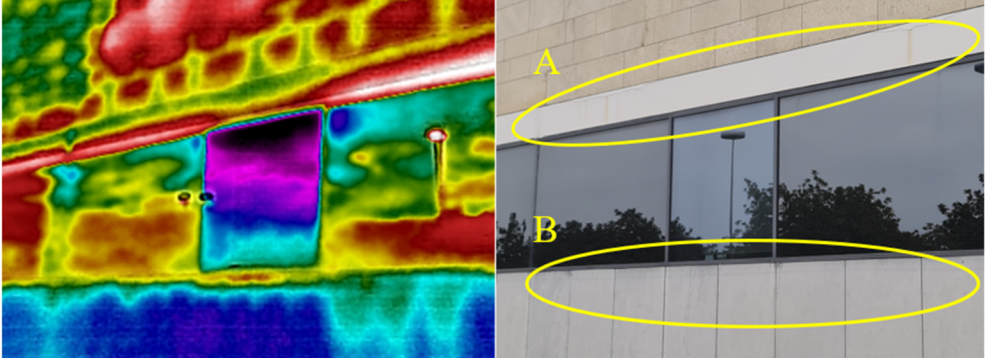
Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Piso 0	11/01/2024	
 <p><i>Figura 30 – Imagem termográfica e fotografia digital, portas de acesso ao foyer, fachada norte.</i></p> <p>Nota: Verifica-se a perda de calor pela parte superior da caixilharia das portas e na zona lateral superior, identificado pelo círculo a amarelo.</p> <p>Sugestões de mitigação:  Colocação de silicone na moldura da caixilharia na parte superior.  Substituição das borrachas das portas.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas da fachada norte entre os pontos 4 e 5 identificado na Figura 29.</p>			
Temperatura máxima		15,6°C	
Temperatura mínima		8,6°C	
Requere nova análise		Não	

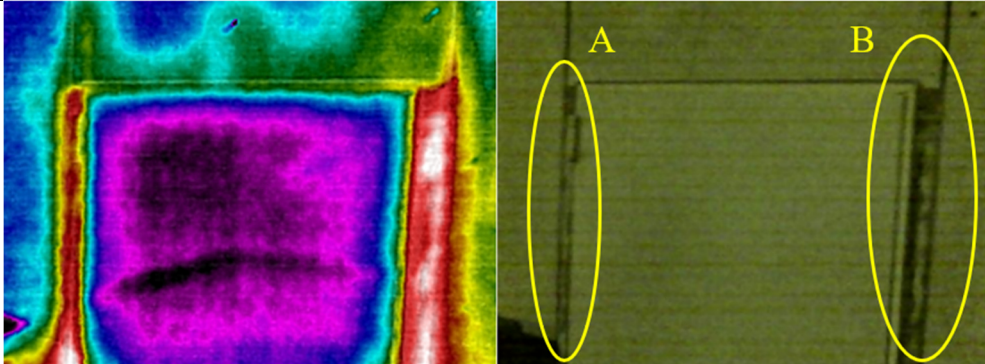


*Figura 31 – Fachada poente.*

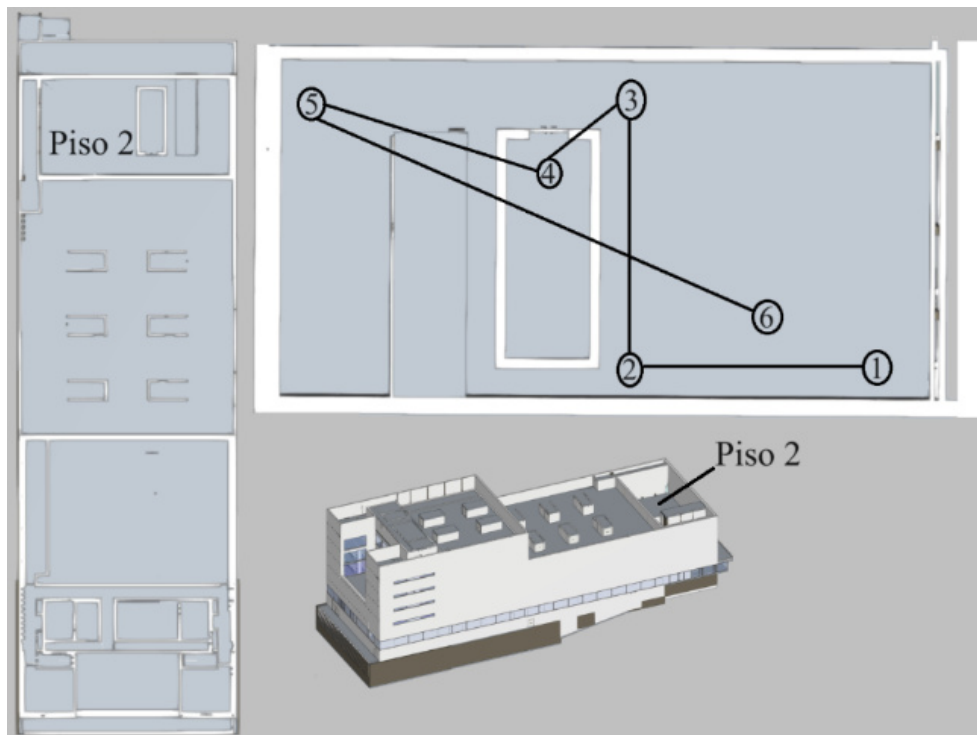
**Objetivo:** Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas da fachada poente ao longo dos cinco pontos identificados na Figura 31.

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Piso 0	11/01/2024	
 <p><i>Figura 32 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto poente-norte.</i></p>			
<p>Nota: Confirmação da infiltração de ar frio no interior do edifício pela caixilharia que se encontra danificada, na parte inferior, identificada pelo círculo amarelo.</p>			
<p>Sugestões de mitigação: Colocação de silicone na junção das caixilharias inferiores. Deveria ser contemplada a substituição da caixilharia inferior.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento da fachada poente no ponto 5 identificado na Figura 31.</p>			
Temperatura máxima		18,1°C	
Temperatura mínima		8,6°C	
Requere nova análise		Não	

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade						
Walk-around	Piso 0	11/01/2024							
 <p data-bbox="456 633 1139 663"><i>Figura 33– Imagem termográfica e fotografia digital, fachada poente.</i></p> <p data-bbox="240 665 1361 734">Nota: Esta imagem pode induzir-nos em erro e levar-nos a concluir que o vidro perdeu as propriedades de isolamento térmico.</p> <p data-bbox="240 736 1361 846">Contudo, o vidro está em perfeitas condições, mas existe a infiltração de ar frio no interior do edifício pela moldura da caixilharia na parte superior e inferior, o que provoca um evidente arrefecimento do vidro, identificado pelo círculo A.</p> <p data-bbox="240 848 1361 916">Perda de calor com especial incidência nas lajes inferiores ao envidraçado, identificado pelo círculo B.</p> <p data-bbox="240 918 555 956">Sugestões de mitigação:</p> <ul data-bbox="288 958 1145 1028" style="list-style-type: none"> <li>Colocação de silicone na moldura da caixilharia na parte superior.</li> <li>Colocação de um isolante entre o envidraçado e as lajes inferiores.</li> </ul> <p data-bbox="240 1030 1361 1099">Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento da fachada poente no ponto 6 identificado na Figura 31.</p> <table border="1" data-bbox="229 1102 1361 1220"> <tr> <td data-bbox="229 1102 1072 1142">Temperatura máxima</td> <td data-bbox="1078 1102 1361 1142">16,7°C</td> </tr> <tr> <td data-bbox="229 1144 1072 1184">Temperatura mínima</td> <td data-bbox="1078 1144 1361 1184">6,4°C</td> </tr> <tr> <td data-bbox="229 1187 1072 1220">Requere nova análise</td> <td data-bbox="1078 1187 1361 1220">Não</td> </tr> </table>				Temperatura máxima	16,7°C	Temperatura mínima	6,4°C	Requere nova análise	Não
Temperatura máxima	16,7°C								
Temperatura mínima	6,4°C								
Requere nova análise	Não								

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Piso 0	11/01/2024	
			
<p><i>Figura 34 – Imagem termográfica e fotografia digital, porta de serviço fachada poente.</i></p> <p>Nota: Isolamento defeituoso da porta, em especial na moldura da porta, com especial incidência à direita e à esquerda da porta, identificado pelos círculos A e B.</p>			
<p>Sugestões de mitigação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Substituição do silicone em volta da moldura da porta.</li> <li>Substituição das borrachas da porta.</li> </ul>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas da fachada poente no ponto 7 identificado na Figura 31.</p>			
Temperatura máxima	13,6°C		
Temperatura mínima	9,4°C		
Requere nova análise	Não		

#### Auditoria ao exterior – Piso 2 (Pátio das instalações)



*Figura 35 – Protocolo de auditoria externa ao pátio das instalações no Piso 2.*

O protocolo de inspeção ao pátio das instalações no piso 2, baseou-se na inspeção walk-around e walk-through para o ponto 4.

**Objetivo:** Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas nos seis pontos identificados na Figura 35.

**Condições ideais:**

**Horário:** Final do dia, preferencialmente à noite e durante os meses mais frios.

**Temperatura:** A diferença de temperatura no interior para o exterior deve ser de pelo menos 10°C acima da temperatura exterior.

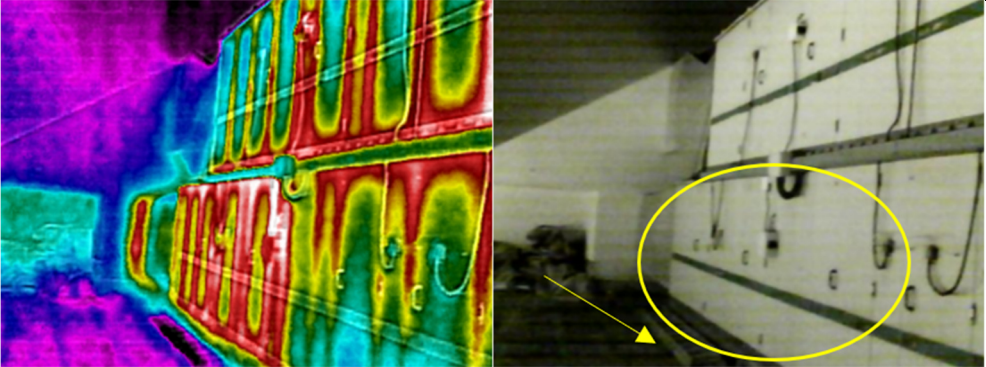
**Pressão:** Pressurização do interior do edifício em 10 Pa.

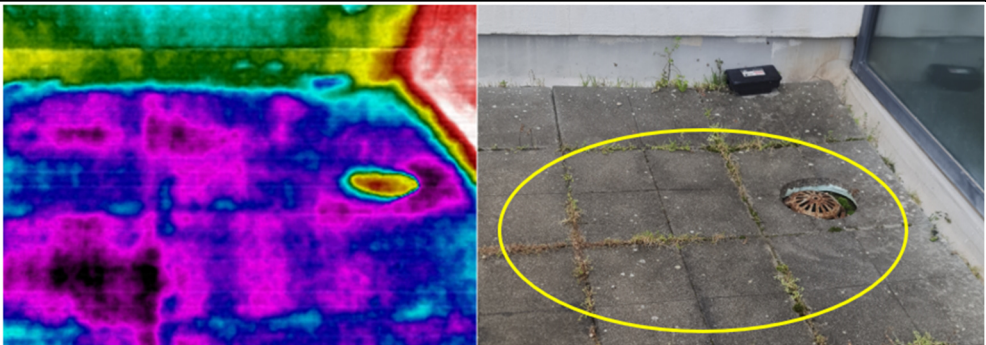
**Condições Meteorológicas:**

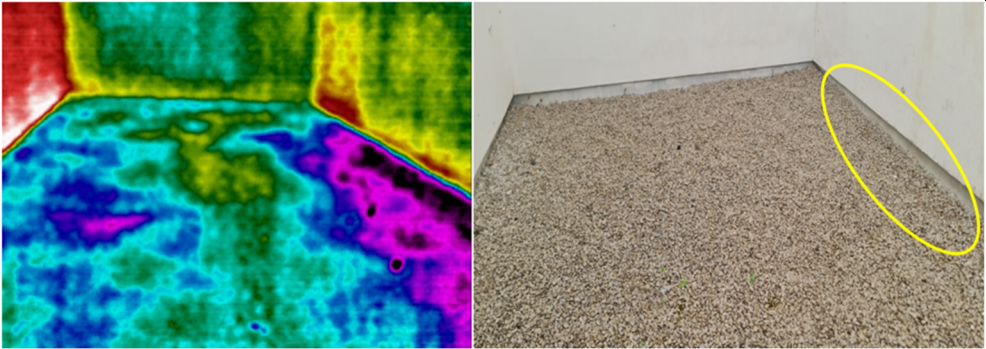
- Velocidade do vento ( $v$ ) inferior a 5 m/s.
- Oito a doze horas sem exposição solar e sem exposição solar direta durante a auditoria.
- Se realizada durante o dia, em condições nubladas para evitar o reflexo do céu claro.

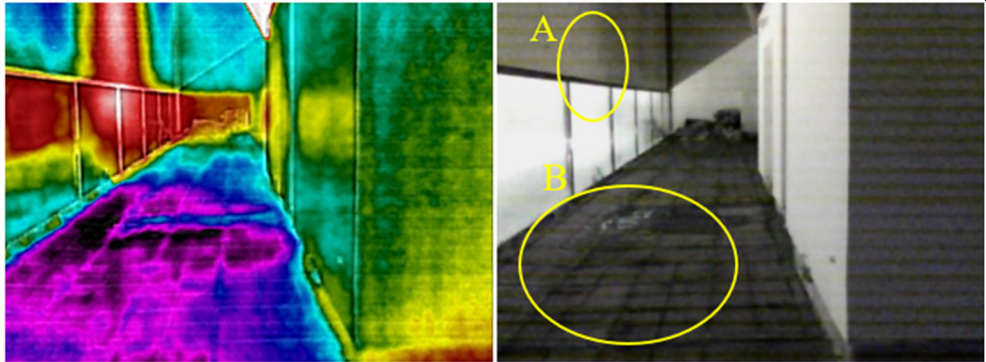
**Objetivos:**

- Caracterização térmica de paredes, vidros e janelas.
- Detecção de pontes térmicas e áreas de perdas excessivas de calor.
- Isolamento térmico.
- Fugas de ar.
- Detecção de humidade e água
- Caracterização do sistema AVAC (Isolamento das redes de distribuição, condutas, válvulas do sistema AVAC, estado operacional do fornecimento de ar, fugas de ar das instalações, fugas de água nas condutas).

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Pátio das instalações	11/01/2024	
 <p><i>Figura 36 – Imagem termográfica e fotografia digital, UTA's auditório e foyer.</i></p> <p>Nota: Perdas de calor pelas portas da UTA, identificado pelo círculo a amarelo. Acumulação de humidade por baixo do pavimento, identificado pela seta no interior do círculo.</p> <p>Sugestões de mitigação: Substituição das borrachas vedantes das portas da UTA.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento da superfície externas localizada no ponto 1 identificado na Figura 35.</p>			
Temperatura máxima			16,1°C
Temperatura mínima			7,5°C
Requiere nova análise			Não

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Dreno pátio das instalações	11/01/2024	
 <p><i>Figura 37 – Imagem termográfica e fotografia digital, dreno do pátio das instalações.</i></p> <p>Nota: Acumulação de humidade e de água por baixo do pavimento, o dreno não está a conseguir drenar eficientemente toda a humidade acumulada, a identificar estão as manchas a roxo.</p> <p>Sugestões de mitigação: Remoção do pavimento, impermeabilização da superfície do pátio das instalações e repavimentação do pátio das instalações.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento da superfície externas localizada no ponto 5 identificado na Figura 35.</p>			
Temperatura máxima			11,2°C
Temperatura mínima			7,4°C
Requiere nova análise			Não

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade						
Walk-around	Pátio das instalações	11/01/2024							
 <p><i>Figura 38 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto nascente – norte.</i></p> <p>Nota: Acumulação de humidade e de água por baixo da gravilha, especialmente junto à parede Nascente, a identificar estão as manchas em tons de roxo e a mancha mais escura.</p> <p>Sugestões de mitigação: Impermeabilização da superfície.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento da superfície externas localizada no ponto 5 identificado na Figura 35, sentido Sul-Norte.</p> <table border="1"> <tr> <td>Temperatura máxima</td> <td>10,9°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura mínima</td> <td>8,1°C</td> </tr> <tr> <td>Requere nova análise</td> <td>Não</td> </tr> </table>				Temperatura máxima	10,9°C	Temperatura mínima	8,1°C	Requere nova análise	Não
Temperatura máxima	10,9°C								
Temperatura mínima	8,1°C								
Requere nova análise	Não								

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade						
Walk-around	Pátio das instalações	11/01/2024							
 <p><i>Figura 39 – Imagem termográfica e fotografia digital, janelas do pátio das instalações.</i></p> <p>Nota: Parte superior da caixilharia dos vidros com fuga de ar quente, bastante grande, a identificar está o círculo A. Acumulação de humidade e água por baixo do pavimento, a identificar está toda a mancha em tons de roxo, identificado pelo círculo B.</p> <p>Sugestões de mitigação: A limpeza do sistema de drenagem. Substituição do silicone da moldura da caixilharia dos vidros Impermeabilização do espaço</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento da superfície externas localizada no ponto 5 identificado na Figura 35, sentido ponto 5 para o ponto 3.</p> <table border="1"> <tr> <td>Temperatura máxima</td> <td>10,9°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura mínima</td> <td>8,1°C</td> </tr> <tr> <td>Requere nova análise</td> <td>Não</td> </tr> </table>				Temperatura máxima	10,9°C	Temperatura mínima	8,1°C	Requere nova análise	Não
Temperatura máxima	10,9°C								
Temperatura mínima	8,1°C								
Requere nova análise	Não								

## Auditoria ao interior – Janela do pátio das instalações

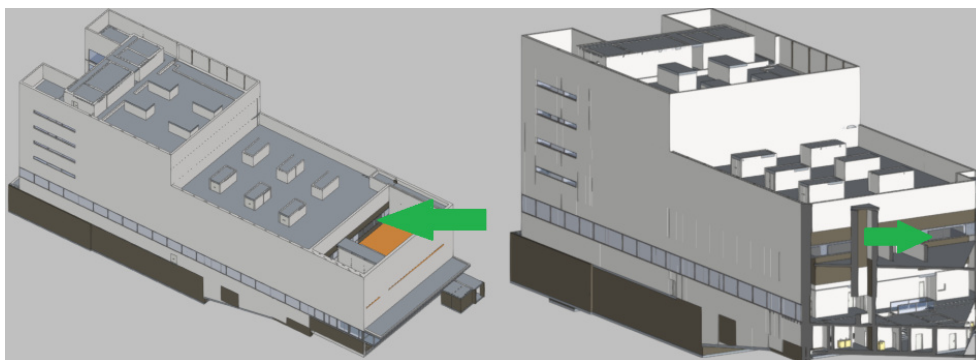


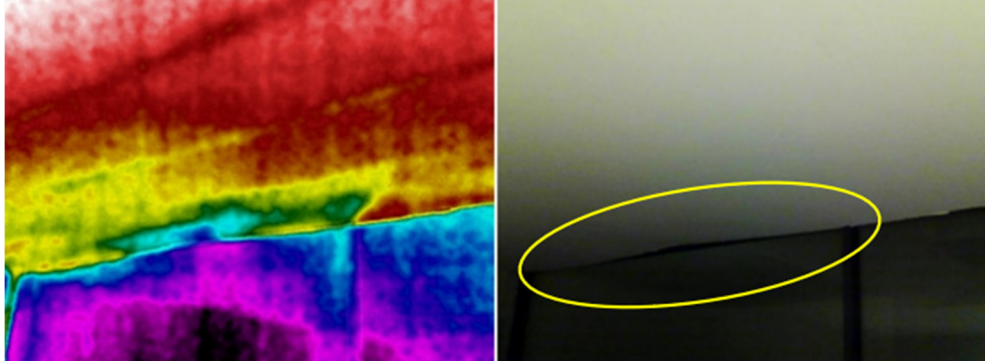
Figura 40 – Vidro pátio das instalações.

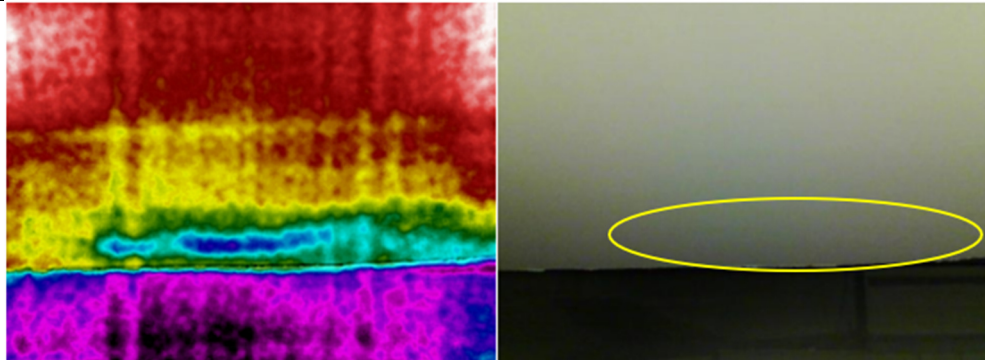
O protocolo de inspeção ao pátio das instalações no piso 2, baseou-se na inspeção walk-through.

**Objetivo:** Realizar o mapeamento de todas as superfícies internas e externas do pátio das instalações identificado pela Figura 40, em especial na envolvente envidraçada.

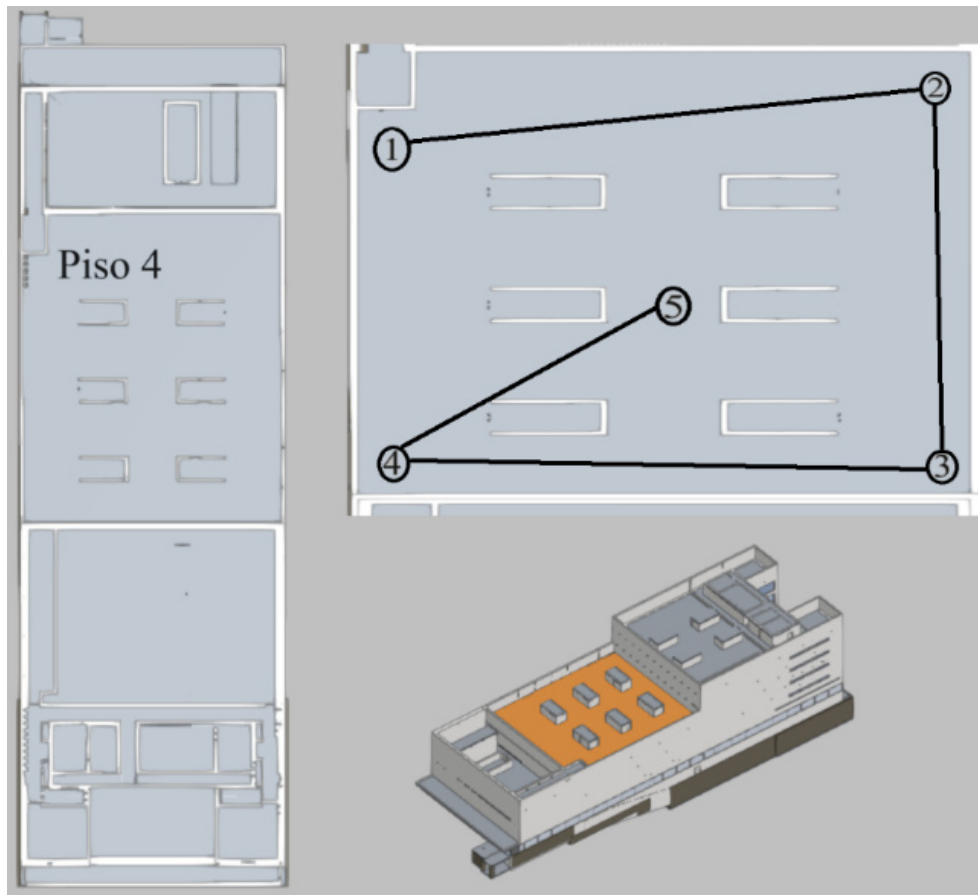
O procedimento de inspeção deve iniciar-se no lado poente, prosseguindo até ao lado, com a captura de imagens do interior de toda a envolvente envidraçada do pátio das instalações.

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Janela pátio das instalações	11/01/2024	
<p>Figura 41 – Imagem termográfica e fotografia digital, janelas do pátio das instalações técnicas, parede poente.  Nota: Acumulação de humidade por trás do pladur na parede poente e na parte inferior da moldura do vidro, identificados pelos círculos A e B.  Circulação de ar frio por cima do teto falso junto ao vidro e, com base nas capturas feitas do exterior, podemos afirmar que existe uma infiltração pela moldura do vidro na parte superior e inferior, identificado pelo círculo C.</p>			
<p>Sugestões de mitigação:  Aplicação de silicone na moldura do vidro.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies internas do pátio das instalações identificado pela Figura 40, envolvente envidraçada.</p>			
Temperatura máxima		18,6°C	
Temperatura mínima		16,1°C	
Requere nova análise		Não	

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Janela pátio das instalações	11/01/2024	
 <p>Figura 42 – Imagem termográfica e fotografia digital, janela do pátio das instalações técnicas, teto falso, canto poente.</p> <p>Nota: Infiltração de ar e de humidade pela caixilharia do vidro das instalações técnicas, identificado pelo círculo amarelo. Acumulação de humidade e água na parte superior do teto falso.</p> <p>Sugestões de mitigação: Substituição do silicone da caixilharia.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies internas do pátio das instalações identificado pela Figura 40, envolvente envidraçada.</p>			
Temperatura máxima			19,1°C
Temperatura mínima			16,1°C
Requere nova análise			Não

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Janela pátio das instalações	11/01/2024	
 <p>Figura 43 – Imagem termográfica e fotografia digital, janela do pátio das instalações técnicas, teto falso.</p> <p>Nota: Infiltração de ar frio e humidade pela caixilharia da janela do pátio das instalações técnicas está a provocar a acumulação de água por cima do teto falso. A identificar a presença de humidade está a mancha em tons de azul-escuro.</p> <p>Sugestões de mitigação: Substituição do silicone da moldura da caixilharia.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies internas do pátio das instalações identificado pela Figura 40, envolvente envidraçada.</p>			
Temperatura máxima			19,1°C
Temperatura mínima			16,1°C
Requere nova análise			Não

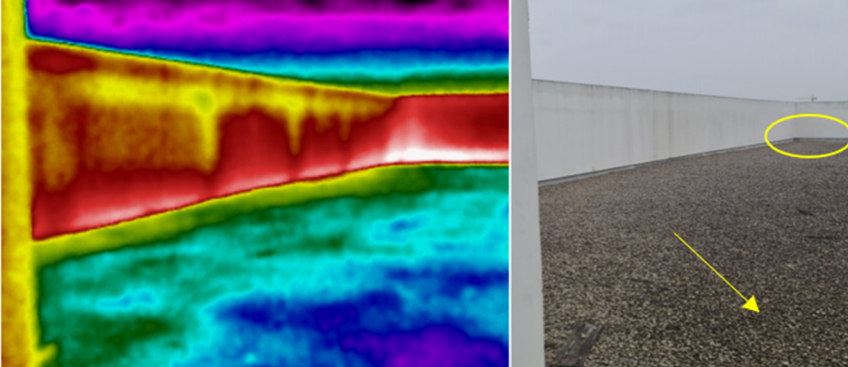
## Auditoria ao exterior – Piso 4 (Cobertura auditório)

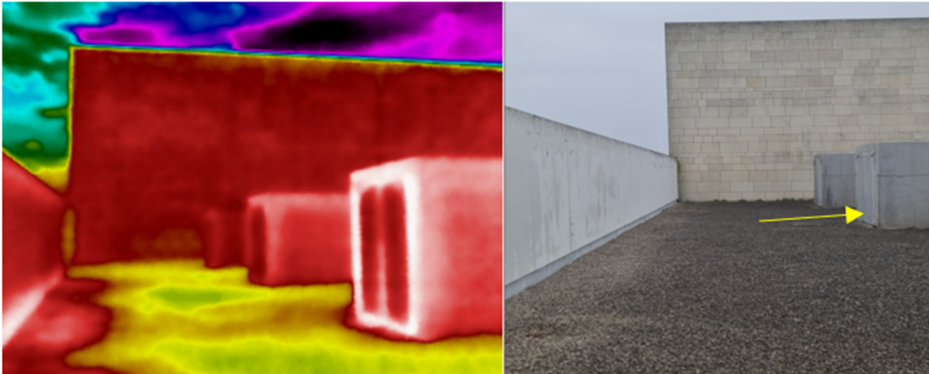



*Figura 44 – Protocolo de auditoria externa à cobertura do auditório.*

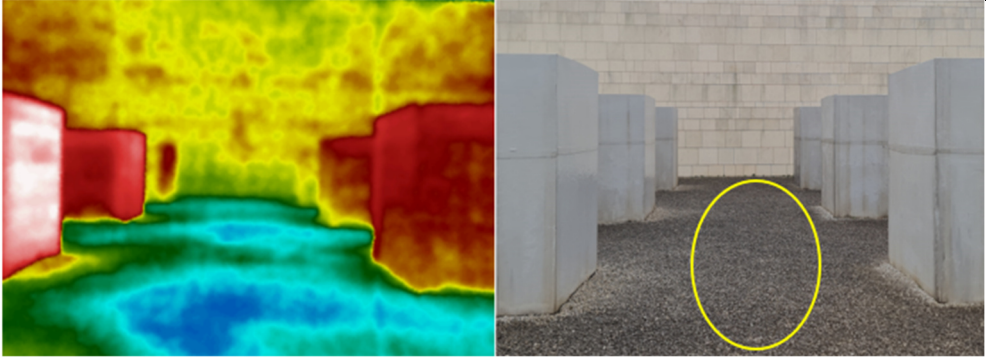
O protocolo de inspeção à cobertura do auditório no piso 4, baseou-se na inspeção walk-around.

**Objetivo:** Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas nos cinco pontos identificados na Figura 44.

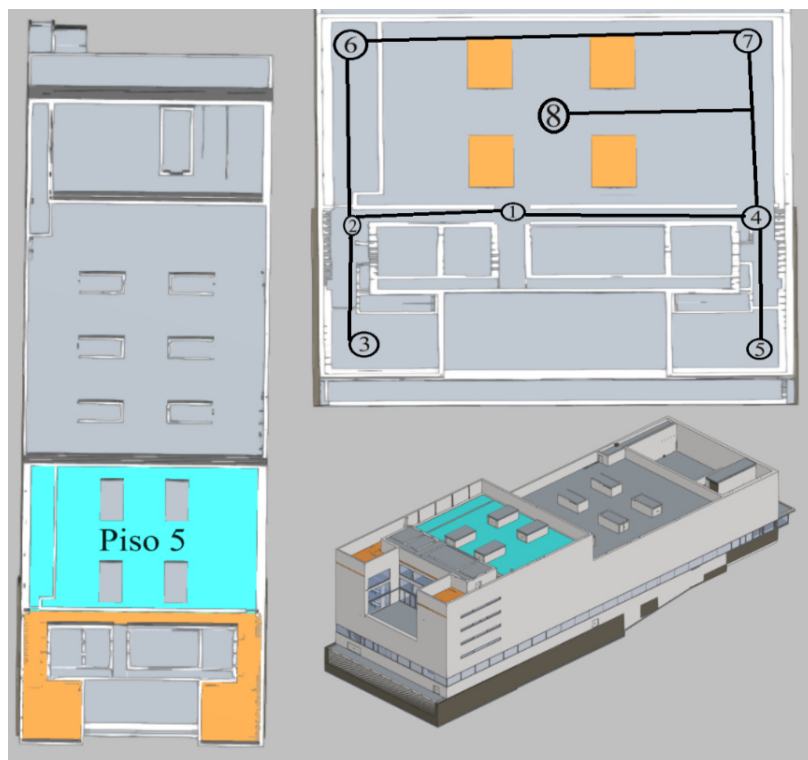
Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Cobertura do auditório	11/01/2024	
			
<p align="center"><i>Figura 45 – Imagem termográfica e fotografia digital, cobertura do auditório.</i></p>			
<p>Nota: Concentração de calor nas paredes, em especial na parte interior, identificado pelo círculo a amarelo.</p>			
<p>Na superfície, acumulação de humidade e de água debaixo da gravilha, identificado pelas manchas em tons de roxo.</p>			
<p>Sugestões de mitigação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar o sistema de drenagem.</li> <li>Nas zonas em que se verifica a acumulação de água, fazer o enchimento com cimento para que deixe de ser possível a acumulação de água.</li> <li>A impermeabilização da cobertura devia ser equacionada.</li> </ul>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas no ponto 1 identificado na Figura 44.</p>			
Temperatura máxima			14,2°C
Temperatura mínima			5,6°C
Requere nova análise			Não

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Cobertura do auditório	11/01/2024	
			
<p><i>Figura 46 – Imagem termográfica e fotografia digital, cobertura da plateia, parede nascente.</i></p> <p>Nota: É possível verificar a acumulação de humidade e de água por baixo da gravilha, identificado pelas manchas em tons de verde e amarelo.</p> <p>Perda de calor pelas portas de desenfumagem, É possível verificar a acumulação de calor no chão, provocado pela incapacidade de as portas fecharem, identificado pela seta.</p>			
<p>Sugestões de mitigação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar o sistema de drenagem.</li> <li>Nas zonas em que se verifica a acumulação de água, fazer o enchimento com cimento para que deixe de ser possível a acumulação de água.</li> <li>Instalação de borrachas nas portas desenfumagem de forma a melhorar a capacidade de isolamento.</li> </ul>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas no ponto 2 identificado na Figura 44.</p>			
Temperatura máxima			13,3°C
Temperatura mínima			9,2°C

Requere nova análise			Não
Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Cobertura do auditório	11/01/2024	
 <p><i>Figura 47 – Imagem termográfica e fotografia digital, porta de desenfumagem.</i></p> <p>Nota: As portas de desenfumagem apresentam todas as mesmas deficiências. Não conseguem fazer um isolamento na zona da moldura e não conseguem fazer um fecho eficiente, o que faz com que se verifique uma perda de calor e infiltração de ar frio e de humidade no interior do edifício.</p> <p>A imagem da direita foi captada noutra visita e é possível verificar a perda de calor do interior do edifício e ver a gravilha seca junto á porta.</p> <p>Foi necessário fazer uma nova visita porque, no momento da captura da imagem termográfica, era de noite e a câmara termográfica não tem capacidade para captar imagens sem filtro termográfico.</p> <p>Apenas está identificada a imagem desta porta, mas todas apresentam as mesmas não conformidades.</p> <p>Sugestões de mitigação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicação de silicone na moldura da porta.</li> <li>Instalação de borrachas nas portas desenfumagem de forma a melhorar a capacidade de isolamento.</li> </ul> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas no ponto 4 identificado na Figura 44.</p>			
Temperatura máxima			14,6°C
Temperatura mínima			10,2°C
Requere nova análise			Não

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Cobertura do auditório	11/01/2024	
 <p><i>Figura 48 – Imagem termográfica e fotografia digital, cobertura auditório.</i></p> <p>Nota: A mancha em tons de azul identifica a acumulação de água por baixo da gravilha.</p> <p>Sugestões de mitigação:  Verificar o sistema de drenagem.  Nas zonas em que há acumulação de água, fazer o enchimento com cimento para que deixe de ser possível a acumulação de água.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas no ponto 5 identificado na Figura 44.</p>			
Temperatura máxima			15,9°C
Temperatura mínima			11,0°C
Requere nova análise			Não

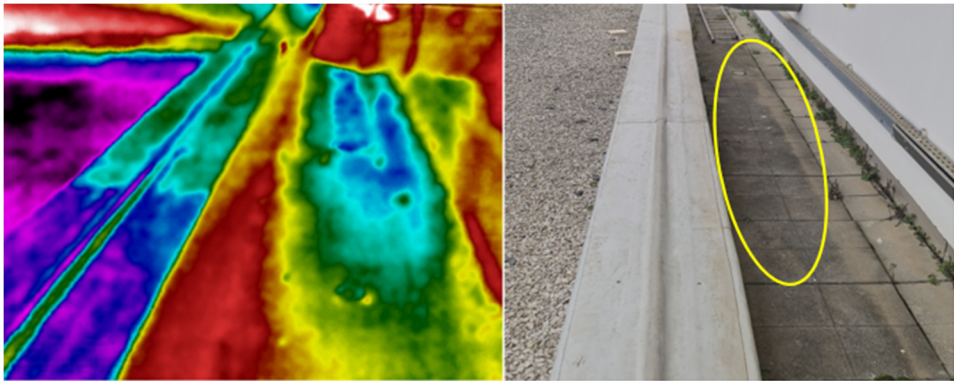
### Auditoria ao exterior – Piso 5 (Cobertura)

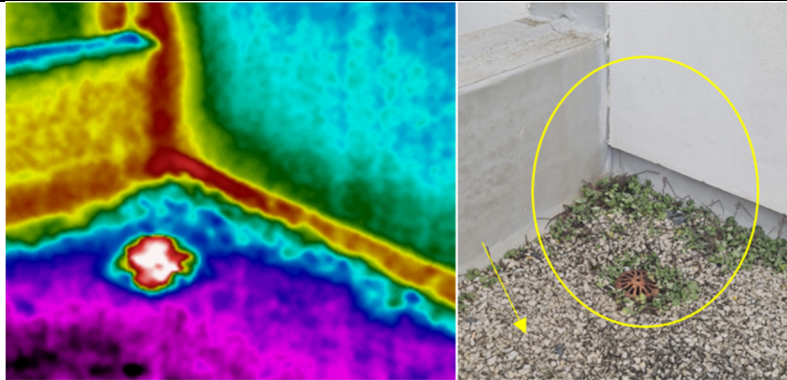


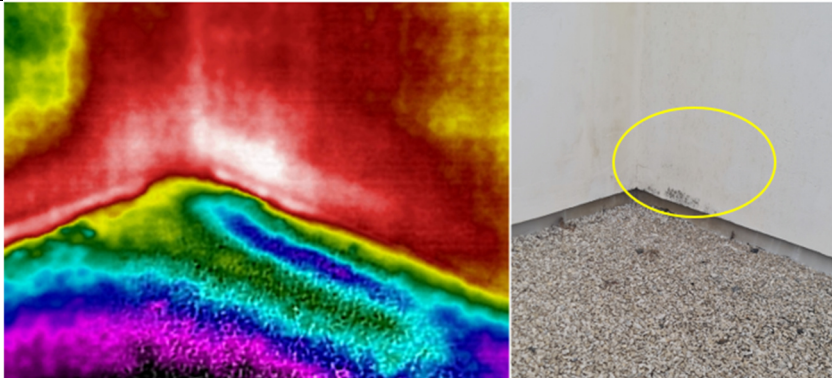
*Figura 49 – Protocolo de auditoria externa a cobertura do 5º Piso.*

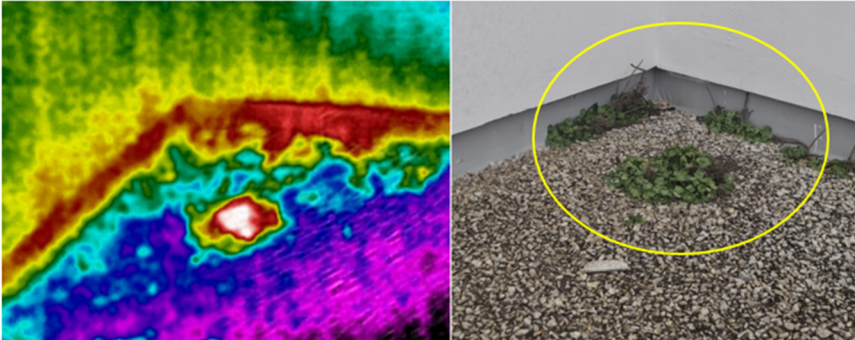
O protocolo de inspeção à cobertura do piso 5, baseou-se na inspeção walk-around.

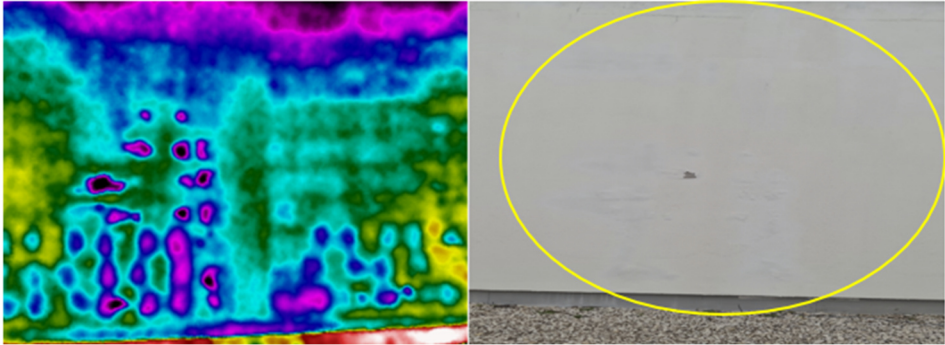
**Objetivo:** Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas nos oito pontos.

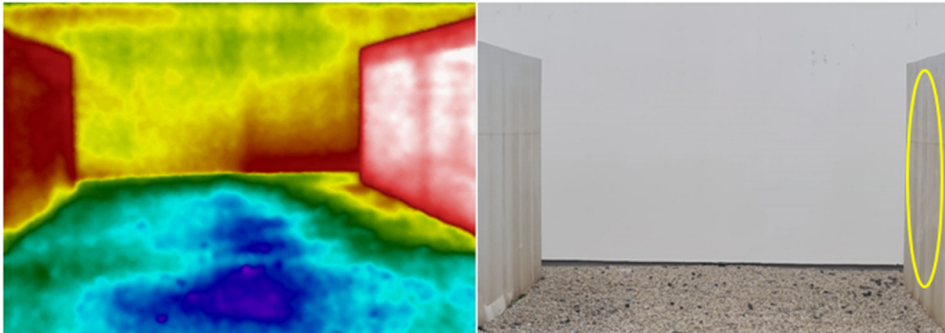
Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Cobertura 5º Piso	11/01/2024	
			
<p><i>Figura 50 – Imagem termográfica e fotografia digital, divisória na cobertura do 5º Piso.</i></p> <p>Nota: Acumulação de água e de humidade por baixo do pavimento, identificado pelo círculo a amarelo.</p>			
<p>Sugestões de mitigação:</p> <p>Verificar o sistema de drenagem.</p> <p>A impermeabilização desta área é sugerida como medida definitiva.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas no ponto 1 identificado na Figura 49, sentido ponto um para o ponto quatro.</p>			
Temperatura máxima		13,2°C	
Temperatura mínima		6,4°C	
Requere nova análise		Não	

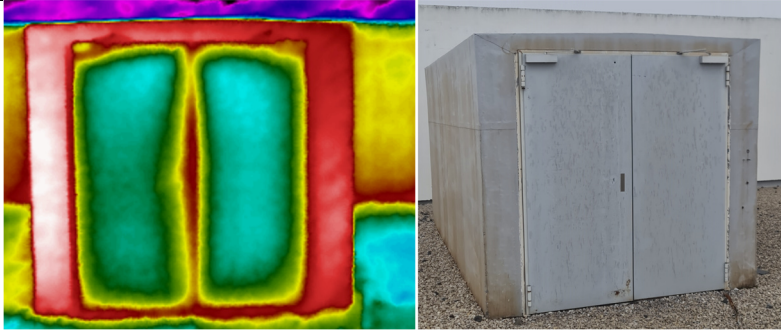
Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Cobertura 5º Piso	11/01/2024	
			
<p><i>Figura 51 – Imagem termográfica e fotografia digital, dreno na cobertura do 5º piso.</i></p> <p>Nota: É possível verificar a perda de calor através do dreno e na parte inferior da parede, assinalados pelo círculo a amarelo.</p> <p>Acumulação de humidades debaixo da gravilha, identificado pela seta a amarelo.</p>			
<p>Sugestões de mitigação:</p> <p>Verificar o sistema de drenagem.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas no ponto 2 identificado na Figura 49.</p>			
Temperatura máxima		13,2°C	
Temperatura mínima		6,4°C	
Requere nova análise		Não	

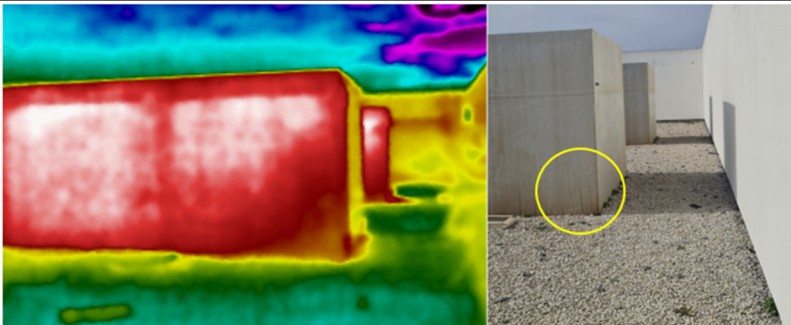
Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Cobertura 5º Piso	11/01/2024	
			
<p><i>Figura 52 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto da parede poente-sul.</i></p> <p>Nota: Perda de calor através da ponte térmica de canto, identificado pelo círculo a amarelo, e acumulação de humidade por baixo da gravilha, identificado pelas manchas em tons de roxo-escuro.</p> <p>É possível ver nas duas imagens que a parede Poente, na parte inferior, tem uma acumulação de calor que está a provocar a libertação da tinta e qual a extensão desta situação.</p>			
Sugestões de mitigação:			
Verificar o sistema de drenagem. Impermeabilização e pintar a parede.			
Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas no ponto 3 identificado na Figura 49.			
Temperatura máxima			16,1°C
Temperatura mínima			11,2°C
Requere nova análise			Não

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Cobertura 5º Piso	11/01/2024	
			
<p><i>Figura 53 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto da parede norte-poente.</i></p> <p>Nota: A acumulação de humidade por baixo da gravilha está a proporcionar um ambiente propício ao desenvolvimento de plantas.</p>			
Sugestões de mitigação:			
Limpeza do sistema de drenagem.			
Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas no ponto 6 identificado na Figura 49.			
Temperatura máxima			16,1°C
Temperatura mínima			11,2°C
Requere nova análise			Não

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade						
Walk-around	Cobertura 5º Piso	11/01/2024							
 <p><i>Figura 54 – Imagem termográfica e fotografia digital, parede por cima do gabinete da administração virada a poente.</i></p> <p>Nota: Acumulação de humidade em vários pontos da parede, mas em especial na parte superior, identificados pelos vários pontos em tons de roxo e azul, no interior do círculo amarelo.</p> <p>Sugestões de mitigação: Impermeabilização e pintura da parede.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas no ponto 5 identificado na Figura 49.</p> <table border="1"> <tr> <td>Temperatura máxima</td> <td>20,8°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura mínima</td> <td>16,6°C</td> </tr> <tr> <td>Requiere nova análise</td> <td>Não</td> </tr> </table>				Temperatura máxima	20,8°C	Temperatura mínima	16,6°C	Requiere nova análise	Não
Temperatura máxima	20,8°C								
Temperatura mínima	16,6°C								
Requiere nova análise	Não								

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade						
Walk-around	Cobertura 5º Piso	11/01/2024							
 <p><i>Figura 55 – Imagem termográfica e fotografia digital, centro da cobertura entre as portas de desenfumagem.</i></p> <p>Nota: Acumulação de água debaixo da gravilha, identificado pelas manchas em tons de azul.</p> <p>Perda de calor pela estrutura das condutas das portas de desenfumagem, identificado pelo círculo amarelo.</p> <p>Sugestões de mitigação: Isolamento das condutas de desenfumagem. Nas zonas em que há acumulação de água, fazer o enchimento com cimento para que deixe de ser possível a acumulação de água.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas no ponto 8 identificado na Figura 49.</p> <table border="1"> <tr> <td>Temperatura máxima</td> <td>18,6°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura mínima</td> <td>6,1°C</td> </tr> <tr> <td>Requiere nova análise</td> <td>Não</td> </tr> </table>				Temperatura máxima	18,6°C	Temperatura mínima	6,1°C	Requiere nova análise	Não
Temperatura máxima	18,6°C								
Temperatura mínima	6,1°C								
Requiere nova análise	Não								

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Cobertura 5º Piso	11/01/2024	
 <p><i>Figura 56 – Imagem termográfica e fotografia digital, porta de desenfumagem.</i></p>			
<p>Nota: As portas de desenfumagem, à semelhança do detetado na cobertura do auditório, também estas na cobertura do 5º piso apresentam todas as mesmas deficiências já relatadas na Figura 67.</p> <p>Não conseguem fazer um isolamento na zona da moldura e não conseguem fazer um fecho eficiente, o que faz com que se verifique uma perda de calor e infiltração de ar frio e de humidade no interior do edifício.</p> <p>Apenas está esta imagem desta porta, mas todas apresentam as mesmas não conformidades.</p>			
<p>Sugestões de mitigação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicação de silicone na moldura da porta.</li> <li>Aplicação de borrachas nas portas para melhorar o isolamento.</li> </ul>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas no ponto 8 identificado na Figura 49.</p>			
Temperatura máxima			17,1°C
Temperatura mínima			11,6°C
Requere nova análise			Não

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Cobertura 5º Piso	11/01/2024	
 <p><i>Figura 57 – Imagem termográfica e fotografia digital, condutas das portas de desenfumagem.</i></p>			
<p>Nota: Verifica-se uma infiltração de humidade no canto inferior direito junto à superfície, da conduta de desenfumagem, identificado pelo círculo amarelo.</p>			
<p>Sugestões de mitigação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Isolamento das condutas de desenfumagem.</li> </ul>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas no ponto 7 identificado na Figura 49.</p>			
Temperatura máxima			17,4°C
Temperatura mínima			12,2°C
Requere nova análise			Não

## Auditoria ao interior – Auditório

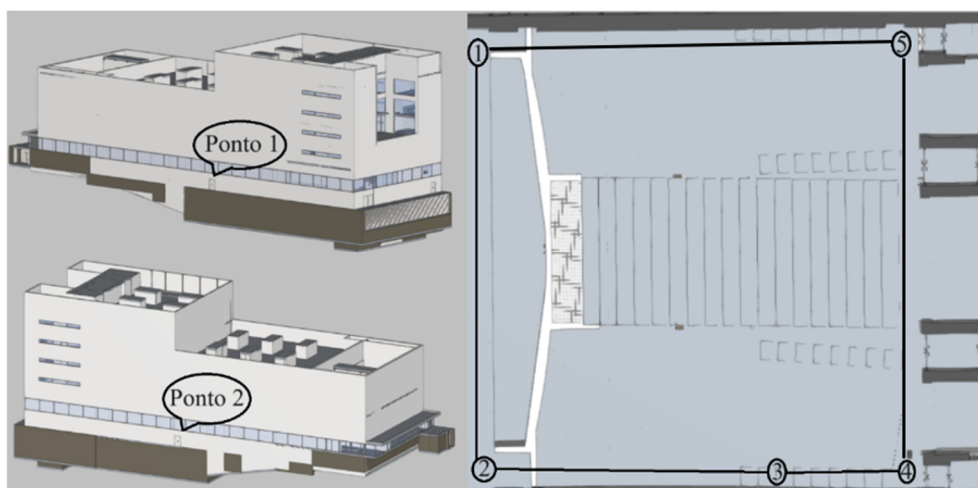
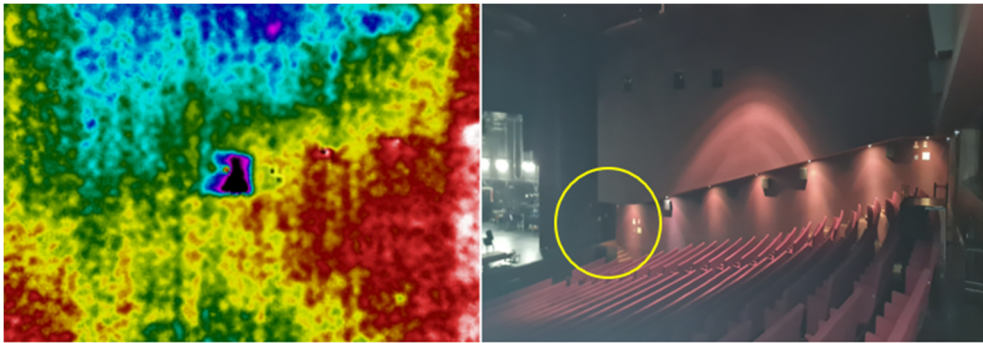


Figura 58 – Protocolo de auditoria interna ao auditório.

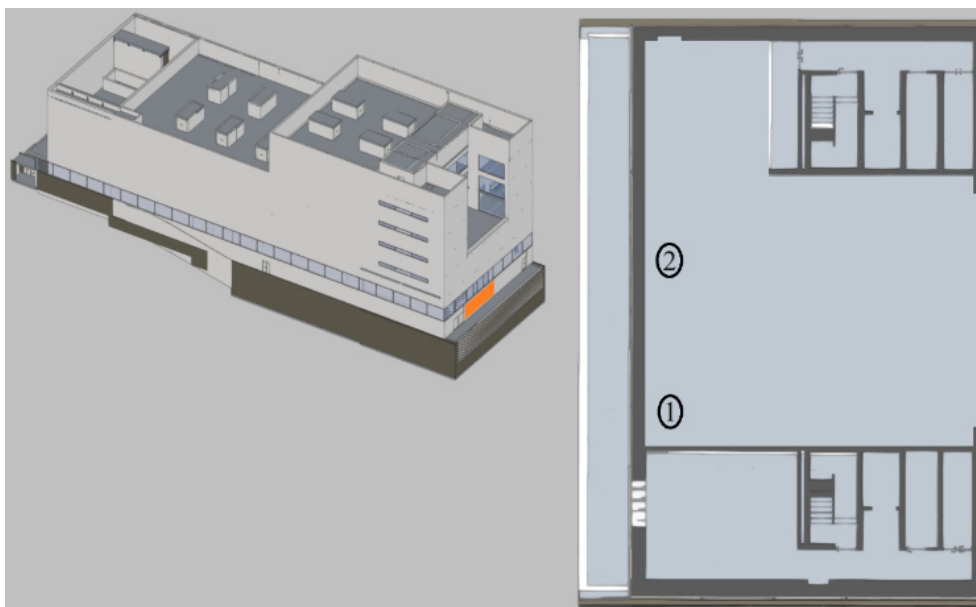
O protocolo de inspeção ao auditório, baseou-se na inspeção walk-through.

**Objetivo:** Realizar o mapeamento do perímetro do auditório, identificado pelos cinco pontos da Figura 58.

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Lado poente	09/01/2024	
<p>Nota: Infiltração de ar frio no auditório pela parte inferior da porta poente, junto ao palco, identificado pelo círculo a amarelo.</p>			
<p>Sugestões de mitigação: A Instalação de borrachas nas portas, para melhorar o isolamento.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do perímetro do auditório, identificado pelo ponto 1 da Figura 58.</p>			
Temperatura máxima		17,8°C	
Temperatura mínima		14,3°C	
Requere nova análise		Não	

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Lado poente	09/01/2024	
 <p><i>Figura 60 – Imagem termográfica e fotografia digital, parede poente.</i></p> <p>Nota: O retângulo mais escuro é a porta do lado poente, identificado pelo círculo a amarelo.</p> <p>A zona a azul na parte superior da imagem é justificada pela ausência de climatização no momento de captura da imagem. Contudo, os isolamentos deficientes das portas de defumagem instaladas na parte superior do edifício contribuem também para o arrefecimento do auditório.</p> <p>Sugestões de mitigação: Instalação de borrachas nas portas de desenfumagem.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do perímetro do auditório, identificado pelo ponto 4 da Figura 58.</p>			
Temperatura máxima			16,5°C
Temperatura mínima			15,1°C
Requere nova análise			Não

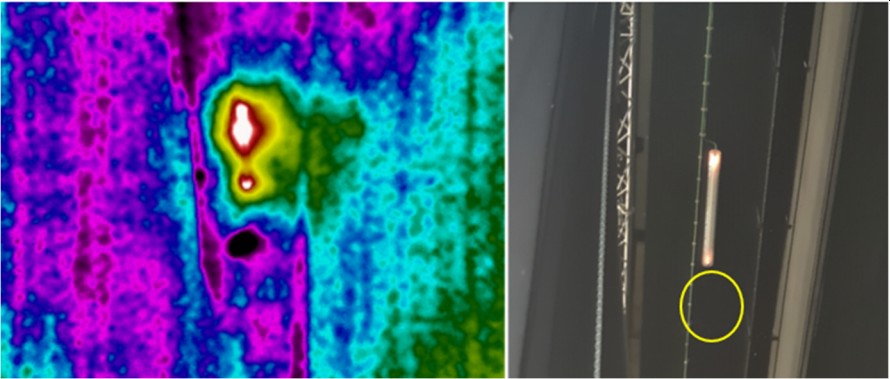
### Auditoria ao interior – Pequeno auditório

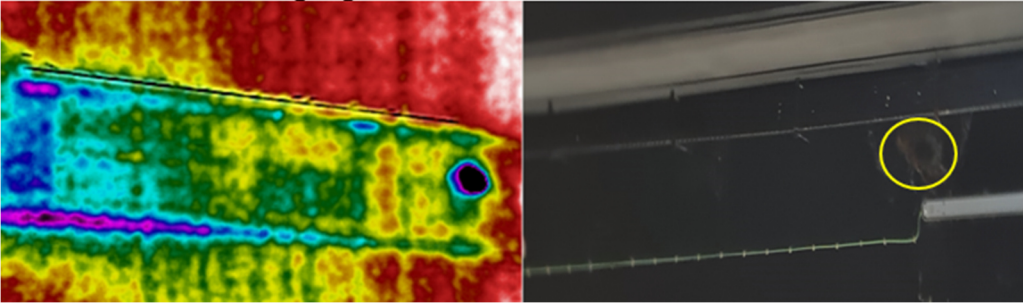


*Figura 61 – Protocolo de auditoria interna ao pequeno auditório.*

O protocolo de inspeção ao pequeno auditório, baseou-se na inspeção walk-through.

**Objetivo:** Realizar o mapeamento dos pontos 1 e 2 do pequeno auditório identificados na Figura 61 para verificar a não conformidade reportada pelos serviços técnicos.

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Pequeno auditório	09/01/2024	
			
<p><i>Figura 62 – Imagem termográfica e fotografia digital, teto do pequeno auditório, ponto de iluminação.</i>            Nota: O círculo a amarelo é a confirmação da localização de uma infiltração existente nesta zona. Sempre que chove com intensidade, é desta zona que cai água.</p>			
<p>Sugestões de mitigação:            Impermeabilização do pátio do Bar.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 1 do pequeno auditório identificado na Figura 61.</p>			
Temperatura máxima			18,6°C
Temperatura mínima			14,0°C

Requere nova análise			Não
Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Pequeno auditório	09/01/2024	
			
<p><i>Figura 63 – Imagem termográfica e fotografia digital, teto do pequeno auditório, área mais a nascente da fachada sul.</i>            Nota: O círculo quase perfeito a preto, no interior do círculo a amarelo, é a área da infiltração já visível.            É possível ver a extensão da infiltração ao longo do teto que vem de Nascente para Poente, identificado pelas manchas em tons de azul e roxo.</p>			
<p>Sugestões de mitigação:            Impermeabilização do pátio do Bar.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 2 do pequeno auditório identificado na Figura 61.</p>			
Temperatura máxima			17,3°C
Temperatura mínima			15,3°C
Requere nova análise			Não

## Auditoria ao interior – Foyer e bar

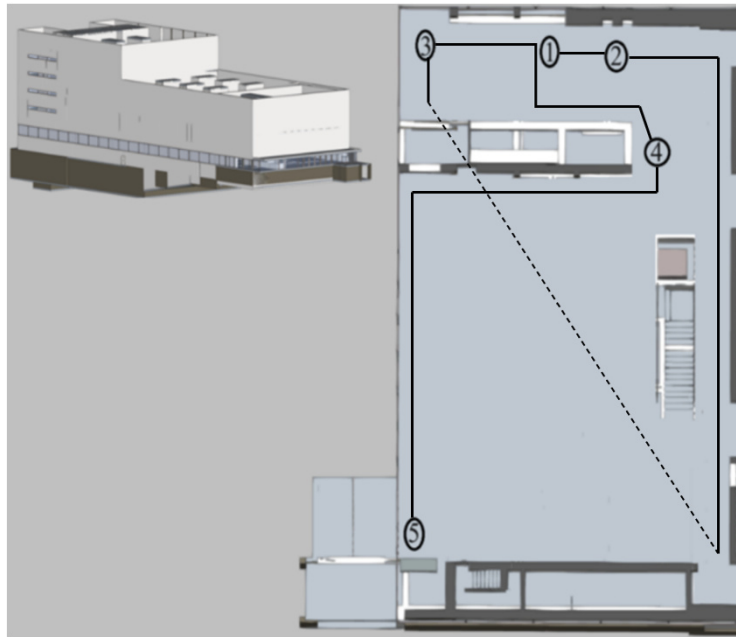
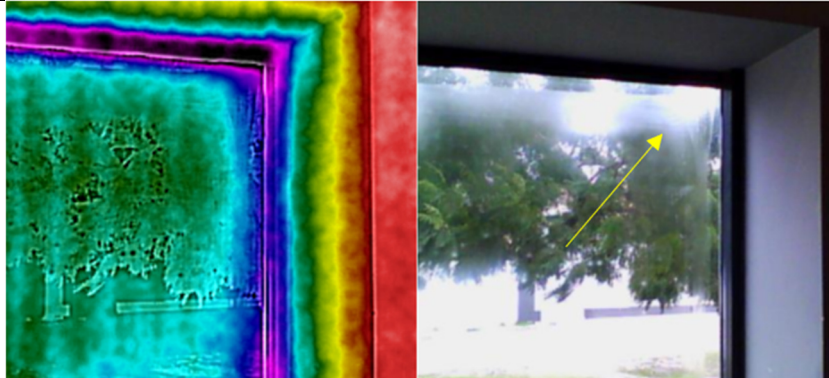


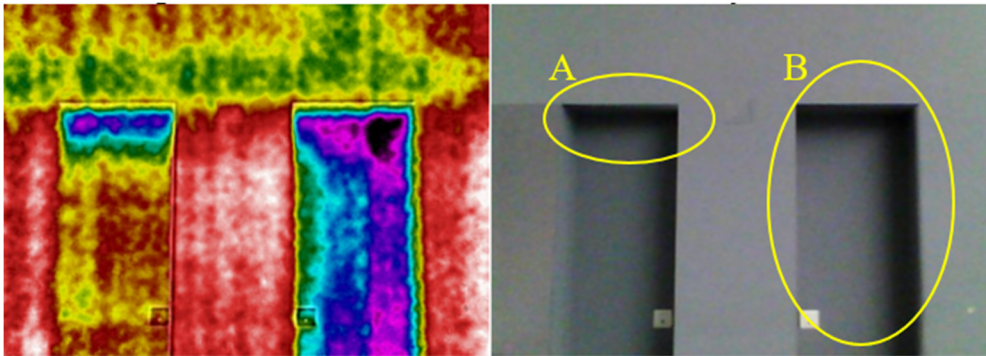
Figura 64 – Protocolo de auditoria interna ao foyer e bar.

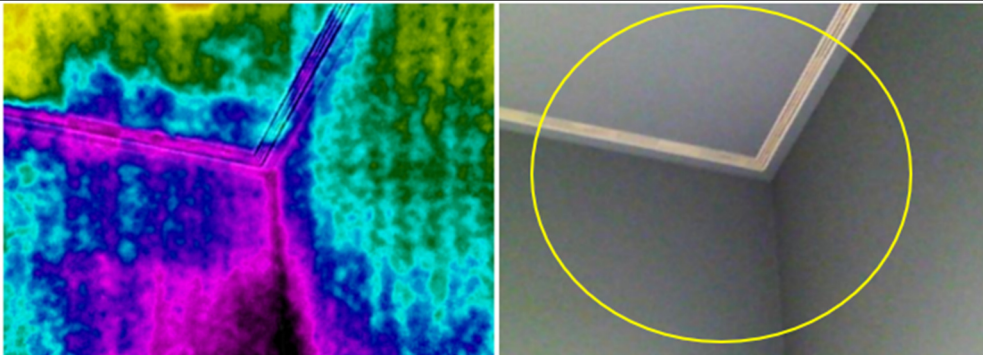
O protocolo de inspeção ao foyer e bar, baseou-se na inspeção walk-through.

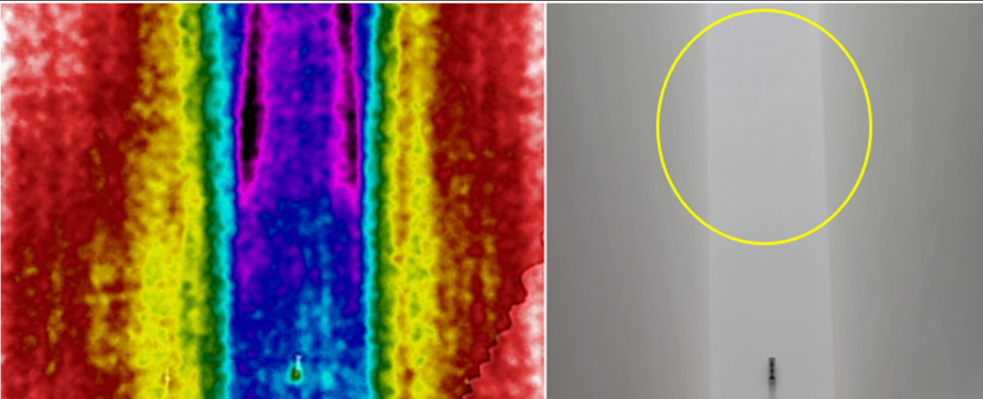
**Objetivo:** Realizar o mapeamento dos cinco pontos do foyer e bar, identificados pela Figura 64. Verificar as não conformidades reportadas pelos serviços técnicos nos pontos 1 e 5. Verificar o estado e condição do espaço.

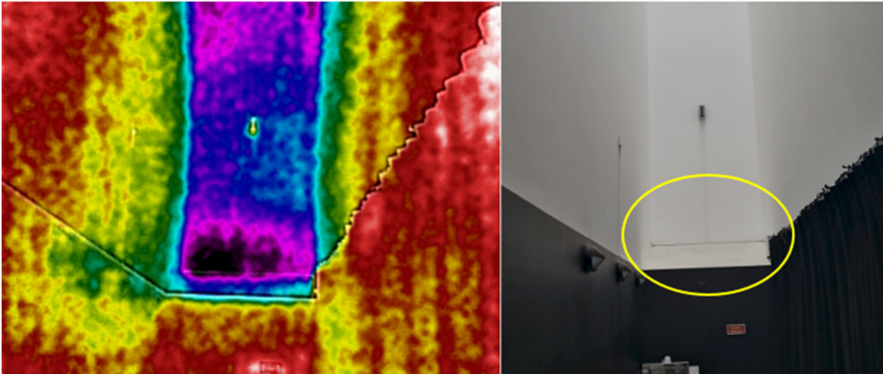
Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Foyer	09/01/2024	
<p>Nota: Confirmação da deterioração das propriedades térmicas do vidro duplo da direita, que na imagem termográfica tem tons verdes, enquanto o vidro que está em perfeitas condições tem tons de amarelo, indicando uma temperatura superior.</p>			
<p>Sugestões de mitigação: Substituição do vidro.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 1 no foyer e bar, identificado pela Figura 64.</p>			
Temperatura máxima		15,3°C	
Temperatura mínima		12,5°C	
Requere nova análise		Não	

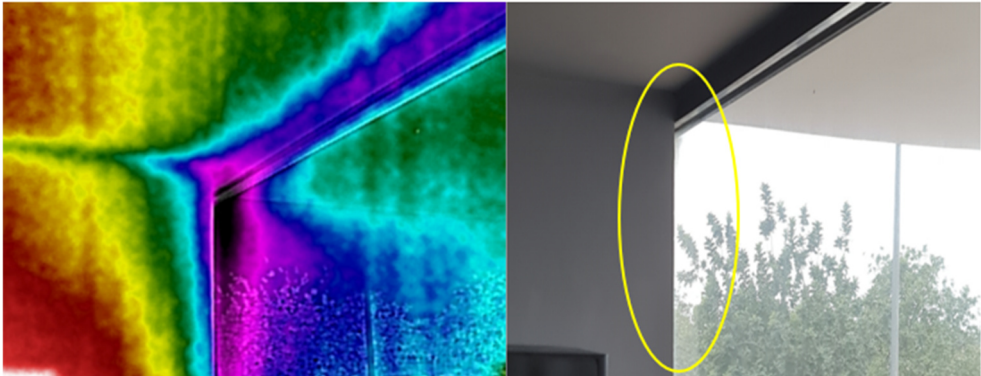
Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Foyer	09/01/2024	
			
<p><i>Figura 66 – Imagem termográfica e fotografia digital, vidro no bar; pormenor do canto.</i></p> <p>Nota: O vidro perdeu as propriedades térmicas como já referido na Figura 65. É possível verificar esta situação na fotografia digital pela acumulação de humidade e identificado na imagem termográfica em tons de verde.</p>			
Sugestões de mitigação:			
Substituição do vidro.			
Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 1 no foyer e bar, identificado pela Figura 64.			
Temperatura máxima			15,5°C
Temperatura mínima			12,4°C
Requere nova análise			Não


Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Foyer	09/01/2024	
			
<p><i>Figura 67 – Imagem termográfica e fotografia digital, parede Nascente zona do bar do foyer.</i></p> <p>Nota: Movimentação de ar frio e possível acumulação de humidade atrás da parede de pladur. Esta presença é mais significativa no lado direito da imagem, identificado pelas manchas em tons de roxo, identificado pelos círculos A e B.</p>			
Sugestões de mitigação:			
Impermeabilização desta área.			
Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 2 no foyer e bar, identificado pela Figura 64.			
Temperatura máxima			15,5°C
Temperatura mínima			13,8°C
Requere nova análise			Não

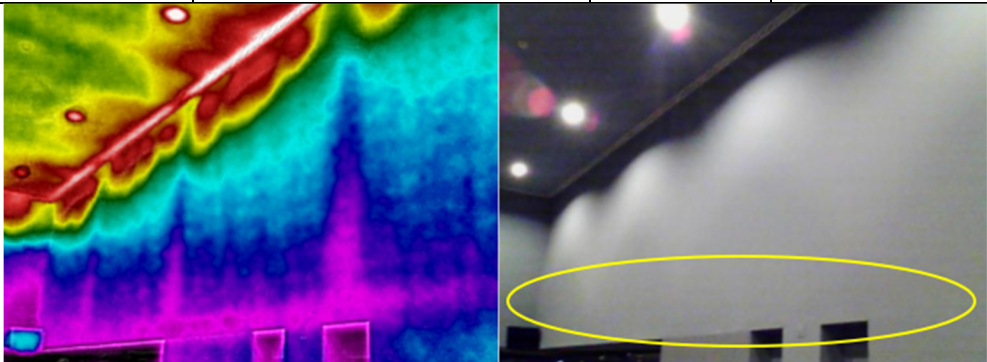
Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade						
Walk-through	Foyer	09/01/2024							
 <p><i>Figura 68 – Imagem termográfica e fotografia digital, parede Norte-Nascente, canto da zona do bar, foyer.</i>  Nota: A zona em tons de roxo e de azul revelam a infiltração de humidade, identificado pelo círculo a amarelo.</p> <p>Sugestões de mitigação:  Impermeabilização desta área.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 2 no foyer e bar, identificado pela Figura 64, canto superior da entrada no auditório lado nascente.</p> <table border="1"> <tr> <td>Temperatura máxima</td> <td>20,4°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura mínima</td> <td>14,3°C</td> </tr> <tr> <td>Requere nova análise</td> <td>Não</td> </tr> </table>				Temperatura máxima	20,4°C	Temperatura mínima	14,3°C	Requere nova análise	Não
Temperatura máxima	20,4°C								
Temperatura mínima	14,3°C								
Requere nova análise	Não								

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade						
Walk-through	Foyer	09/01/2024							
 <p><i>Figura 69 – Imagem termográfica e fotografia digital, conduta de iluminação de luz natural, foyer.</i>  Nota: Acumulação de humidade por trás do pladur proveniente do topo da conduta de iluminação, identificado pelas manchas em tons de roxo.</p> <p>Sugestões de mitigação:  Impermeabilização do topo da claraboia.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 4 no foyer e bar, identificado pela Figura 64.</p> <table border="1"> <tr> <td>Temperatura máxima</td> <td>16,0°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura mínima</td> <td>14,1°C</td> </tr> <tr> <td>Requere nova análise</td> <td>Não</td> </tr> </table>				Temperatura máxima	16,0°C	Temperatura mínima	14,1°C	Requere nova análise	Não
Temperatura máxima	16,0°C								
Temperatura mínima	14,1°C								
Requere nova análise	Não								

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Foyer	09/01/2024	
			
<p><i>Figura 70 – Imagem termográfica e fotografia digital, conduta de iluminação de luz natural.</i></p> <p>Nota: Como já referenciado na Figura 69, existe acumulação de humidade por trás do pladur proveniente do topo da conduta de iluminação.</p> <p>Verifica-se a acumulação de humidade no final da conduta, identificado pelo círculo amarelo.</p>			
<p>Sugestões de mitigação:</p> <p style="padding-left: 40px;">Impermeabilização do topo da claraboia.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 4 no foyer e bar, identificado pela Figura 64.</p>			
Temperatura máxima		16,0°C	
Temperatura mínima		14,1°C	
Requere nova análise		Não	

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Foyer	09/01/2024	
			
<p style="text-align: center;"><i>Figura 71 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto Norte-Poente, foyer.</i></p> <p>Nota: Infiltração de ar frio proveniente da rua devido à estrutura danificada da caixilharia.</p> <p>Embora a infiltração esteja localizada na parte inferior da caixilharia, a imagem termográfica leva-nos a suspeitar da parte superior da caixilharia.</p> <p>Esta situação ocorre devido à circulação de ar provocada pelo vento, que estava a fazer o varrimento do vidro de baixo para cima, resultando numa temperatura inferior no canto superior, identificado pelo círculo amarelo.</p> <p>Este dano já era conhecido antes da auditoria termográfica, tinha sido reportado pelos serviços técnicos.</p>			
<p>Sugestões de mitigação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reparação da caixilharia.</li> <li>Substituição do silicone em torno da moldura da caixilharia.</li> </ul>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 5 no foyer e bar, identificado pela Figura 64.</p>			
Temperatura máxima		17,5°C	
Temperatura mínima		11,5°C	
Requere nova análise		Não	

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Foyer	09/01/2024	
			
<p>Figura 72 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto da parede poente e parede norte do foyer.  Nota: Como já referido na Figura 71, infiltração de ar frio proveniente do exterior.</p>			
<p>Sugestões de mitigação:  Reparação da caixilharia.  Substituição do silicone em torno da moldura da caixilharia.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 5 no foyer e bar, identificado pela Figura 64.</p>			
Temperatura máxima			21,9°C
Temperatura mínima			12,2°C
Requere nova análise			Não

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Foyer	11/01/2024	
			
<p>Figura 73 – Imagem termográfica e fotografia digital, área do bar.  Nota: Acumulação de humidade atrás do pladur detetável pelas manchas em tons de roxo.</p>			
<p>Sugestões de mitigação:  Impermeabilização da área.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 4 no foyer e bar, identificado pela Figura 64, vista da parede identificada pelo ponto 1,2 e 3.</p>			
Temperatura máxima			25,8°C
Temperatura mínima			14,0°C
Requere nova análise			Não

## Auditoria ao interior – Gabinete Técnico

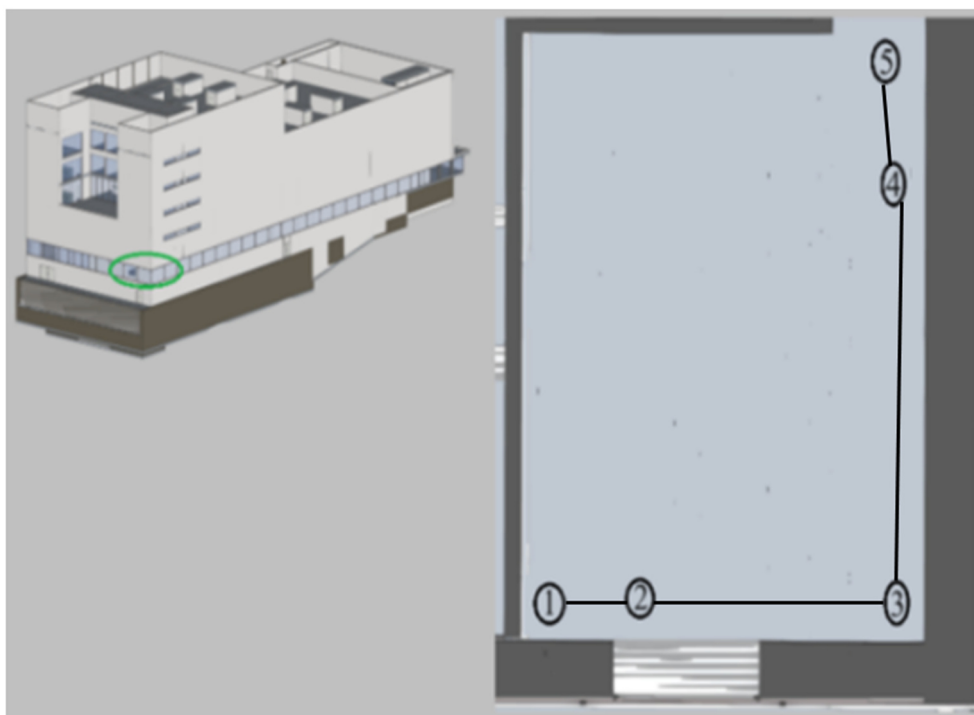
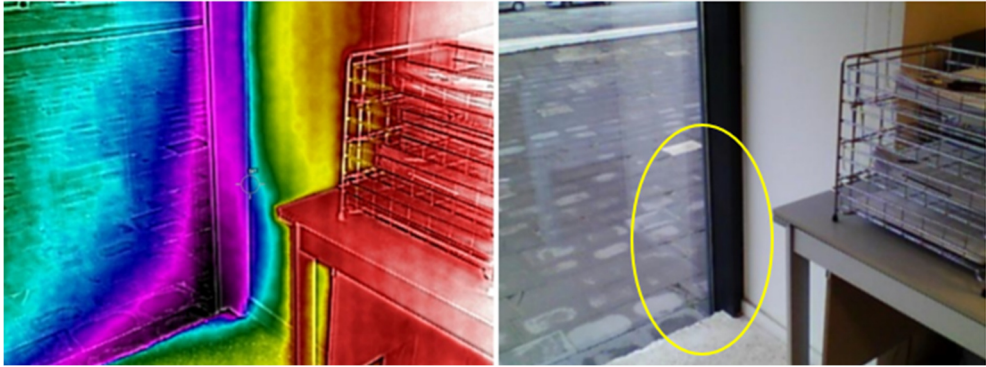


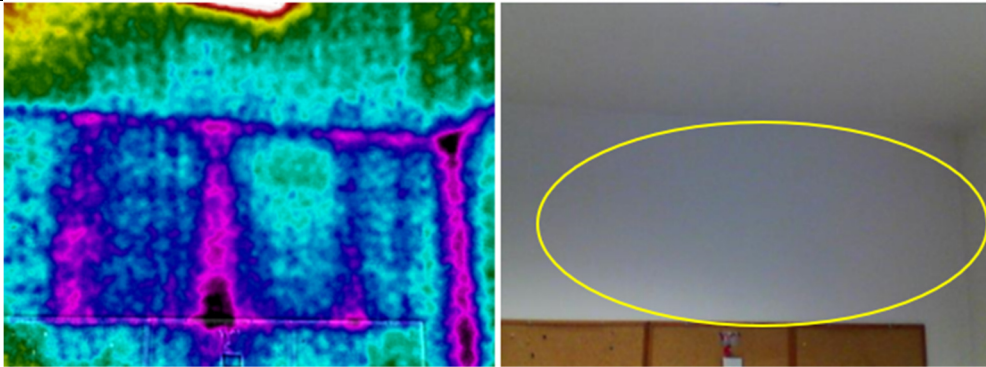
Figura 74 – Protocolo de auditoria interna, gabinete técnico.

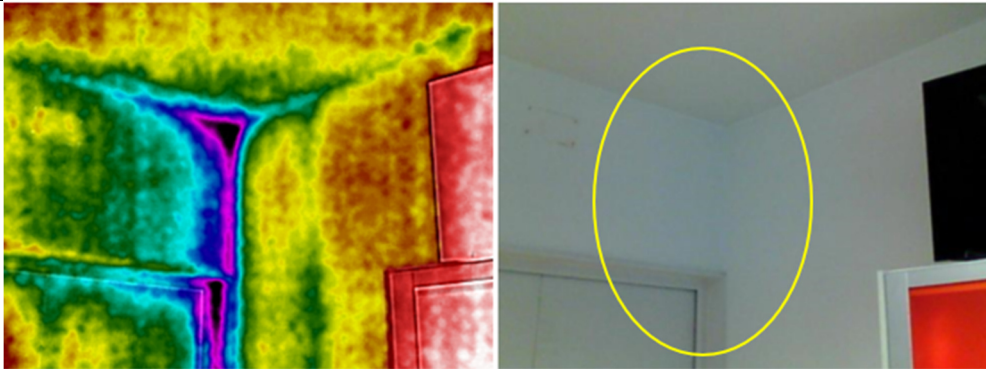
O protocolo de inspeção ao gabinete técnico, baseou-se na inspeção walk-through.

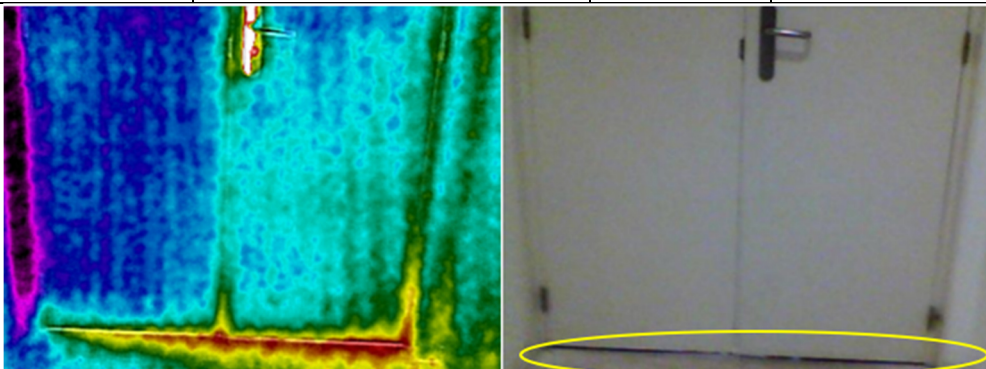
**Objetivo:** Realizar o mapeamento dos cinco pontos do gabinete técnico, identificados pela Figura 74. Verificar o estado e condição do espaço.


Tipo de inspeção	Identificação	Visita	
Walk-through	Gabinete técnico	09/01/2024	<b>Não conformidade</b>
<p>Figura 75 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto da parede sul do gabinete técnico.</p> <p>Nota: Infiltração e acumulação de humidades e circulação de ar frio atrás do pladur, identificado pelo círculo a amarelo.</p>			
<p>Sugestões de mitigação: Impermeabilização.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto1 no gabinete técnico, identificado pela Figura 74.</p>			
Temperatura máxima medida		21,1°C	
Temperatura mínima medida		19,9°C	
Requere nova análise		Não	

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Gabinete técnico	09/01/2024	
			
<p><i>Figura 76 – Imagem termográfica e fotografia digital, janela do gabinete técnico.</i></p> <p>Nota: Infiltração e circulação de ar frio através da caixilharia, identificada pelo círculo a amarelo.</p>			
Sugestões de mitigação: Instalação de silicone em torno da moldura da caixilharia.			
Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 2 no gabinete técnico, identificado pela Figura 74.			
Temperatura máxima		20,2°C	
Temperatura mínima		13,6°C	
Requere nova análise		Não	

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Gabinete técnico	09/01/2024	
			
<p><i>Figura 77 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto da parede Nascente – Sul.</i></p> <p>Nota: Acumulação de humidade, infiltração e circulação de ar frio atrás do pladur, identificado pelas manchas em tons de roxo.</p>			
Sugestões de mitigação: Impermeabilização da parede.			
Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 3 no gabinete técnico, identificado pela Figura 74.			
Temperatura máxima		20,9°C	
Temperatura mínima		19,2°C	
Requere nova análise		Não	

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade						
Walk-through	Gabinete técnico	09/01/2024							
 <p><i>Figura 78 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto da parede Nascente junto à porta.</i></p> <p>Nota: Acumulação de humidade no canto superior por cima da porta. Infiltração e circulação de ar frio pelo canto superior direito da porta. Ambas as situações identificadas pelo círculo a amarelo.</p> <p>Sugestões de mitigação: Instalação de borrachas na porta de forma a melhorar o isolamento.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 4 no gabinete técnico, identificado pela Figura 74.</p> <table border="1"> <tr> <td>Temperatura máxima</td> <td>19,8°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura mínima</td> <td>17,6°C</td> </tr> <tr> <td>Requere nova análise</td> <td>Não</td> </tr> </table>				Temperatura máxima	19,8°C	Temperatura mínima	17,6°C	Requere nova análise	Não
Temperatura máxima	19,8°C								
Temperatura mínima	17,6°C								
Requere nova análise	Não								

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade						
Walk-through	Gabinete técnico	09/01/2024							
 <p><i>Figura 79 – Imagem termográfica e fotografia digital, vista inferior da porta de acesso ao gabinete técnico.</i></p> <p>Nota: Acumulação de humidade à esquerda da porta, identificado pela mancha a roxo. É possível verificar a perda de calor pela parte inferior da porta, identificado no interior do círculo amarelo.</p> <p>Sugestões de mitigação: Instalação de borrachas na porta de forma a melhorar o isolamento.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 5 no gabinete técnico, identificado pela Figura 74, vista do exterior do gabinete.</p> <table border="1"> <tr> <td>Temperatura máxima</td> <td>19,0°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura mínima</td> <td>16,2°C</td> </tr> <tr> <td>Requere nova análise</td> <td>Não</td> </tr> </table>				Temperatura máxima	19,0°C	Temperatura mínima	16,2°C	Requere nova análise	Não
Temperatura máxima	19,0°C								
Temperatura mínima	16,2°C								
Requere nova análise	Não								

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Gabinete técnico	09/01/2024	
			
<p>Figura 80 – Imagem termográfica e fotografia digital, vista superior da porta de acesso ao gabinete técnico.</p> <p>Nota: Acumulação de humidade à direita da porta, identificado pela mancha em tons de roxo. É também possível verificar a perda de calor pela porta da direita, junto á moldura da porta, identificado pelo círculo amarelo.</p>			
<p>Sugestões de mitigação: Instalação de borrachas na porta de forma a melhorar o isolamento.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 5 no gabinete técnico, identificado pela Figura 74, vista do exterior do gabinete.</p>			
Temperatura máxima		18,0°C	
Temperatura mínima		15,8°C	
Requere nova análise		Não	

### Auditoria ao exterior – Piso 3 (Átrio do Bar)

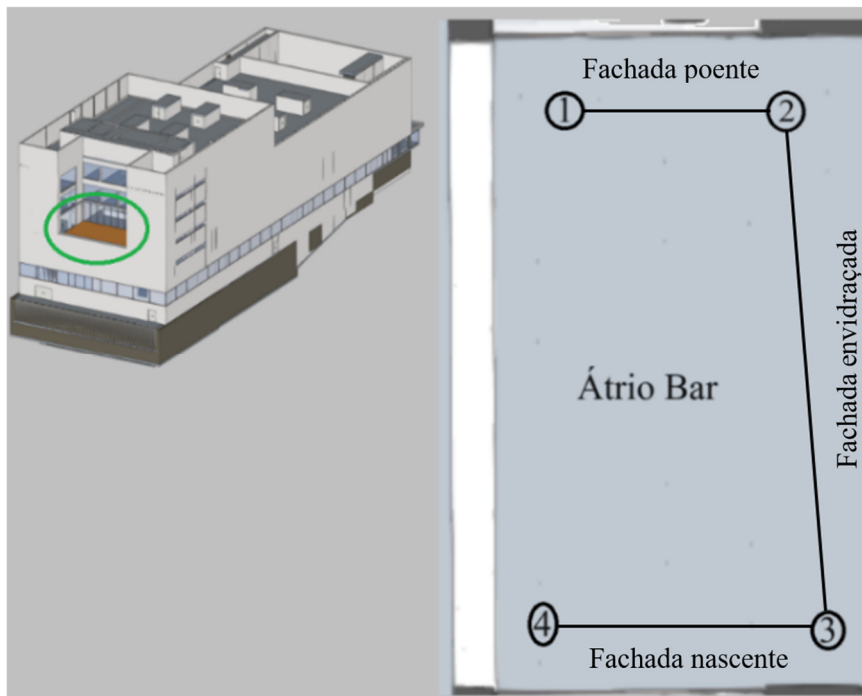
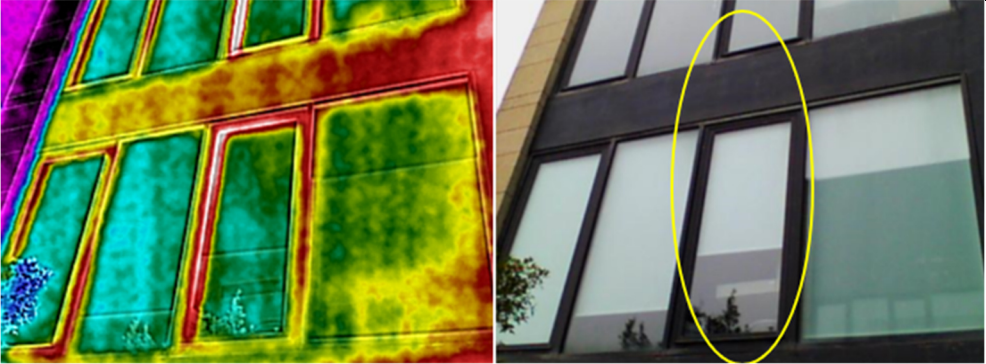
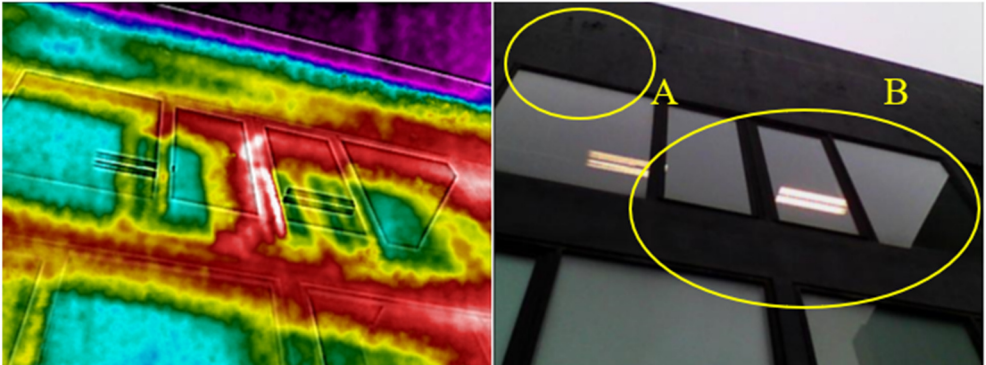


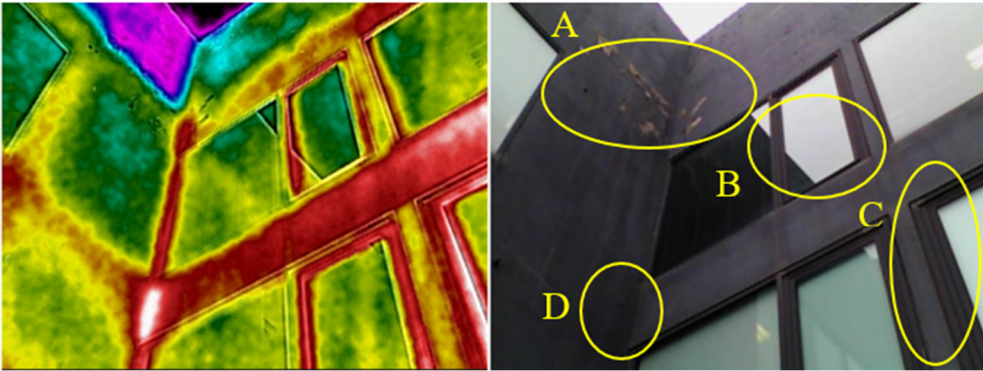
Figura 81– Protocolo de auditoria externa, Piso 3 - Átrio do bar.

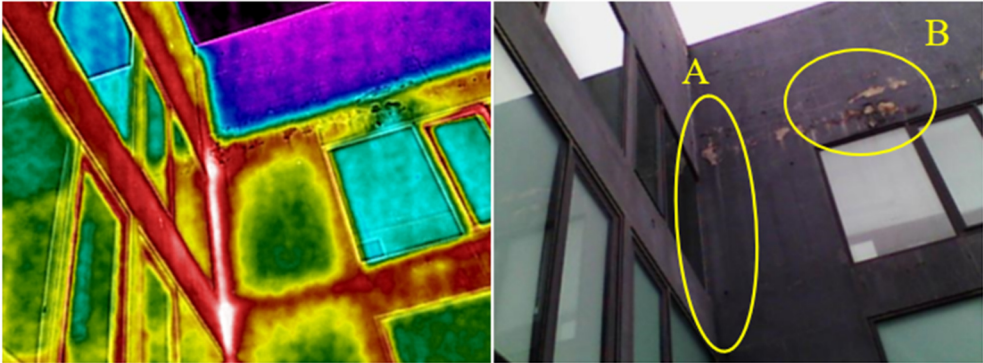
O protocolo de inspeção ao átrio do Bar no piso 3, baseou-se na inspeção walk-around.

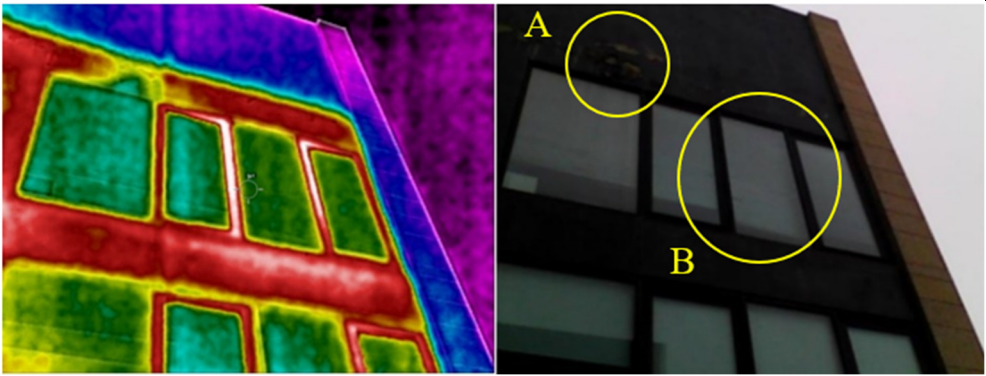
**Objetivo:** Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas nos quatro pontos identificados na Figura 81.

Tipo de inspeção	Identificação	Visita							
Walk-around	Piso 3 – Átrio do Bar	09/01/2024	<b>Não conformidade</b>						
 <p><i>Figura 82 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto poente do átrio do bar.</i></p> <p>Nota: Perda de calor através da caixilharia do 3º e 4º piso, em especial pelas portas, identificado pelo círculo.</p> <p>Sugestões de mitigação: Substituição das borrachas das portas de forma a melhora as perdas de calor.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas no ponto 1 identificado na Figura 81.</p> <table border="1"> <tr> <td>Temperatura máxima</td> <td>11,4°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura mínima</td> <td>8,1°C</td> </tr> <tr> <td>Requere nova análise</td> <td>Não</td> </tr> </table>				Temperatura máxima	11,4°C	Temperatura mínima	8,1°C	Requere nova análise	Não
Temperatura máxima	11,4°C								
Temperatura mínima	8,1°C								
Requere nova análise	Não								

Tipo de inspeção	Identificação	Visita							
Walk-around	Piso 3 – Átrio do Bar	09/01/2024	<b>Não conformidade</b>						
 <p><i>Figura 83 – Imagem termográfica e fotografia digital, caixilharia do 4º e 5º Pisos.</i></p> <p>Nota: Infiltração de humidade e de água pela parte superior da caixilharia no 5º piso, identificado pelo círculo A.</p> <p>Perda de calor através das portas da caixilharia no 5º piso e no topo da caixilharia do 4º piso, identificado pelo círculo B.</p> <p>Sugestões de mitigação: Substituição do silicone da moldura da caixilharia do 4º e 5º pisos. Instalação de borrachas nas portas da caixilharia nos 4º e 5º pisos.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas no ponto 2 identificado na Figura 81.</p> <table border="1"> <tr> <td>Temperatura máxima</td> <td>12,2°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura mínima</td> <td>7,4°C</td> </tr> <tr> <td>Requere nova análise</td> <td>Não</td> </tr> </table>				Temperatura máxima	12,2°C	Temperatura mínima	7,4°C	Requere nova análise	Não
Temperatura máxima	12,2°C								
Temperatura mínima	7,4°C								
Requere nova análise	Não								

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Piso 3 – Átrio do Bar	09/01/2024	
 <p><i>Figura 84 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto parede Poente-Sul, vista do átrio do bar.</i></p> <p>Nota: Infiltração de humidade e de água no 5º piso junto ao canto Poente-Sul através da platibanda, identificado pelo círculo A.</p> <p>Perda de calor pela moldura da caixilharia do 5º piso, identificado pelo círculo B.</p> <p>Perda de calor através da porta da caixilharia no 4º piso, identificado pelo círculo C.</p> <p>Acumulação de calor na ponte térmica, no 4º piso, identificado pelo círculo D.</p> <p>Esta infiltração já está a provocar a queda da pintura e parte do reboco.</p> <p>Sugestões de mitigação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Instalação de borrachas na porta da caixilharia no 4º piso.</li> <li>Substituição do silicone da moldura da caixilharia no 4º e 5º piso.</li> <li>Impermeabilização da fachada do átrio do bar, com especial atenção à platibanda do lado interior, superior e exterior, até à base do átrio do bar, de forma a eliminar a infiltração de humidade e água no 5º piso.</li> <li>Reparação do reboco em falta e pintura da parede exterior.</li> </ul> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas no ponto 2 identificado na Figura 81.</p>			
Temperatura máxima			11,2°C
Temperatura mínima			7,7°C
Requere nova análise			Não

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Piso 3 – Átrio do Bar	09/01/2024	
 <p><i>Figura 85 – Imagem termográfica e fotografia digital, vista da parede sul, 5º piso.</i></p> <p>Nota: Acumulação e perda de calor através da ponte térmica no canto Nascente-Sul, identificado pelo círculo A. Infiltração de humidade e água no 5º piso, na parte superior da caixilharia, identificado pelo círculo B.</p> <p>Sugestões de mitigação:  Substituição do silicone da moldura da caixilharia no 5º piso.  Impermeabilização da fachada do átrio do bar, com especial atenção à platibanda do lado interior superior e exterior, até à base do átrio do bar, de forma a eliminar a infiltração de humidade e água no 5º piso.  Reparação do reboco em falta e pintura da parede exterior.</p>			
Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas no ponto 3 identificado na Figura 81.			
Temperatura máxima		11,2°C	
Temperatura mínima		7,7°C	
Requere nova análise		Não	

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-around	Piso 3 – Átrio do Bar	09/01/2024	
 <p>Figura 86 – Imagem termográfica e fotografia digital, parede Poente, vista a partir do átrio do bar.</p> <p>Nota: Infiltração de humidade e de água no 5º piso na parte superior da caixilharia, identificado pelo círculo A.</p> <p>Perda de calor pela porta da caixilharia, identificado pelo círculo B.</p> <p>Sugestões de mitigação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Substituição do silicone da moldura da caixilharia no 5º piso.</li> <li>Instalação de borrachas na porta da caixilharia no 5º piso.</li> <li>Impermeabilização da fachada do átrio do bar, com especial atenção à platibanda do lado interior, superior e exterior, até à base do átrio do bar de forma a eliminar a infiltração de humidade e água no 5º piso.</li> <li>Reparação do reboco em falta e pintura da parede exterior.</li> </ul> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas no ponto 4 identificado na Figura 81.</p>			
Temperatura máxima		11,9°C	
Temperatura mínima		7,8°C	
Requere nova análise		Não	

### Auditoria ao interior – Piso 3 (Bar)

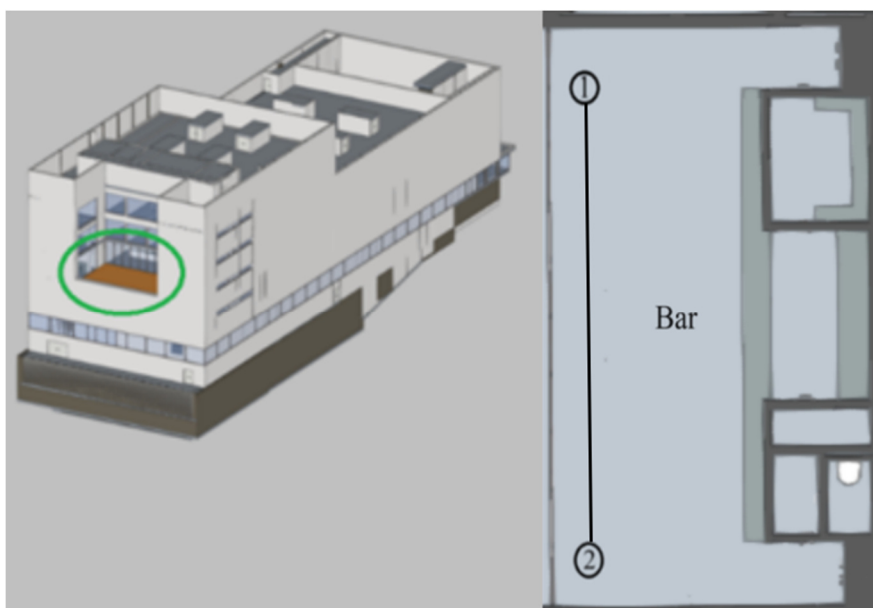
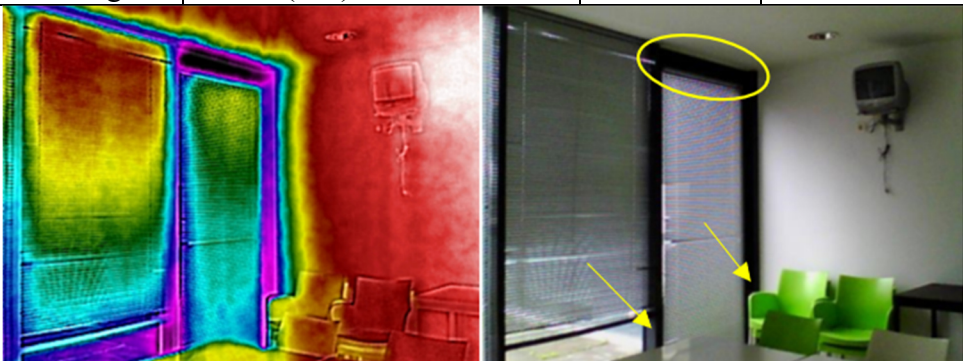
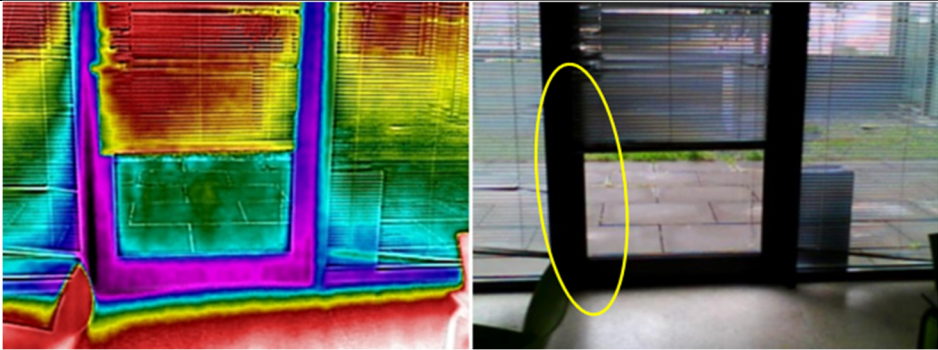


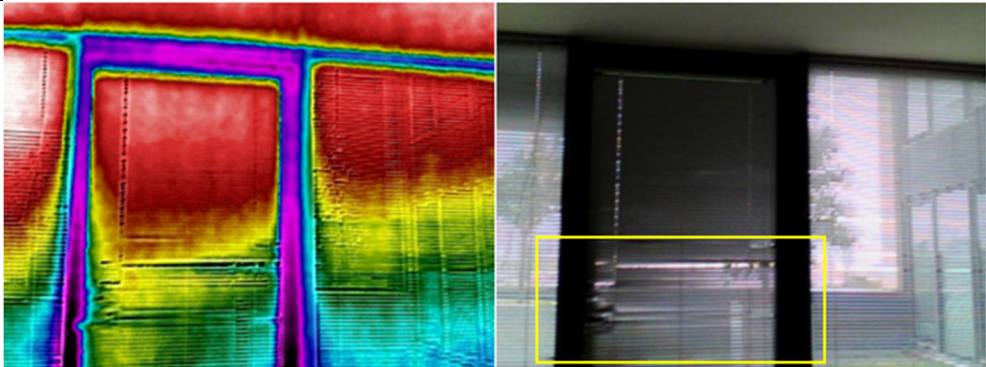
Figura 87 – Piso 3 (Bar).

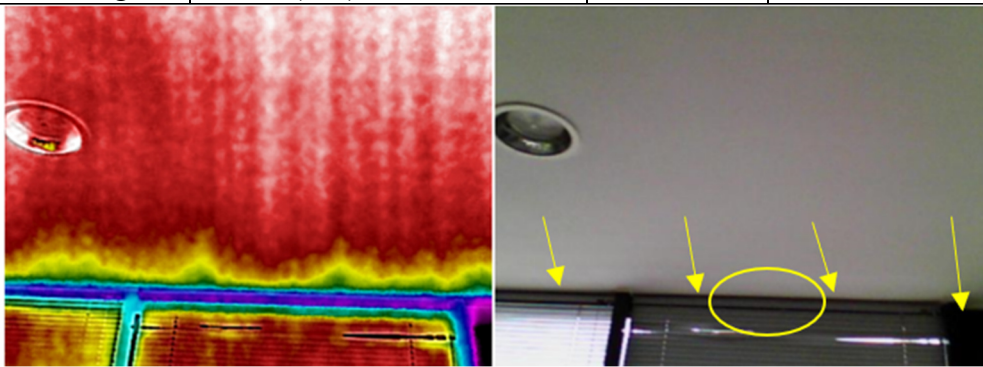
O protocolo de inspeção ao Bar no piso 3, baseou-se na inspeção walk-through.

**Objetivo:** Realizar o mapeamento de todos os pontos das superfícies da envolvente envidraçada identificados na Figura 87.

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Piso 3 (Bar)	09/01/2024	
 <p><i>Figura 88 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto poente do bar.</i></p> <p>Nota: Infiltração de ar frio através do topo da porta da caixilharia, identificado pelo círculo a amarelo, e na parte inferior da porta, identificada pelas setas.</p> <p>Sugestões de mitigação:            Instalação de borrachas na porta, para melhorar o isolamento.            Substituição do silicone da moldura da caixilharia.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 1 das superfícies da envolvente envidraçada identificados na Figura 87.</p>			
Temperatura máxima			20,3°C
Temperatura mínima			13,9°C
Requere nova análise			Não

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Piso 3 (Bar)	09/01/2024	
 <p><i>Figura 89 – Imagem termográfica e fotografia digital, porta de acesso ao átrio do bar 3º Piso, vista inferior.</i></p> <p>Nota: Infiltração de ar frio através do lado esquerdo inferior da porta, identificado pelo círculo a amarelo.</p> <p>Sugestões de mitigação:            Instalação de borrachas na porta, para melhorar o isolamento.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 1 para o ponto 2 das superfícies da envolvente envidraçada identificados na Figura 87.</p>			
Temperatura máxima			19,2°C
Temperatura mínima			12,7°C
Requere nova análise			Não

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Piso 3 (Bar)	09/01/2024	
 <p><i>Figura 90 – Imagem termográfica e fotografia digital, porta de acesso ao átrio do bar 3º Piso vista superior.</i></p> <p>Nota: A borracha isoladora da caixilharia que sela a porta está em más condições do meio da porta para baixo, o que faz com que existam fugas de ar frio, identificado pelo retângulo a amarelo.</p>			
Sugestões de mitigação: Substituição da borracha isoladora da porta.			
Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 1 para o ponto 2 das superfícies da envolvente envidraçada identificados na Figura 87.			
Temperatura máxima			19,5°C
Temperatura mínima			14,0°C
Requere nova análise			Não

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Piso 3 (Bar)	09/01/2024	
 <p><i>Figura 91 – Imagem termográfica e fotografia digital, parte superior da caixilharia do bar.</i></p> <p>Nota: Pequenas infiltrações de ar frio ao longo da caixilharia, identificado pelas setas; o círculo demonstra o comportamento esperado.</p>			
Sugestões de mitigação: Substituição do silicone da moldura da caixilharia.			
Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 1 para o ponto 2 das superfícies da envolvente envidraçada identificados na Figura 87.			
Temperatura máxima			19,7°C
Temperatura mínima			13,8°C
Requere nova análise			Não

## Auditoria ao interior – Gabinete da Direcção, (5º Piso)

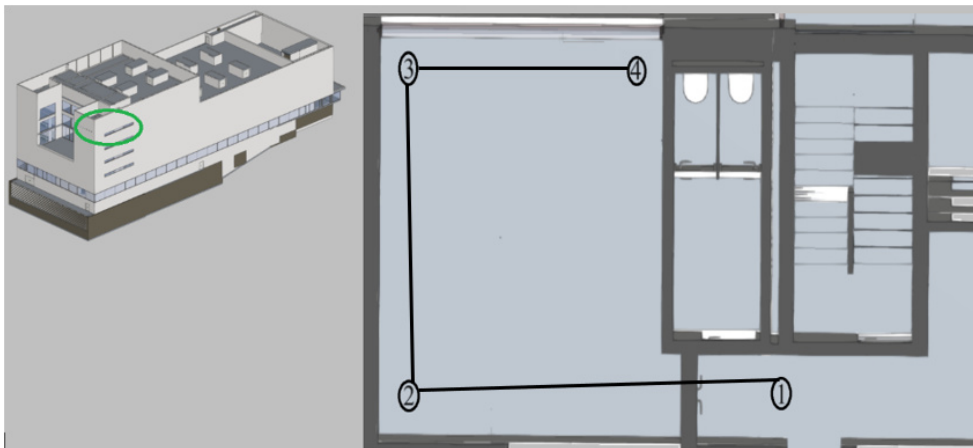
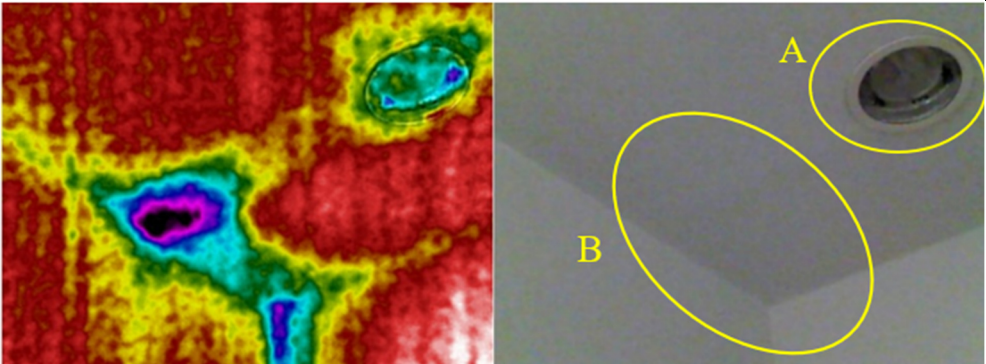
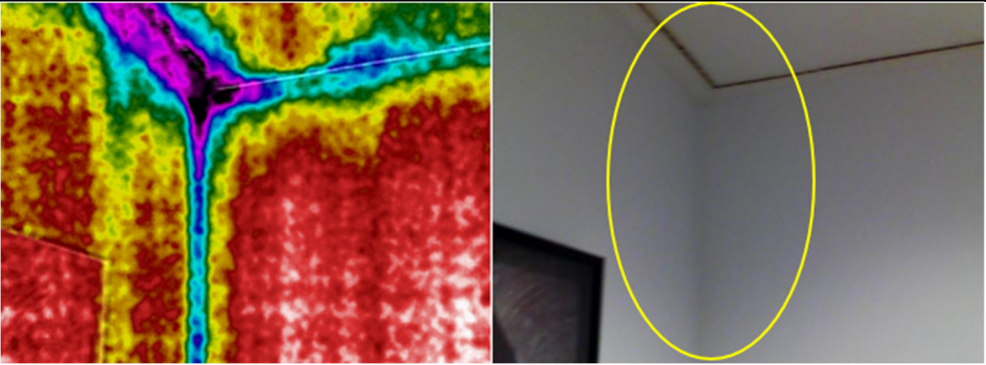


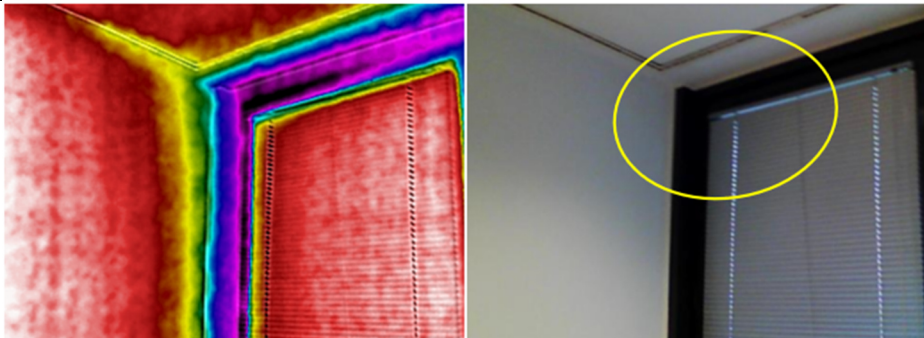
Figura 92 – Gabinete da direcção.

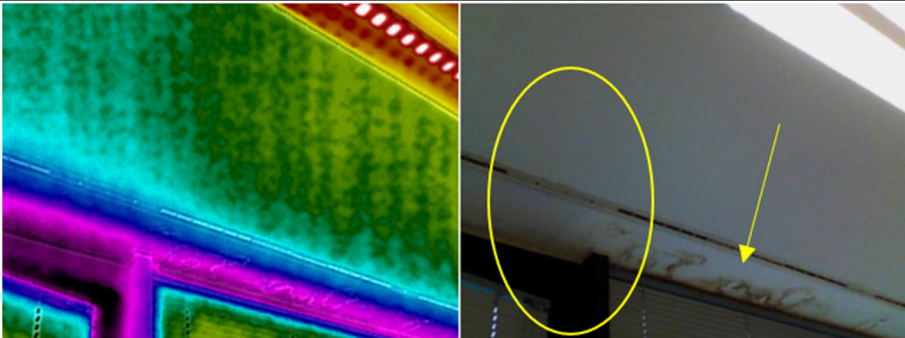
**Objetivo:** Realizar o mapeamento dos cinco pontos no gabinete da direcção, identificados na Figura 92.

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Gabinete da Direcção	09/01/2024	
<p>Figura 93 – Imagem termográfica e fotografia digital, janela no corredor de acesso ao gabinete da direcção.            Nota: Infiltração de ar frio e humidade através da caixilharia; o silicone da moldura da caixilharia aparenta estar comprometido e não está a desempenhar as suas funções, identificado pela seta e pelas manchas em tons de roxo e azul.</p>			
<p>Sugestões de mitigação:            Substituição do silicone da moldura da caixilharia da janela.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 1 no gabinete da direcção, identificado na Figura 92.</p>			
Temperatura máxima		17,0°C	
Temperatura mínima		10,0°C	
Requere nova análise		Não	

Tipo de inspecção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Gabinete da Direcção	09/01/2024	
 <p><i>Figura 94 – Imagem termográfica e fotografia digital, teto junto à porta de acesso ao gabinete da direcção.</i></p> <p>Nota: A luminária apresenta a acumulação de humidade e água, identificado pelo círculo A.</p> <p>Acumulação de humidade e água na parte superior do teto falso, com vestígios de água acumulada, identificado pelo círculo B.</p> <p>Sugestões de mitigação: Esta situação requer pesquisa para se identificar a origem da infiltração; no entanto, a impermeabilização da cobertura deve ser contemplada.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 1 no gabinete da direcção, identificado na Figura 92.</p>			
Temperatura máxima			17,6°C
Temperatura mínima			16,1°C
Requere nova análise			Não

Tipo de inspecção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Gabinete da Direcção	09/01/2024	
 <p><i>Figura 95 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto nascente – sul do gabinete da direcção.</i></p> <p>Nota: A área em tons de roxo e azul identifica a presença de humidade atrás das paredes em pladur, identificado pelo círculo a amarelo.</p> <p>Sugestões de mitigação: Esta situação requer pesquisa para se identificar a origem da infiltração, no entanto a impermeabilização da cobertura deve ser contemplada.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 2 no gabinete da direcção, identificado na Figura 92.</p>			
Temperatura máxima			17,0°C
Temperatura mínima			15,9°C
Requere nova análise			Não

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Gabinete da Direcção	09/01/2024	
 <p>Figura 96 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto da parede sul e janela poente do gabinete da direcção. Nota: Infiltração de humidade pela caixilharia no topo esquerdo, identificado pelo círculo amarelo.</p>			
Sugestões de mitigação: Substituição do silicone da moldura da caixilharia.			
Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 3 no gabinete da direcção, identificado na Figura 92.			
Temperatura máxima			16,6°C
Temperatura mínima			12,3°C
Requere nova análise			Não

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Não conformidade
Walk-through	Gabinete da Direcção	09/01/2024	
 <p>Figura 97 – Imagem termográfica e fotografia digital, parte superior da caixilharia da janela do gabinete da direcção. Nota: Infiltração de humidade ar e água pela parte superior da caixilharia no topo direito da porta, identificado pelo círculo amarelo. Em tons de azul é possível verificar a infiltração da cobertura, já com vestígios no teto falso, identificado pela seta. Como já foi mencionado nas Figuras 85 e 86, que analisou a imagem recolhida do exterior, esta zona requer um plano de reparação da infiltração.</p>			
Sugestões de mitigação: Impermeabilização da cobertura. Elaboração de um plano de reparação da infiltração.			
Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 4 no gabinete da direcção, identificado na Figura 92.			
Temperatura máxima			28,4°C
Temperatura mínima			11,9°C
Requere nova análise			Não

## Quadro Geral

O protocolo de inspeção ao quadro geral, baseou-se na inspeção walk-through.

**Objetivo:** Realizar o mapeamento do quadro geral.

### Condições Ideais para o interior:

- **Horário:** Durante o dia.
- **Temperatura:** A temperatura do interior deve estar pelo menos 5°C acima da temperatura do exterior durante 24 horas antes da auditoria.
- **Pressão:** Pressurização do interior das divisões em 10 Pa.
- **Condições Meteorológicas:** Não se aplica.
- **Objetivos:**
  - Caracterização do sistema elétrico

### Procedimento

- Efetuar a captura de imagens termográficas do quadro geral.

A auditoria termográfica ao quadro geral foi feita em duas visitas com o objetivo de comparar o comportamento dos consumos de eletricidade de acordo com a ocupação do edifício.

Na primeira visita, observou-se que o consumo de eletricidade no edifício estava mais concentrado nos circuitos do bloco A. Na segunda visita, coincidiu com uma ocupação total do auditório, o que proporcionou observar o comportamento do consumo da alimentação em plena carga dos blocos B e C.

Durante as visitas, foram recolhidas imagens termográficas que depois de analisadas, os resultados foram “Em Conformidade” e “Inconclusivo”.

Em consequência dos resultados obtidos, os relatórios das imagens termográficas estão no apêndice na secção da termografia.

### Auditoria ao sistema AVAC (Interior do edifício)

A auditoria termográfica ao sistema de AVAC também foi realizada em duas visitas distintas. A primeira tinha o objetivo de comparar os consumos de eletricidade, a segunda auditoria ao sistema AVAC serviu para inspecionar o sistema em pleno funcionamento.

Na primeira visita, não foi possível fazer capturar de imagens termográficas porque o sistema de AVAC estava desligado. Já na segunda visita, foi possível observar o comportamento do sistema em plena carga e capturar imagens termográficas que, após análise, apresentaram os resultados “Em Conformidade” e “Inconclusivo”.

Com base nos resultados obtidos, os relatórios das imagens termográficas estão apresentados no apêndice, na secção de termografia.

#### 4.2.4 Caracterização dos dados de Consumo Elétrico

Para analisar o consumo do edifício, solicitámos aos serviços técnicos do teatro os registos de consumos de energia. Os serviços técnicos disponibilizaram as informações que tinham disponíveis.


DETALHES DA FATURA						
 <b>Eletricidade</b>	Período a Faturar		Quantidades (kWh/kVArh/kW)	Preço Unit.	Nº Dias	% IVA
	Data início	Data fim				
<b>Energia Ativa</b>						
Componente Indexada OMEL	01/11/2018	16/12/2018	44.345,0000	0,076246 €		23%
<b>Redes</b>						
Redes Super Vazio (SV)	01/11/2018	16/12/2018	2.250,0000	0,021400 €		23%
Redes Vazio Normal (VN)	01/11/2018	16/12/2018	12.266,0000	0,022100 €		23%
Redes Ponta (P)	01/11/2018	16/12/2018	8.260,0000	0,049000 €		23%
Redes Cheia (C)	01/11/2018	16/12/2018	21.569,0000	0,041300 €		23%
Potência Contratada	01/11/2018	16/12/2018	465,0000	0,034900 €	46	23%
Potência Horas de Ponta	01/11/2018	16/12/2018	53,2903	0,214700 €	46	23%
Escalão 1 de En.React.cons.FV	01/11/2018	16/12/2018	2.982,9500	0,009174 €		23%
Escalão 2 de En.React.cons.FV	01/11/2018	16/12/2018	2.982,9500	0,027800 €		23%
Escalão 3 de En.React.cons.FV	01/11/2018	16/12/2018	9.970,2500	0,083400 €		23%
<b>Obrigações Tributárias (exceto IVA)</b>						
Imposto sobre Cons. Eletricidade	01/11/2018	16/12/2018	44.345,0000	0,001000 €		23%
Contribuição Áudio-Visual	01/11/2018	30/11/2018	1,0000	2,850000 €		6%
Contribuição Áudio-Visual	01/12/2018	16/12/2018	1,0000	2,850000 €		6%
<b>Total (antes de IVA a 6%)</b>						<b>6%</b>
<b>Total (antes de IVA a 23%)</b>						<b>23%</b>
<b>Total (antes de IVA)</b>						

Figura 98 – Fatura de eletricidade.

Entre esses dados foram disponibilizados uma fatura de electricidade (Figura98), referente ao período de faturação de 01 de Novembro de 2018 a 16 de Dezembro de 2018, com alguns dados a serem apresentados na Figura 98, bem como uma folha de Excel com os registos de consumo mensais de electricidade e gás no período entre 31 de Janeiro de 2019 a 03 de Novembro de 2022 (ver Tabela 8).

	2019	2020	2021	2022
Janeiro	929	13592	5632	5800
Fevereiro	17739	6858	3024	9628
Março	18291	1707	2076	12400
Abril	19804	1652	5368	14489
Maiο	14268	1787	9227	11621
Junho	19816	5175	11825	15873
Julho	16965	9861	20245	23352
Agosto	18546	5021	20742	19200
Setembro	19989	15663	23694	18285
Outubro	14383	13794	18715	15541
Novembro	13274	8566	10564	1026
Dezembro	8921	6533	10020	

Tabela 8 – Consumos mensais de energia elétrica em kWh.

Os registos foram interrompidos no início de 2023 devido a um ataque informático que afectou os serviços municipais da Câmara Municipal de Faro. Este incidente comprometeu os registos de gestão técnica do Teatro.

Os serviços técnicos do teatro fizeram inúmeros pedidos à Câmara Municipal de Faro para obter os dados necessários à elaboração deste estudo. Contudo, não obtiveram resposta em tempo oportuno, pelo que se procedeu a uma análise dos dados disponíveis, abrangendo o período de 31 de Janeiro 2019 a 03 de Novembro de 2022.

É importante referir ainda que, desde o início do ano 2023, o Teatro está sem gestão técnica devido ao ataque informático. Em consequência, os consumos de energia elétrica não são controlados como aconteceu durante o período em estudo.

Antes de proceder à análise dos resultados apresentados na tabela 8, é importante referir que, durante o período em estudo, as condições de funcionamento do edifício eram diferentes das que se verificam atualmente pela falta da Gestão Técnica Centralizada (GTC). A GTC deixou de funcionar no início de 2023, devido ao ataque informático. A GTC controlava a climatização do edifício. No corpo A, área mais a sul onde se localizam os serviços do teatro, camarins, pequeno auditório e parte técnica, a climatização era feita apenas para o arrefecimento do espaço. Nos corpos B e C do edifício, área central e norte, a GTC geria a climatização tanto para aquecimento como para arrefecimento. A GTC estava programada para aproveitar as diferenças de temperatura entre o interior e o exterior, ajustando a temperatura conforme as necessidades de climatização e renovação de ar. Esta solução permitia uma poupança de energia significativa, recorrendo menos ao sistema de climatização. A ausência da GTC tem aumentado o consumo de energia elétrica, pois a maioria dos espetáculos ocorre ao fim-de-semana, exigindo que o sistema de climatização em seja ligado com muita antecedência e desligado muito tempo depois. Além disso, sem a modelação do sistema de climatização, quando este é ligado, funciona sempre em carga máxima.

Para exemplificar, num espetáculo realizado no auditório principal a um sábado, entre as 21:00 e as 23:00, a gestão técnica iniciaria o ciclo de climatização por volta das 16:00. Conforme as necessidades, poder-se-ia recorrer à modelação da renovação de ar com a abertura e fecho das portas de desenfumagem, terminando o ciclo de climatização às 23:00. Esta situação faria com que só as UTA do auditório e do foyer, funcionassem durante 7 horas. Atualmente, sem a gestão técnica, não há modelação de temperatura, nem controlo da renovação do ar.

Numa situação semelhante, o sistema de climatização é ligado na sexta-feira por volta das 19:00 e desligado na segunda-feira por volta das 09:00, funcionando 62 horas em vez das 7 horas necessárias.

Para demonstrar o descrito na Tabela 9, está um cálculo aproximado do consumo das UTA's do foyer e do auditório comparando a utilização com GTC versus sem GTC.

					Foyer + Auditório
	UTA Foyer	Arrefecimento	Tempo de Funcionamento	Total kWh	MWh
GTC	Foyer	27,30 kW	7 horas	191,10	1,15
	Auditório	137,00 kW		959,00	
Sem GTC	Foyer	27,30 kW	62 horas	1692,60	10,2
	Auditório	137,00 kW		8494,00	

Tabela 9 – Estimativa de consumos das UTA's comparando a utilização da GTC com o funcionamento sem GTC.

A falta de gestão técnica tem resultado em consumos eléctricos muito superiores ao esperado.

Consultando o cartaz de espetáculos realizados desde o início de 2023, verificamos que situações como a descrita ocorreram várias vezes, pois normalmente os espetáculos acontecem ao fim-de-semana.

#### 4.2.5 Análise de Consumos e dos Custos Mensais com Energia Elétrica

Na Tabela 8 faltam as medições: (1) parciais relativas aos meses de Janeiro 2019 e Novembro 2022, (2) totais relativos ao mês de 2022. Dado o exposto, foi feita uma correcção no mês de janeiro de 2019, através da média dos consumos dos anos seguintes (2020, 2021 e 2022). Procedeu-se da mesma forma para os meses de Novembro e de Dezembro de 2022. Esta correcção foi realizada para que tivéssemos um período completo de quatro anos, aproximado da realidade.

As correcções realizadas originaram a Tabela 10 de consumos, considerada para a análise energética.

	2019	2020	2021	2022
Janeiro	<b>8341</b>	13592	5632	5800
Fevereiro	17739	6858	3024	9628
Março	18291	1707	2076	12400
Abril	19804	1652	5368	14489
Mai	14268	1787	9227	11621
Junho	19816	5175	11825	15873
Julho	16965	9861	20245	23352
Agosto	18546	5021	20742	19200
Setembro	19989	15663	23694	18285
Outubro	14383	13794	18715	15541
Novembro	13274	8566	10564	<b>10801</b>
Dezembro	8921	6533	10020	<b>8491</b>

Tabela 10 – Consumos mensais de energia em kWh corrigidos, acentuados a negrito os meses que foram alterados.

Para calcular o custo de energia eléctrica tem de se considerar a evolução do preço da electricidade. Na factura indicada na Figura 98, a energia ativa é indexada ao OMEL. Para estimar os custos de energia eléctrica subsequentes foi realizado um estudo sobre a evolução do preço da electricidade em média tensão para o período em análise, utilizado a informação fornecida pela ERSE (Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos).

Com a informação disponível, foi construído um perfil de utilização do edifício de acordo com o cartaz de espetáculos realizados e a informação disponível.

Da análise aos registos, foi possível identificar o consumo mínimo de energia necessário ao funcionamento do edifício.

A OMEL é uma sociedade detentora de ações espanhola, proprietária de 50% das duas empresas de gestão do mercado de electricidade na Península Ibérica: OMIE, gerente do mercado diário e intradiário e OMI Polo Português, gerente do mercado a termo e 32,13% da MIBGAS, SA, empresa responsável pela administração do mercado organizado de gás na Península Ibérica (OMI, s.d.).

A componente indexada foi criada na sequência das atividades do Mercado Regional de Eletricidade do Sudoeste da Europa, envolvendo Portugal, Espanha e França. Os reguladores da energia desses três países, ERSE, CNE e CRE, apoiaram o compromisso assumido pelos operadores de mercado diário de energia elétrica EPEX Spot, Nord Pool Spot e OMEL, para o acoplamento dos preços entre os respetivos mercados. O objetivo era conseguir uma coordenação na formação do preço da eletricidade no mercado diário, de uma vasta área da Europa que inclui Portugal, Espanha, França, Alemanha, Áustria, Suíça, Dinamarca, Noruega, Suécia e Finlândia. (ERSE, ERSE, s.d.)

A evolução da inflação em Portugal também foi considerada. Com base na componente indexada OMEL e na inflação, estimaram-se os custos associado à tarifa exposta na Tabela 11.

Evolução da componente indexada OMEL				
	2019	2020	2021	2022
Janeiro	0,076834 €	0,050165 €	0,074383 €	0,247453 €
Fevereiro	0,067054 €	0,044171 €	0,034550 €	0,246007 €
Março	0,060301 €	0,034121 €	0,055619 €	0,347109 €
Abril	0,062090 €	0,021779 €	0,079580 €	0,235332 €
Maio	0,059749 €	0,026179 €	0,082264 €	0,229375 €
Junho	0,057862 €	0,037553 €	0,102082 €	0,208135 €
Julho	0,063071 €	0,042443 €	0,113493 €	0,176245 €
Agosto	0,055104 €	0,044257 €	0,129892 €	0,192668 €
Setembro	0,051648 €	0,051390 €	0,191847 €	0,173119 €
Outubro	0,057862 €	0,044686 €	0,245223 €	0,155911 €
Novembro	0,051635 €	0,051586 €	0,237158 €	0,141412 €
Dezembro	0,041279 €	0,051513 €	0,293255 €	0,118334 €

Tabela 11 – Evolução do preço médio aritmético da componente indexada OMEL.

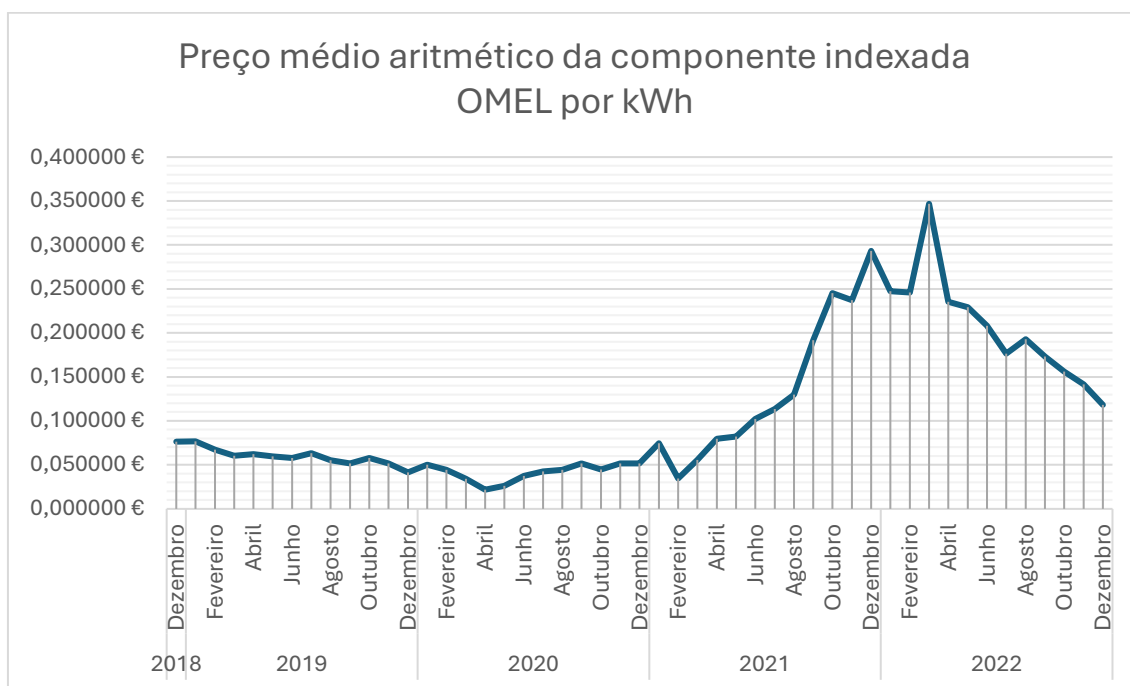


Gráfico 1 – Evolução do preço médio da componente indexada OMEL.

Pela análise ao Gráfico 1 sobre a evolução do preço médio da componente indexada OMEL, é possível identificar que, durante o período de Janeiro de 2019 a Dezembro de 2020 o valor não sofreu alterações significativas.

Contrastando com este período, assistimos a um aumento acentuado do valor da componente indexada OMEL, que se iniciou em Fevereiro de 2021 e culminou em Março de 2022, entrando em queda até Dezembro de 2022.

O aumento da componente indexada OMEL deveu-se, em grande parte, ao início da guerra na Ucrânia.

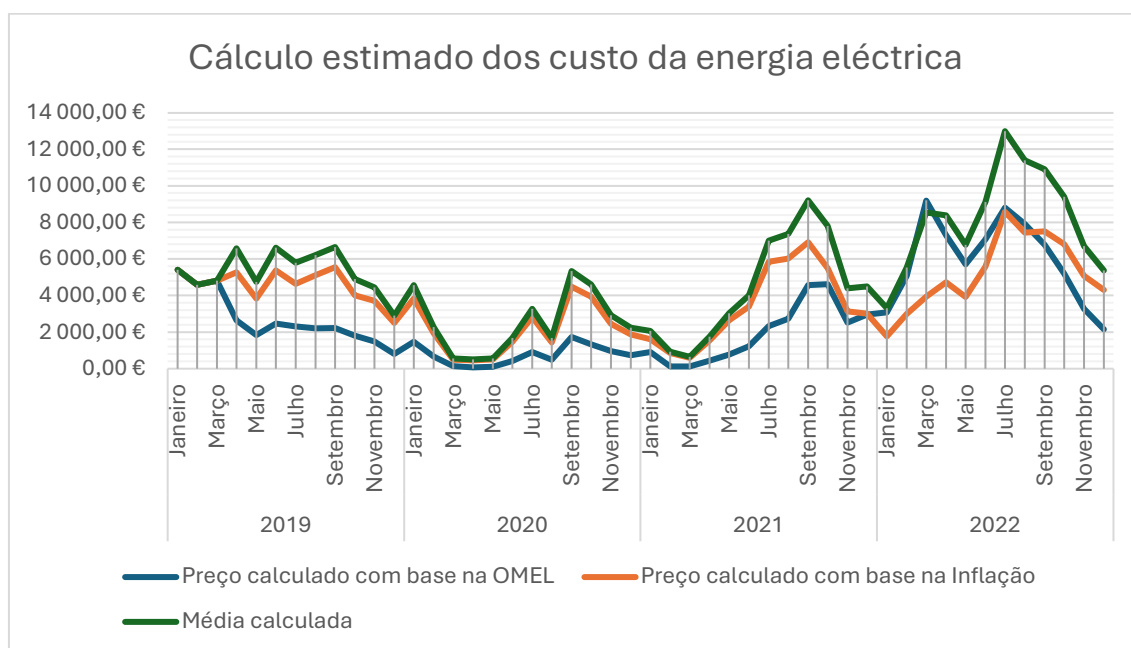


Gráfico 2 – Cálculo estimado dos custos da energia eléctrica.

Embora se trate de valores estimados, a média calculada é utilizada para calcular o retorno dos investimentos sugeridos no capítulo das medidas de melhoria.

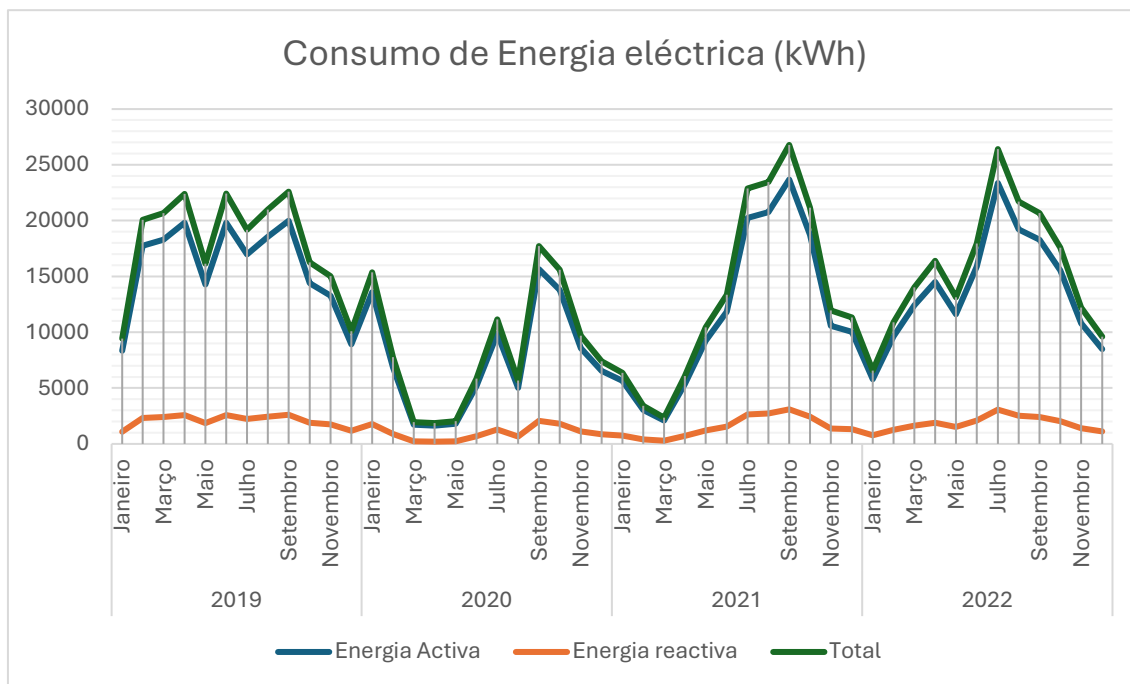


Gráfico 3 – Estimativa do consumo de energia elétrica em kWh.

Da análise ao gráfico de consumo de energia, é possível identificar a redução de consumo nos períodos em que foram decretados os fechos de atividades em espaços fechados, resultante da pandemia de Covid-19.

Adicionalmente, é possível identificar que os períodos do ano com maior consumo de energia elétrica correspondem aos meses de maior calor, indicando que a necessidade de climatização nesses meses é claramente superior à dos meses frios.

#### 4.2.6 Análise de consumos diários no período 15 a 26 de março de 2024

Os dados anteriores dizem respeito aos consumos mensais. Nesta secção analisamos dados obtidos com maior definição temporal, recolhidos no período compreendido entre 15 e 26 de março de 2024.

Para analisar os consumos diários e entender as necessidades de energia elétrica do edifício, foi instalado, à saída do PT (posto de transformação) e antes do quadro geral, um analisador de qualidade de energia trifásica. Os registos foram segmentados pelos dias em que o equipamento esteve em funcionamento. Durante este intervalo, registou-se o consumo de energia elétrica com base em dados recolhidos em intervalos de 10 minutos. A análise visou identificar tendências, padrões, variações e anomalias no consumo.

A Tabela 12 apresenta os valores obtidos agrupados por dia de consumo:

Dia da semana	Data	kWh
6ª Feira	15/03/2024	47,703
Sábado	16/03/2024	101,930
Domingo	17/03/2024	27,719
2ª Feira	18/03/2024	22,628
3ª Feira	19/03/2024	79,739
4ª Feira	20/03/2024	103,972
5ª Feira	21/03/2024	170,225
6ª Feira	22/03/2024	124,431
Sábado	23/03/2024	344,135
Domingo	24/03/2024	398,526
2ª Feira	25/03/2024	482,575
3ª Feira	26/03/2024	201,195

Tabela 12 – Valores obtidos no analisador trifásico.

Como no dia da instalação do equipamento e no da recolha não se totalizou um período de 24 horas, estes valores não foram considerados.

No Gráfico 4, está a evolução do consumo de eletricidade ao longo dos dias 15 a 26 de Março de 2024, sendo que a azul está o consumo referente ao dia 15 de Março, dia da instalação do equipamento e ao dia 26 de Março, dia da recolha do equipamento. As cores identificam os registos de acordo com o período registado, a azul os períodos inferiores a 24 horas, a laranja o consumo total das 24 horas.

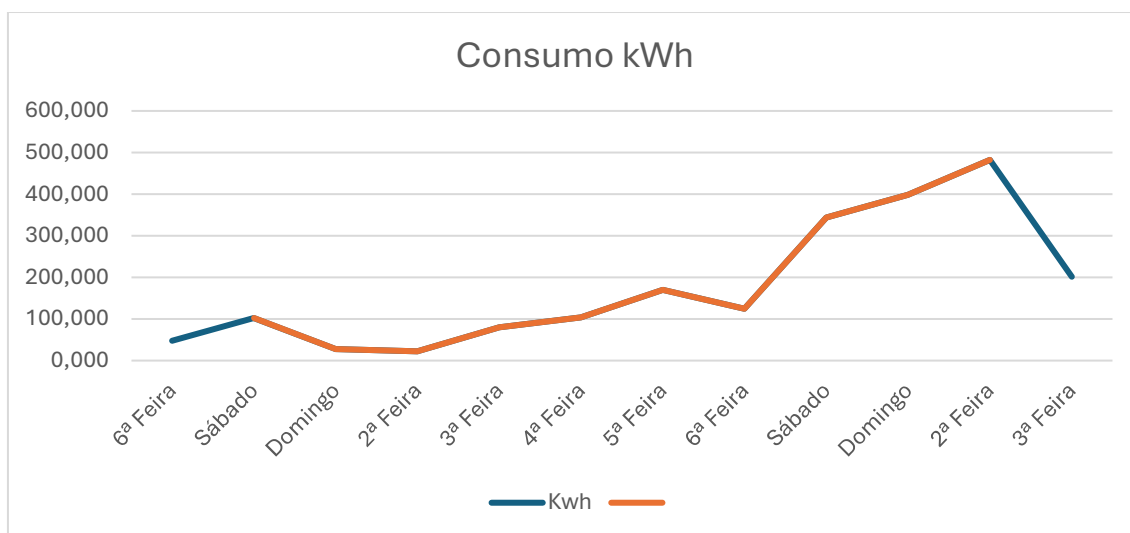


Gráfico 4 – Consumo em kWh onde a azul se apresentam os períodos inferiores a 24 horas e a laranja o consumo total de 24 horas.

Durante este período, a programação de eventos no teatro foi:

- 08/03 a 15/04 – Filosofando – Exposição
- 16/03 – TSUGI – Dança
- 21/03 – Quando a Sul o Azul Luar - Teatro
- 22/03 a 24/03 – Oficina de Escrita para Teatro – Programação paralela

Da análise ao Gráfico 4, é possível identificar um perfil de consumo que aumenta ao longo do período de medições. Confrontando a informação do consumo com a programação, percebemos que no sábado, dia 16/03, ocorreu um consumo de aproximadamente 100 kWh, justificado pelo espetáculo de dança.

Nos dias seguintes, primeiro domingo e primeira segunda-feira de medições, não estavam programados eventos e o consumo de energia elétrica diminuiu, voltando a aumentar na terça-feira (dia 19 de março). Embora não estivesse nenhum evento programado, os ensaios para a peça “Quando a sul o azul luar” justificaram o aumento do consumo até segunda-feira (25 de Março).

Com os dados recolhidos foi possível construir o gráfico 5, que apresenta o consumo de potência ativa numa representação horária para cada dia do período de medição. Em apêndice, está apresentado o estudo mais aprofundado e a descrição diária do consumo.

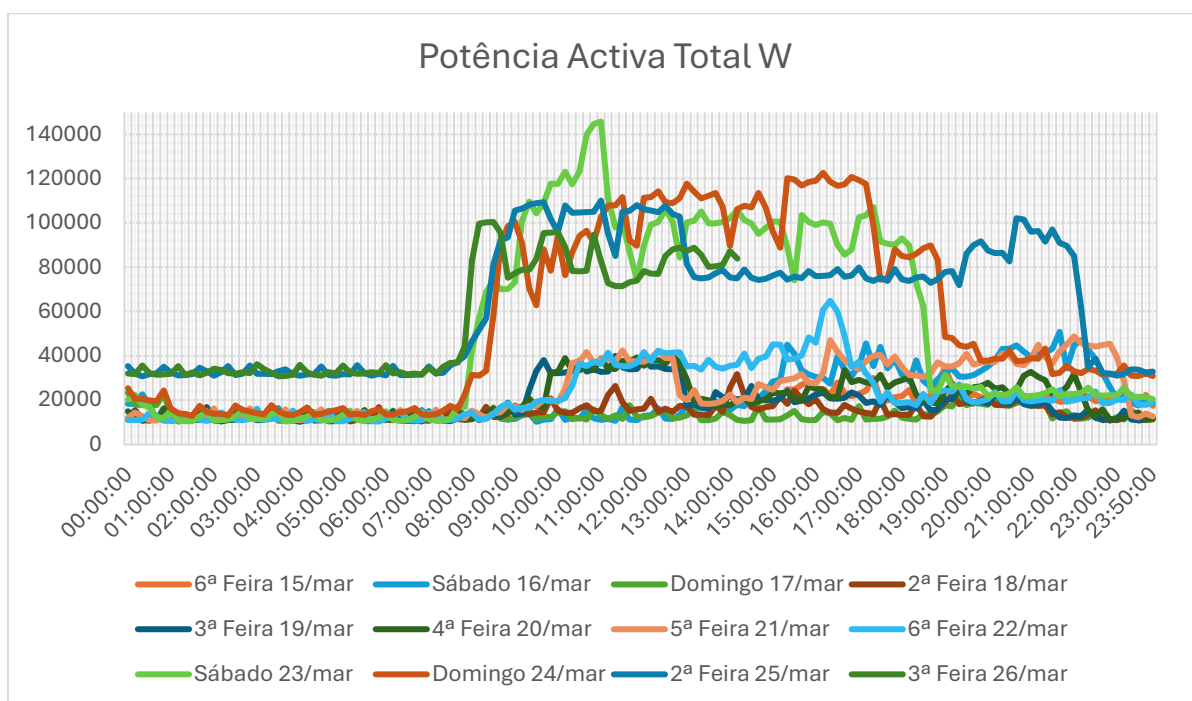


Gráfico 5 – Potência ativa, em W, consumida em períodos horários para os dias 15 a 26 de Março.

Através da análise ao gráfico 5, construiu-se a tabela 13, onde são apresentados os valores diários da média de consumo, o valor mínimo, máximo, desvio padrão e o kWh.

		Média [kW]	Mínimo [kW]	Máximo [kW]	Desvio padrão [kW]	Consumo total [kWh]
6ª Feira	15/mar	22,3	17,5	34,4	3,4	193,46
Sábado	16/mar	21,3	10,3	50,9	11,5	511,25
Domingo	17/mar	13,6	10,5	23,4	2,9	325,42
2ª Feira	18/mar	15,0	10,5	31,8	3,7	359,83
3ª Feira	19/mar	18,3	10,3	40,1	7,9	439,81
4ª Feira	20/mar	20,4	10,4	40,2	8,7	490,18
5ª Feira	21/mar	25,0	10,8	48,8	12,2	600,59
6ª Feira	22/mar	23,1	10,4	64,9	12,2	554,12
Sábado	23/mar	52,6	10,4	145,8	41,7	1262,35
Domingo	24/mar	57,6	13,0	122,7	40,0	1381,19
2ª Feira	25/mar	64,7	30,8	110,1	28,5	1553,32
3ª Feira	26/mar	55,6	30,8	100,4	25,9	796,75

Tabela 13 – Dados do consumo da potência ativa consumida de 15 a 26 de Março.

Da análise ao gráfico 5 e da tabela 13, podemos concluir que existem dois tipos distintos de consumo no edifício, diferenciados pela ocupação e pela realização de espetáculos.

### Média de Consumo

Em dias sem programação de espetáculos, a média de consumo variou entre 13,6 kW e 25 kW. Em contraste, nos dias com espetáculos, o consumo oscilou entre os 52,6 kW e 64,7kW, sendo este último valor registado durante o espetáculo “Dançarte”.

### Consumo Mínimo

O consumo mínimo foi observado entre 16 e 24 de Março, dias sem programação, com valores entre 10,3 kW e os 13,0 kW. No dia 15, o consumo mínimo médio foi de 17,5 kW, valor elevado devido à ausência de dados entre as 00:00 e as 08:00, período em que geralmente se verificam os consumos mais baixos. Nos dias 25 e 26 de Março, o consumo mínimo foi superior devido à realização do espetáculo “Dançarte”.

### Consumo Máximo

O pico de consumo ocorreu a 23 de Março, coincidindo com a utilização da iluminação cénica e o sistema de AVAC. A análise do gráfico 5 permite identificar claramente o período de funcionamento do sistema de AVAC.

### Desvio padrão

A entrada em funcionamento da iluminação cénica e do sistema de AVAC provocou uma grande variação no consumo, resultando em maiores desvios padrão nos dias de espetáculos.

### Consumo Total (kWh)

Ao longo do período analisado, observou-se um aumento acentuado do consumo, associado ao incremento da atividade do edifício. Esta análise permitiu determinar que o consumo mínimo necessário para o funcionamento do edifício é de 193,46 kWh, enquanto

o consumo máximo correspondeu a 1553,32 kWh. De referir que os plenos das capacidades de funcionamento do edifício não foram atingidos.

#### 4.2.7 Perfil médio de consumo

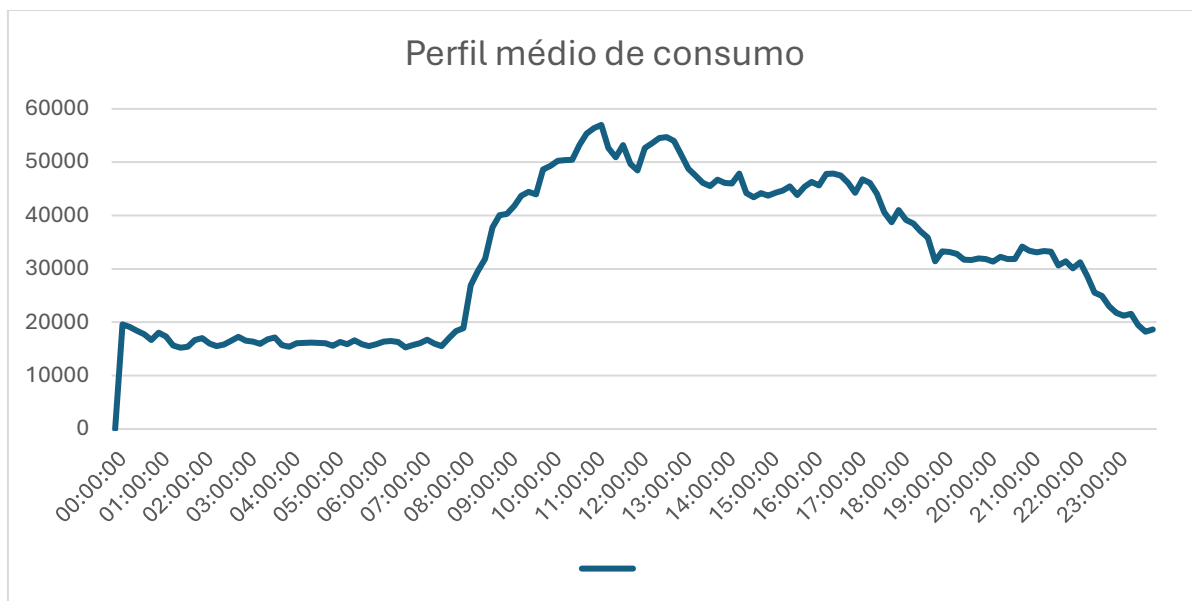


Gráfico 6 – Perfil médio de consumo em W para as medições efectuadas entre 15 e 26 de março de 2024.

Da recolha e análise dos consumos, foi possível criar um perfil médio de consumo para os dias que se analisou.

Período	Descrição do consumo	Intervalo de consumo
00:00 – 06:00	Durante este período, observou-se um consumo estável, com pequenas oscilações que variaram entre os 15 kW e os 20kW.	15 kW a 20 kW
06:00 – 12:00	A partir das 06:00, registou-se um aumento acentuado do consumo, atingindo o pico entre as 08:00 e as 11:00. Este aumento coincide com o início das atividades diárias no teatro, como a chegada dos funcionários, a preparação e os ensaios dos espetáculos.	Picos de consumo
12:00 – 18:00	Neste período, observou-se um decréscimo gradual do consumo, o que reflecte a diminuição das actividades após os ensaios da manhã e antes dos preparativos finais para os espetáculos do final do dia.	Decréscimo de consumo
18:00 – 24:00	Regista-se uma redução no consumo para os níveis semelhantes aos observados no período da madrugada (00:00 – 06:00). Existe, no entanto, um aumento temporário relacionado com os espetáculos realizados ao final do dia, seguindo-se de nova diminuição após o encerramento do edifício.	15 kW a 20 kW

Tabela 14 – Perfil médio de consumo.

Este perfil consegue retratar o funcionamento do teatro ao longo do dia, com a abertura de manhã o decréscimo da atividade à tarde e o aumento à noite por causa dos espetáculos seguindo-se da diminuição até ao fecho.

### 4.3 GÁS

Tal como mencionado anteriormente, também no gás existiu dificuldade na obtenção de dados. Recorreu-se aos registos fornecidos pelos serviços técnicos do Teatro e uma leitura que foi feita posteriormente ao período em análise.

O gás propano é utilizado numa caldeira que só funcionava para fornecer AQS aos camarins. Devido a esta condição, se fizermos uma análise ao mapa de espetáculos, podemos praticamente identificar quais os períodos em que a caldeira foi utilizada.

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Janeiro		10,830	0,313	2,164	10,234	6,830
Fevereiro		10,830	0,313	2,164	10,234	6,830
Março	14,735	1,485	0,313	2,164	10,234	6,830
Abril	16,895	1,485	0,313	4,940	10,234	
Maiο	0,020	1,485	0,313	9,800	10,234	
Junho	5,460	1,485	0,313	3,798	10,234	
Julho	2,725	1,485	2,410	3,798	10,234	
Agosto	1,125	1,485	8,575	3,798	10,234	
Setembro	1,125	1,485	8,575	3,798	10,234	
Outubro	0,100	6,485	3,350	2,640	10,234	
Novembro	14,960	0,313	2,164	10,234	6,830	
Dezembro	16,850	0,313	2,164	10,234	6,830	

Tabela 15 – Consumos de gás m<sup>3</sup>.

Dos registos de consumo de gás, foi possível obtermos a Tabela 15, e de forma a termos o período completo de 2019 a 2022 optou-se por fazer a média dos consumos do mês de janeiro e de fevereiro dos meses conhecidos o que levou à utilização dos valores apresentados na Tabela 16.

Os anos de 2023 e de 2024 são apresentados para que se possa fazer uma análise à evolução dos consumos e tentar perceber se houve um aumento de consumo.

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Janeiro	6,074	10,830	0,313	2,164	10,234	6,830
Fevereiro	6,074	10,830	0,313	2,164	10,234	6,830
Março	14,735	1,485	0,313	2,164	10,234	6,830
Abril	16,895	1,485	0,313	4,940	10,234	
Maio	0,020	1,485	0,313	9,800	10,234	
Junho	5,460	1,485	0,313	3,798	10,234	
Julho	2,725	1,485	2,410	3,798	10,234	
Agosto	1,125	1,485	8,575	3,798	10,234	
Setembro	1,125	1,485	8,575	3,798	10,234	
Outubro	0,100	6,485	3,350	2,640	10,234	
Novembro	14,960	0,313	2,164	10,234	6,830	
Dezembro	16,850	0,313	2,164	10,234	6,830	
Total	86,143	39,165	29,113	59,530	116,002	20,490

Tabela 16 – Consumos de gás m<sup>3</sup>.

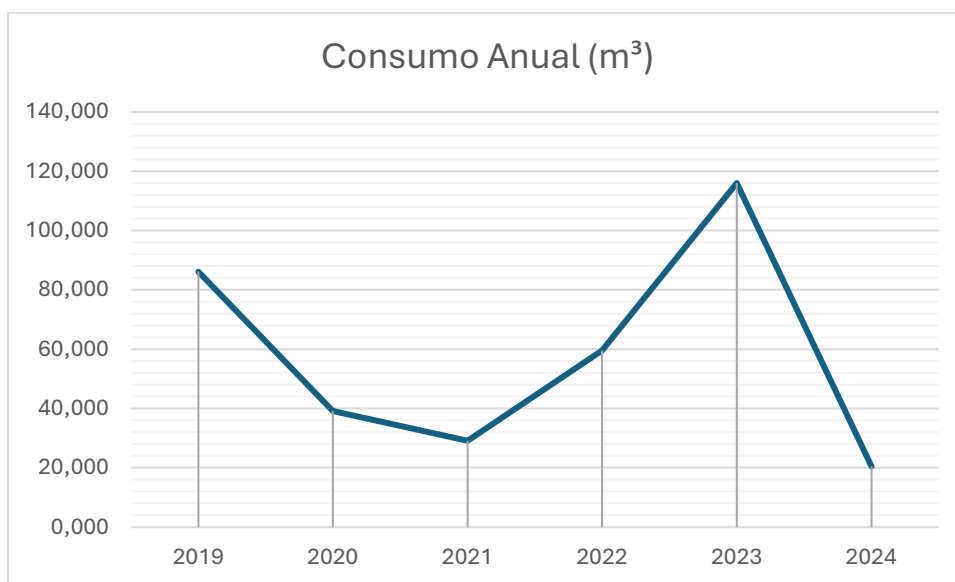


Gráfico 7 – Consumo anual de gás em [m<sup>3</sup>].

Da análise ao gráfico 7, temos de realçar o período da pandemia de covid-19 que obrigou ao fecho do teatro, o que provocou a redução no consumo.

O ano de 2023 não faz parte do período em estudo, mas podemos concluir que a ausência da gestão técnica está a provocar um aumento significativo do consumo de gás.

Esta situação está a provocar um aumento dos custos, se tivermos em conta a evolução do custo do gás propano representado no gráfico seguinte.

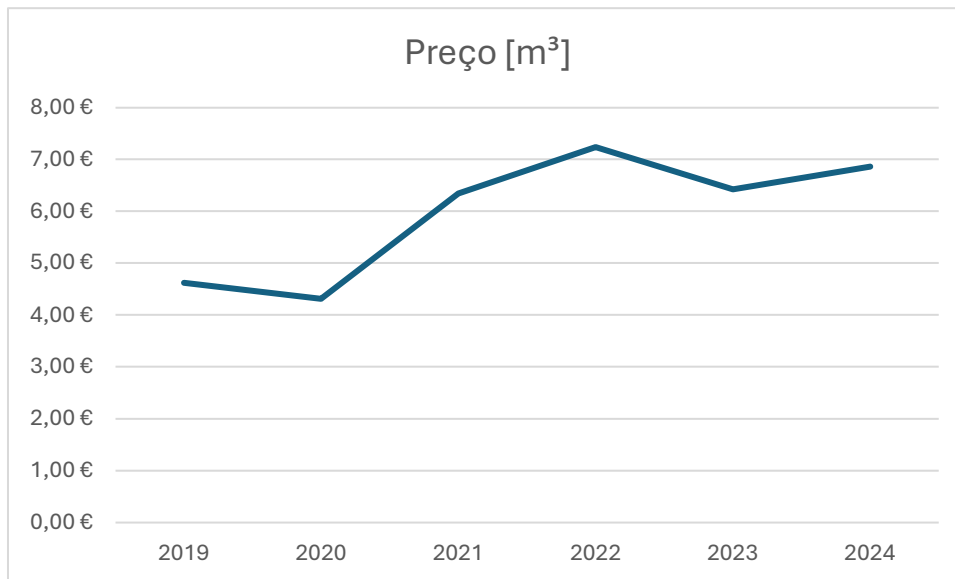


Gráfico 8 – Evolução do preço do gás em m<sup>3</sup>.

Tendo em conta o aumento do consumo com o aumento do custo por m<sup>3</sup> de gás propano, temos de concluir que o teatro está a ter um custo superior ao expectável por não ter a gestão técnica a funcionar.

#### 4.4 Discussão de resultados

Este projeto proporcionou desenvolvimento de competências na análise e captura de imagens termográficas, permitindo identificar qual o melhor filtro a selecionar em função do corpo que estamos a analisar.

Conclui-se que, para realizar uma análise energética de edifícios ou para analisar sistemas AVAC, o filtro a selecionar deve ser o que tenha mais cores disponíveis. Isto porque este filtro, ao aumentar o contraste de cores na imagem, consegue revelar alterações que com outros filtros seriam indetetáveis.

Na análise de sistemas elétricos e na identificação de fontes de calor, o uso de um filtro com uma paleta de cores mais reduzida é mais indicado, pois simplifica o processo de análise na identificação da origem da fonte.

Em equipamentos mecânicos, podemos recorrer a ambos os dois filtros; tanto um como o outro facilitam a identificação das fontes de calor.

O filtro recomendado para utilizar na câmara FLIR E8 é o Rainbow HC. Esta escala de cores consegue revelar com maior precisão os danos ocultos. Além disso, na captura de imagens, devemos usar esta escala, ou corremos o risco de não conseguirmos detetar os danos.

Em relação à emissividade e distâncias, o software da FLIR Tools consegue fazer a correção quando selecionamos a opção Auto.

De acordo com Elena Lucchi, as limitações das câmaras descritas no seu trabalho, quando comparadas com as limitações que foram encontradas, na utilização da câmara e do software, revelam que muitas dessas limitações já foram ultrapassadas.

A utilização da termografia como ferramenta de diagnóstico na análise energética do Teatro das Figuras ou Teatro Municipal de Faro possibilitou a deteção e identificação de

não conformidades que, de outra forma, seriam impercetíveis ou, quando detetadas, os custos para a sua reparação seriam muito superiores.

Com a realização deste trabalho, foi possível concluir que os problemas mais recorrentes no edifício do Teatro das Figuras estão ligados às caixilharias e a infiltrações.

Como forma de os mitigar, recomendo a instalação ou substituição de silicone em volta da moldura da caixilharia e a substituição das borrachas das portas.

Ainda em relação às portas dos andares superiores, sugere-se a instalação de mecanismos que limitem a abertura das mesmas. A forma como estão atualmente constitui um perigo quando abertas por não oferecerem qualquer barreira de segurança a uma queda accidental.

De destacar que não se considerava ser possível detetar danos nos vidros, mas foi possível detetar a perda do gás com capacidades de isolante térmico.

A cobertura do edifício foi outra área em que se detetaram problemas semelhantes, em parte porque a utilização de gravilha como pavimento possibilita camuflar a acumulação e infiltração de humidade, pelo que a verificação e limpeza dos drenos para facilitar a drenagem destas humidades é fundamental.

Mas, dado o estado de degradação do edifício em alguns pontos, uma inspeção mais criteriosa à impermeabilização da cobertura deve ser considerada.

A utilização da análise de vibrações em conjunto com a termografia facilita o diagnóstico de situações problemáticas, como o sistema de extinção de incêndios, que neste momento está com um problema sério de ficar inoperativo. O funcionamento normal das bombas está comprometido, pois das duas em que é constituído, apenas uma bomba está a funcionar, mas numa gama de vibrações muito alta, o que compromete o normal funcionamento do motor.

Relativamente ao consumo de energia eléctrica e com base na monitorização realizada entre os dias 15 a 26 de março, os dados obtidos indicam a necessidade de correcção do fator de potência no sistema eléctrico do teatro. Esta correcção poderá ser realizada através da instalação de baterias de condensadores, o que permitirá melhorar a eficiência energética e a redução significativa dos custos.

O estudo abordou o impacto significativo da ausência da Gestão Técnica Centralizada (GTC) no consumo energético do teatro, após o ataque informático de 2023, que desativou o controlo do sistema AVAC. Antes desta falha, a GTC permitia uma gestão eficiente da climatização, ajustando o consumo de energia às condições internas e externas do edifício, o que resultava numa poupança significativa. Com a interrupção da GTC, os consumos de energia aumentaram de forma expressiva, sobretudo aos fins-de-semana, quando o sistema de climatização é forçado a funcionar por períodos superiores de forma menos eficiente. Este cenário agravou o consumo energético, conforme demonstrado na Tabela 9, onde se observa que, sem GTC, o sistema de climatização do foyer e do auditório passou a funcionar em média 62 horas, em contraste com as 7 horas que seriam necessárias com a GTC em funcionamento.

A análise aos custos da eletricidade foi completada pela avaliação da evolução da componente indexada OMEL, que teve um aumento acentuado a partir de 2021, especialmente devido aos efeitos da guerra na Ucrânia. Esta variação aliada ao aumento

do consumo provocado pela falta da GTC, resultou num acréscimo significativo dos custos operacionais do teatro.

#### 4.4.1 Ordem de prioridade de reparação no edifício

A captura das imagens termográficas foi realizada de forma aleatória, seguindo os protocolos de auditoria previamente elaborados.

Estes protocolos visam facilitar a identificação do percurso efetuado no edifício, permitindo, assim, uma sequenciação da ordem de intervenção para reparação.

Para facilitar a sequência e identificação das análises, foi criada uma tabela contendo três campos: número da figura, estado de conformidade e necessidade de intervenção.

No campo “necessidade de intervenção”, apenas tem a informação de “sim”, “não” ou “repetição”, conforme a necessidade de intervenção.

##### 4.4.1.1 Não Conformidade

Auditoria ao exterior – Piso 0		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
28	Não conformidade	Sim
30	Não conformidade	Sim
32	Não conformidade	Sim
33	Não conformidade	Sim
34	Não conformidade	Sim

Tabela 17 – Resultados da auditoria externa – Piso 0.

Auditoria ao exterior – Piso 2 (Pátio das instalações)		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
36	Não conformidade	Sim
37	Não conformidade	Sim
38	Não conformidade	Sim
39	Não conformidade	Sim

Tabela 18 – Resultados da auditoria externa – Piso 2 (Pátio das instalações).

Auditoria ao interior – Janela do pátio das instalações		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
41	Não conformidade	Sim
42	Não conformidade	Sim
43	Não conformidade	Sim

Tabela 19 – Resultados auditoria interna – Janela do pátio das instalações.

Auditoria ao exterior – Piso 4 (Cobertura plateia)		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
45	Não conformidade	Sim
46	Não conformidade	Sim
47	Não conformidade	Sim
48	Não conformidade	Sim

Tabela 20 – Resultados auditoria externa – Piso 4 (Cobertura plateia).

Auditoria ao exterior – Piso 5 (Cobertura)		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
50	Não conformidade	Sim
51	Não conformidade	Sim
52	Não conformidade	Sim
53	Não conformidade	Sim
54	Não conformidade	Sim
55	Não conformidade	Sim
56	Não conformidade	Sim
57	Não conformidade	Sim

Tabela 21 – Resultados da auditoria externa – Piso 5 (Cobertura).

Auditoria ao interior – Auditório		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
59	Não conformidade	Sim
60	Não conformidade	Sim

Tabela 22 – Resultados auditoria interna – Auditório.

Auditoria ao interior – Pequeno auditório		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
62	Não conformidade	Sim
63	Não conformidade	Sim

Tabela 23 – Resultados auditoria interna – Pequeno auditório.

Auditoria ao interior – Foyer e Bar		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
65	Não conformidade	Sim
66	Não conformidade	Sim
67	Não conformidade	Sim
68	Não conformidade	Sim
69	Não conformidade	Sim
70	Não conformidade	Sim
71	Não conformidade	Sim
72	Não conformidade	Sim
73	Não conformidade	Sim

Tabela 24 – Resultados auditoria interna – Foyer.

Auditoria ao interior – Gabinete técnico		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
75	Não conformidade	Sim
76	Não conformidade	Sim
77	Não conformidade	Sim
78	Não conformidade	Sim
79	Não conformidade	Sim
80	Não conformidade	Sim

Tabela 25 – Resultados auditoria interna – Gabinete técnico.

Auditoria ao exterior – Piso 3 (Átrio do bar)		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
82	Não conformidade	Sim
83	Não conformidade	Sim
84	Não conformidade	Sim
85	Não conformidade	Sim
86	Não conformidade	Sim

Tabela 26 – Resultados auditoria externa – Piso 3 (Átrio do bar).

Auditoria ao interior – Piso 3 (Bar)		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
88	Não conformidade	Sim
89	Não conformidade	Sim
90	Não conformidade	Sim
91	Não conformidade	Sim

Tabela 27 – Resultados auditoria interna – Piso 3 (Bar).

Auditoria ao interior – Gabinete da direcção, (5º Piso)		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
93	Não conformidade	Sim
94	Não conformidade	Sim
95	Não conformidade	Sim
96	Não conformidade	Sim
97	Não conformidade	Sim

Tabela 28 – Auditoria interna – Gabinete da direcção.

Sistema de extinção de incêndio		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
25	Não conformidade	Sim
26	Não conformidade	Sim

Tabela 29 – Sistema de extinção de incêndio.

#### 4.4.1.2 Inconclusivo

Auditoria ao exterior – Fachada Nascente		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
112	Inconclusivo	Repetição

Tabela 30 – Auditoria ao exterior – Lado Nascente.

Auditoria ao exterior – Fachada Poente		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
118	Inconclusivo	Repetição

Tabela 31 – Auditoria ao exterior – Lado Poente.

Auditoria ao exterior – Piso 2 (Pátio das instalações)		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
124	Inconclusivo	Repetição

Tabela 32 – Auditoria ao exterior – Piso 2.

Auditoria ao interior – Auditório		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
129	Inconclusivo	Repetição

Tabela 33 – Auditoria ao interior – Auditório.

Auditoria ao interior – Pequeno auditório		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
132	Inconclusivo	Repetição

Tabela 34 – Auditoria ao interior – Pequeno auditório.

Quadro Geral		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
135	Inconclusivo	Repetição

Tabela 35 – Auditoria ao quadro geral.

Auditoria ao sistema AVAC (Interior do edifício)		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
137	Inconclusivo	Repetição

Tabela 36 – Auditoria ao sistema AVAC (Interior do edifício).

#### 4.4.1.3 Em Conformidade

Auditoria ao exterior – Fachada Nascente		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
113	Em Conformidade	Não
114	Em Conformidade	Não

Tabela 37 – Auditoria ao exterior – Lado Norte.

Auditoria ao exterior – Fachada Norte		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
116	Em Conformidade	Não

Tabela 38 – Auditoria ao exterior – Lado Norte.

Auditoria ao exterior – Fachada Sul		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
120	Em Conformidade	Não
121	Em Conformidade	Não
122	Em Conformidade	Não

Tabela 39 – Auditoria ao exterior – Lado Sul.

Auditoria ao exterior – Piso 5 (Cobertura)		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
126	Em Conformidade	Não
127	Em Conformidade	Não

Tabela 40 – Auditoria ao exterior – Piso 5.

Auditoria ao interior – Auditório		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
130	Em Conformidade	Não

Tabela 41 – Auditoria ao interior – Auditório.

Quadro Geral		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
133	Em Conformidade	Não
134	Em Conformidade	Não

Tabela 42 – Quadro Geral.

Auditoria ao sistema AVAC (Interior do edifício)		
Número da Figura	Estado de conformidade	Grau de necessidade de intervenção
136	Em Conformidade	Não
138	Em Conformidade	Não

Tabela 43 – Sistema AVAC.

#### 4.4.2 Propostas de intervenção

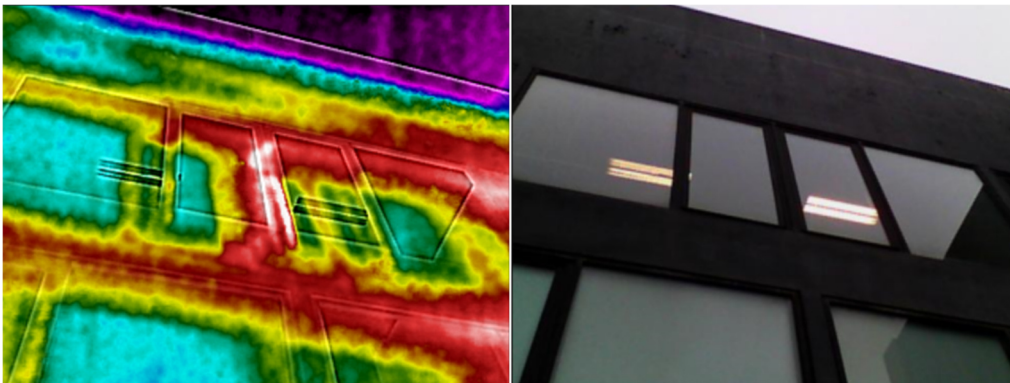
Como proposta de intervenção inicial é proposto começar pelas reparações das não conformidades detetadas, assim como proposta inicial:

- **Reparação ou substituição do Sistema de Gestão Técnica Centralizada (GTC).**  
Considerando os consumos energéticos identificados, propõe-se proceder à reparação das avarias detectadas no sistema GTC. Caso a reparação não seja viável ou eficiente, deve ser considerada a substituição do sistema para garantir um controlo eficiente dos equipamentos e otimizar os consumos de energia do edifício.
- **Reparação do sistema de extinção de incêndios.**  
Foi identificada uma avaria crítica na bomba B, que faz parte integrante do sistema de extinção de incêndios. Dada a urgência da situação, é essencial proceder à sua reparação imediata para assegurar o cumprimento das normas de segurança contra incêndios e garantir uma resposta adequada em caso de emergência. Simultaneamente, a bomba A apresenta desgaste dos rolamentos, o que requer a sua substituição para prevenir falhas operacionais e evitar o sobreaquecimento, garantindo assim o correto funcionamento.
- **Reparação da impermeabilização da cobertura e do exterior do edifício**  
Com base no mapeamento termográfico efectuado, foram identificados pontos críticos de infiltrações que necessitam de intervenção. Propõe-se a reparação da impermeabilização nas áreas identificadas, para evitar degradações estruturais e obter-se ganhos energéticos no edifício.
- **Substituição das borrachas das portas e aplicação de silicone na envolvente envidraçada**  
A envolvente envidraçada do edifício necessita de intervenção, com a substituição das borrachas das portas e aplicação de silicone nas janelas. Na fachada sul, as janelas que dão para o átrio do bar, nos pisos 4 e 5, necessitam da instalação de mecanismos que não permitam a abertura total, de forma a evitar a queda acidental de pessoas ou bens. Estas medidas visam a melhoria significativa do isolamento térmico, reduzindo as perdas energéticas e prevenir a infiltração de água e ar, contribuindo para a eficiência energética e conforto do interior do edifício.

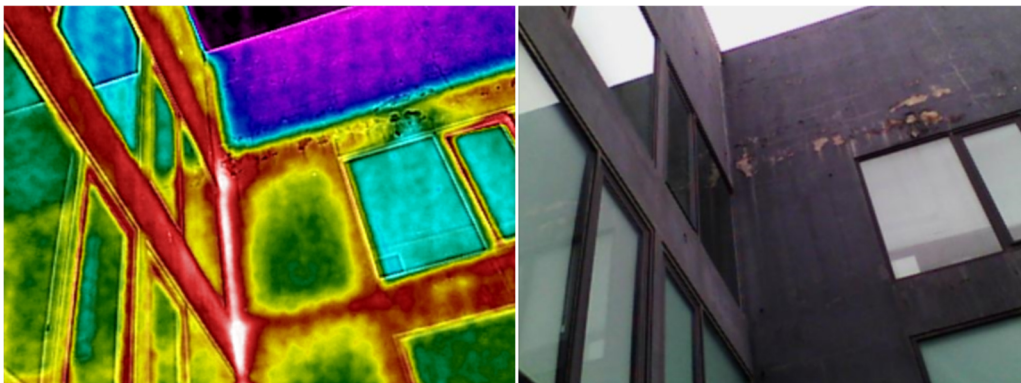
- **Reparação dos revestimentos interiores**  
No interior do edifício, propõe-se a correcção das não conformidades detectadas nos revestimentos, fissuras, humidades e outros danos que comprometam a integridade e o conforto do interior do edifício.

#### 4.4.3 **Resultados - Não Conformidades que resultaram em intervenções**

Do trabalho de recolha das imagens termográficas e da análise às Figuras 83 e 85 resultaram reparações no edifício nas áreas que tinham sido identificadas como não conformidades.

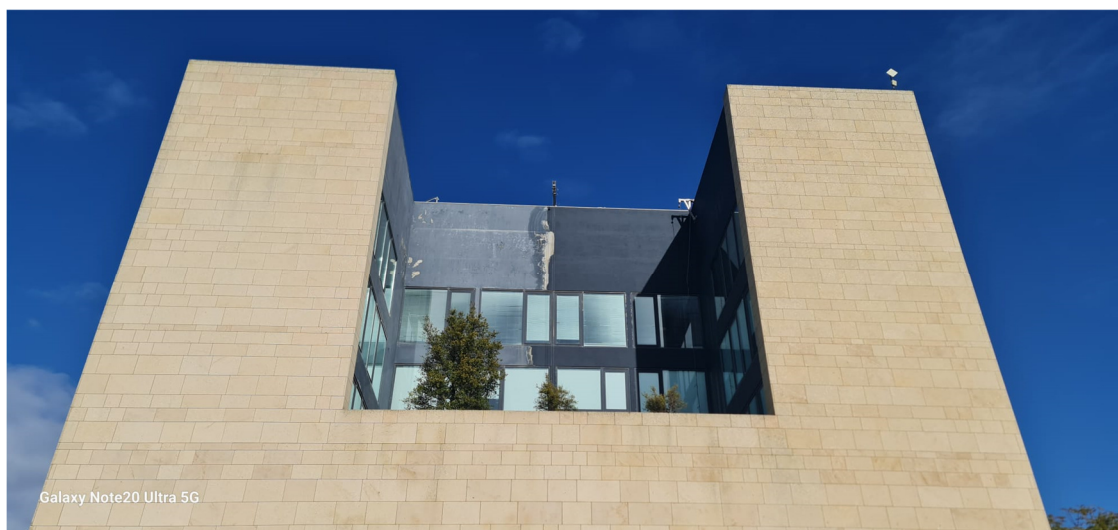


*Figura 99 – Imagem termográfica e fotografia digital (Figura 83).*

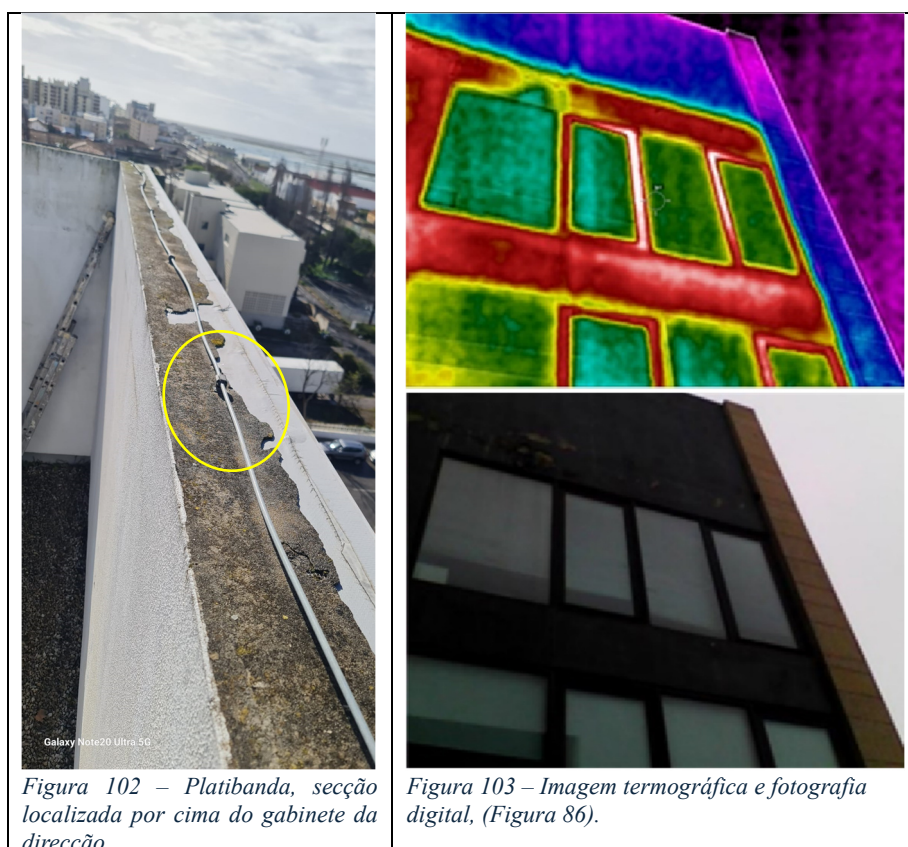


*Figura 100 – Imagem termográfica e fotografia digital (Figura 85).*

O recurso à termografia possibilitou a identificação de várias infiltrações na platibanda.



*Figura 101 – Fachada Sul.*



*Figura 102 – Platibanda, secção localizada por cima do gabinete da direcção.*

*Figura 103 – Imagem termográfica e fotografia digital, (Figura 86).*

Com a instalação das estruturas temporárias de acesso, para a realização das obras de reparação, foi possível identificar o motivo pelo qual, nas imagens termográficas, apareciam infiltrações na platibanda.

Conforme podemos verificar na Figura 102, identificado pelo círculo a amarelo, aquando da instalação do sistema de protecção contra descargas atmosféricas, para fazerem a fixação, perfuraram a tela em vários sítios, o que está a levar a aparecerem várias infiltrações em vários pontos do edifício e à sua deterioração.



*Figura 104 – Diferença entre o antes e o depois da fachada sul.*

#### **4.5 Medidas de melhoria**

As medidas de melhoria sugeridas têm como princípio fundamental a redução de custos de forma sustentada e o aumento da eficiência energética do edifício. Entre estas medidas incluem-se a instalação de painéis fotovoltaicos, painéis solares térmicos e uma bateria de condensadores, cada uma desempenhando um papel crucial na otimização dos recursos energéticos.

A instalação de painéis fotovoltaicos permitirá a produção de electricidade a partir de fontes renováveis, contribuindo para a redução dos custos associados ao consumo de energia. Simultaneamente, os painéis solares térmicos terão a capacidade de aproveitar a energia solar tanto para a produção de electricidade como para o fornecimento de calor, aumentando a eficiência no aquecimento de AQS.

Por outro lado, a instalação de uma bateria de condensadores é essencial para a correcção do fator de potência, uma vez que permite reduzir o consumo de energia reativa e as correspondentes perdas eléctricas no sistema. Esta medida permite uma diminuição direta dos custos operacionais do edifício.

#### 4.5.1 Dimensionamento de Geração Fotovoltaica

Para o dimensionamento de um sistema de geração fotovoltaica, é necessário fazer a análise da área disponível para a instalação de painéis fotovoltaicos. No presente estudo, recorreu-se ao software Revit 2022 para a realizar simulações relativas à localização do edifício e proceder ao cálculo da área útil de instalação.

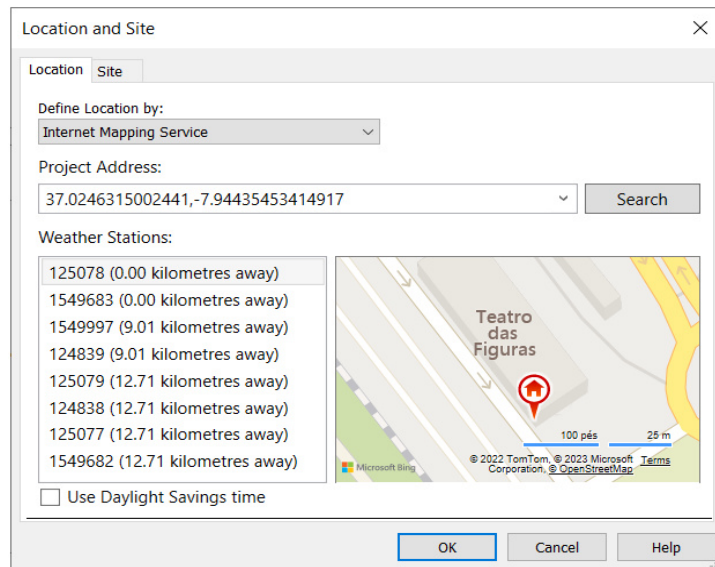


Figura 105 – Localização do Teatro das Figuras.

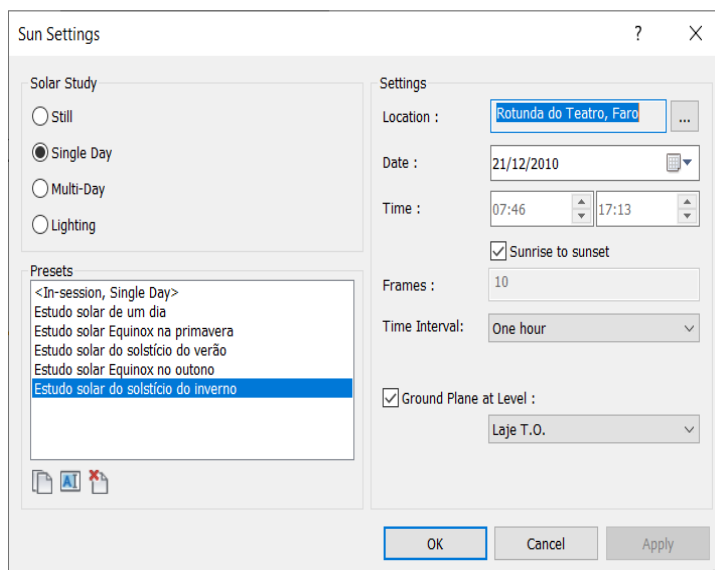


Figura 106 – Condições de simulação para a identificação da trajetória do Sol.

Através da modelação do edifício no Revit 2022, foi feita a identificação em termos de coordenadas de GPS (Figura 105). Com base na identificação da localização e na seleção do dia com menor exposição solar, 21 de dezembro (Figura 106), foi possível determinar a duração da exposição solar para esse dia. De acordo com os cálculos obtidos no Revit 2022, o dia 21 de dezembro apresenta uma exposição solar de 9:27.

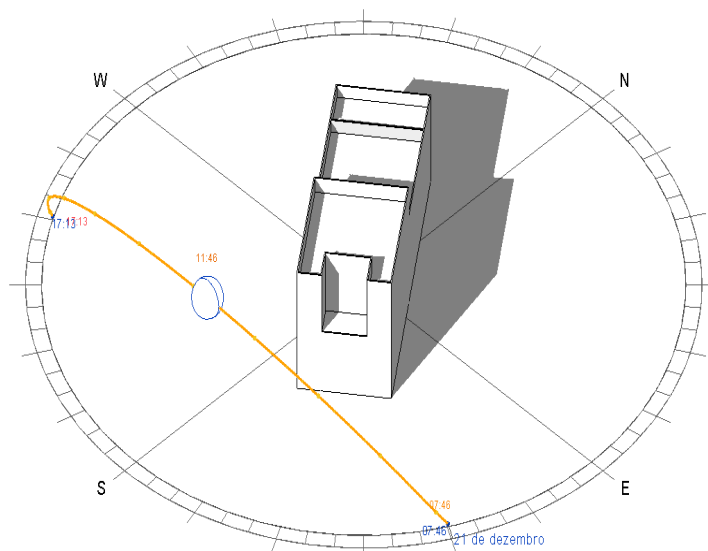


Figura 107 – Maior exposição solar.

Considerando que o momento de maior exposição solar, de acordo com a simulação, ocorre na cobertura ocorre às 11:46 (Figura 107), é necessário instalar uma estrutura que eleve os painéis fotovoltaicos de forma a obter o maior aproveitamento da exposição solar.

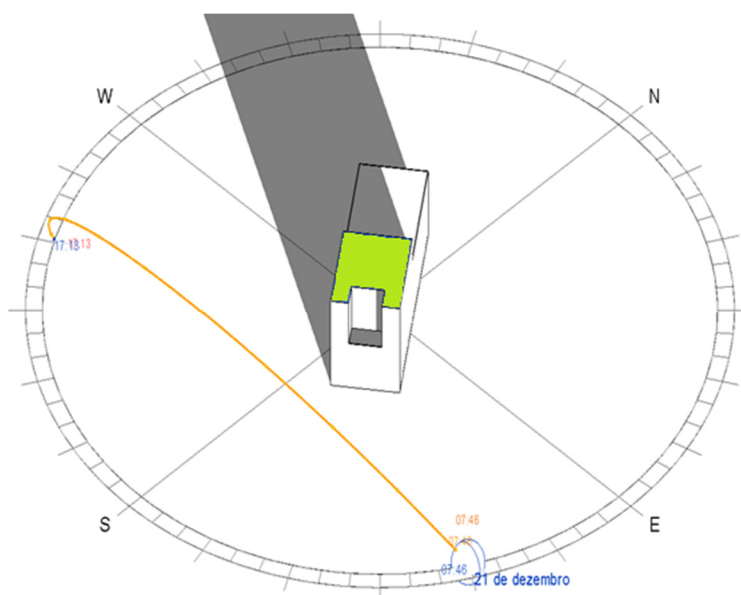


Figura 108 – Exposição solar com a instalação da estrutura.

Com a instalação de uma estrutura para elevar os painéis solares, conforme a simulação, será possível garantir exposição solar ao longo do dia. Desta forma, estará constantemente disponível uma área de  $795,3 \text{ m}^2$ . A área assinalada a verde, conforme ilustra a Figura 108, corresponde a essa superfície.

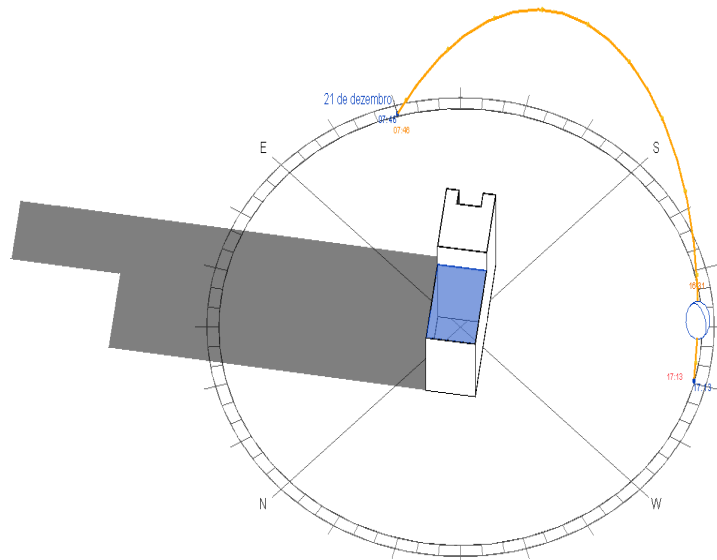


Figura 109 – Totalidade da exposição solar.

A superfície a azul representada na Figura 109, corresponde a uma área de  $1160 \text{ m}^2$ . Desde o nascer do sol até às 16:31, existem áreas em que os painéis estão à sombra; contudo, no período entre as 16:31 e as 17:13, há exposição solar total nesta área. Nesse intervalo de tempo, a área total disponível para instalação de painéis solares é de  $1955,3 \text{ m}^2$ , que resulta da soma das duas áreas.

Ao longo do dia, a exposição é descrita na Tabela 46, localizada nos apêndices. Nesta tabela, são detalhas as variações de exposição ao longo do tempo. Além disso, as superfícies A e B, que correspondem às áreas de instalação dos painéis solares, estão identificadas na Figura 110.

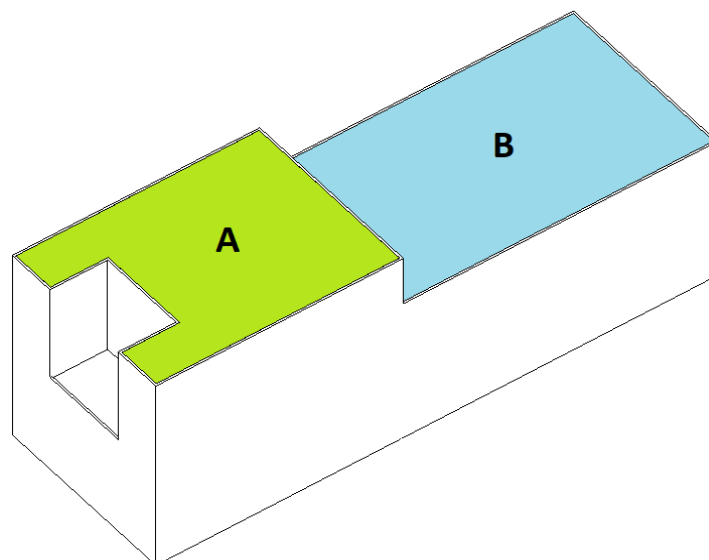


Figura 110 – Identificação das superfícies da cobertura.

De acordo com a Tabela 46, localizada no apêndice, verifica-se que, em média durante todo o dia, está sempre disponível uma área média total (A+B) da Figura 110 de  $1654,71 \text{ m}^2$  com exposição solar.

Esta área permite a instalação aproximada de 256 painéis na área A e 373 painéis na área B o que significa que com esta área é possível instalar até 629 painéis.

#### 4.5.2 Compensação do Fator de Potência

Dos dados obtidos referente ao período de 15 a 26 de Março foram efetuadas 1578 leituras, durante este período constatou-se que:

- 11% das leituras tinham uma  $\text{tg } \varphi$  inferior a 0,3.
- 16% das leituras tinham uma  $\text{tg } \varphi$  entre 0,3 e 0,4, o que significa que já estão dentro do escalão 1;
- cerca de 16% das leituras verificaram-se dentro do 2º escalão com uma  $\text{tg } \varphi$  entre os 0,4 e os 0,5.
- 56% das leituras que foram feitas tinham uma  $\text{tg } \varphi$  superior a 0,5 o que faz com que estas leituras estejam no 3º escalão.

Os escalões correspondem à faturação de energia reativa indutiva demonstrados na Tabela 2 daí a necessidade de se arranjar uma solução de compensação de energia reativa.

A solução passa pela instalação de uma bateria de condensadores. Para tal foi feita uma análise às leituras obtidas com o analisador de qualidade de energia trifásica para se obter a seguinte informação:

1. Potência Ativa – P
2. Fator de Potência – FP

Com esta informação e aplicando a seguinte fórmula obtém-se a potência reativa capacitiva.

$$Q_c = P \times (\text{tg}(\arccos(FP_{actual}))) - \text{tg}(\arccos(FP_{desejado}))$$

Foi possível construir a tabela 44, que a dividimos em três resultados média, mínimo e máximo.

O valor médio traduz a média de funcionamento que a bateria de condensadores irá estar sujeita, o mínimo é o valor mais baixo que a bateria terá de funcionar e o máximo é o valor máximo como o próprio nome indica.

Potência ativa a compensar			
$Q_c$ [kVAr]	92,09	44,40	330,38
	média	mínimo	máximo
FP (atual)	0,3	0,21	0,36
FP (desejado)	0,95	0,95	0,95
P ativa (kW)	32,3	10,26	146

Tabela 44 – Potência ativa a compensar.

Assim com base na tabela 44 é sugerido a aquisição de uma bateria de condensadores que consiga funcionar numa gama variável entre os 44 kVAr e os 330 kVAr para um fator de potência de 0,95.

É sugerido a aquisição do equipamento da Schneider descrito na tabela 45.

Referência de peça	Quantidade	Breve descrição
Power Logic PFC - Baterias de condensadores IEC	1	
VLVT050	1	Auxiliary transformer F35P 400/230 630VA
VLVR014	1	Power Factor Controller
VLVC013	1	Bottom connection kit for incomer CB
VLVE011	1	Enclosure IP31 for Rotary Handle bottom connection
VLVP016	1	Incomer Protection Circuit Breaker 65kA and Linergy busbar
VLVW009	1	Standard Packaging SEI2B
VLVB157	1	VarSet base 350kvar Automatic 400-415V/50Hz

*Tabela 45 – Equipamento da Schneider.*

# 5

## Conclusões e Trabalhos Futuros

### 5.1 Conclusão

O presente estudo teve como principal objectivo identificar os pontos críticos que requerem intervenção, evidenciando as áreas que apresentam falhas e propondo soluções viáveis. A utilização da termografia, embora amplamente utilizada noutros países na análise energética de edifícios, reabilitação e construção, ainda carece de maior reconhecimento e aplicação extensiva em Portugal. Este trabalho procurou, assim, contribuir para o desenvolvimento de competências na análise e na captura de imagens termográficas, essenciais na análise energética e na deteção de anomalias em edifícios.

Ficou demonstrado que a selecção de filtros adequados é um fator determinante para a eficácia da análise, sendo essa escolha dependente do tipo de diagnóstico a realizada. Na análise energética de edifícios e sistemas AVAC, os filtros com maior contraste de cores revelaram-se mais eficazes. Em contrapartida, na análise de sistemas elétricos e identificação de fontes de calor, os filtros com paletas de cores mais reduzidas foram os mais eficientes. Nos equipamentos mecânicos, ambos os tipos de filtros mostraram ser úteis.

Verificou-se, que o recurso ao filtro Rainbow HC na câmara FLIR E8, demonstrou uma elevada precisão na deteção de danos ocultos, e que o software da FLIR Tools demonstrou ser uma mais-valia na análise detalhada das imagens termográficas recolhidas, permitindo fazer uma interpretação mais rigorosa das anomalias detetadas. A aplicação prática da análise termográfica no Teatro das figuras permitiu contribuir para a identificação da origem dos problemas das infiltrações provocadas pelo sistema de pára-raios, cuja deteção seria difícil por outros métodos convencionais. Esta identificação permitiu contribuir para a elaboração de um plano de reparação, onde foram sugeridas medidas de mitigação adequadas para resolver as não conformidades apresentadas.

Foi possível demonstrar que a combinação de ferramentas de diagnóstico, como a análise de vibrações, a termografia e a análise de qualidade de energia, potência a obtenção de dados mais completos, facilitando a elaboração de planos de acção que aumentam a disponibilidade operacional dos equipamentos e permitem a redução dos consumos energéticos.

Verificou-se que uma gestão técnica eficaz dos edifícios é essencial para uma gestão sustentável dos recursos, refletindo-se na redução significativa dos custos associados à eletricidade e ao gás. No caso específico analisado, a ausência de uma gestão técnica eficiente conduziu a um aumento descontrolado dos custos operacionais.

Estas medidas de melhoria proposta procuram promover simultaneamente a sustentabilidade de energias renováveis, assegurando uma maior eficiência económica e energética a longo prazo. Como resultado, espera-se que estas propostas resultem não só na redução de despesas correntes, mas também numa utilização mais eficiente e sustentável do edifício, garantindo ganhos ambientais e económicos substanciais.

O estudo demonstrou que o aumento da proficiência na utilização da termografia melhora substancialmente a capacidade de deteção de não conformidades, proporcionando diagnósticos mais precisos, contribuindo de forma significativa para a elaboração de planos de manutenção de edifícios.

Ficou comprovado que o controlo eficiente da climatização, através da GTC é fundamental na poupança de energia. A ausência de um sistema de GTC resultou num aumento dos custos e dos consumos energéticos, sobretudo nos períodos em que existe maior necessidade de climatização, como durante os meses de verão e em semanas em que ocorram espetáculos.

Paralelamente, foi realizado um estudo com o objectivo de avaliar a capacidade de instalação de painéis solares fotovoltaicos no Teatro das Figuras. A análise da área disponível para essa instalação, considerando a remoção de sombras que ocorrem durante o período mais penalizador o inverno, permitiu estimar que seria possível a colocação aproximada de 629 painéis fotovoltaicos. Esta intervenção iria permitir à Câmara Municipal de Faro uma significativa redução na fatura de electricidade, promovendo uma gestão mais eficiente e sustentável, esta medida de melhoria é de extrema importância para a melhoria da eficiência energética de edifícios públicos.

A elevada percentagem de leituras no 3º escalão (56%) de Energia Reativa causa perdas económicas significativas, resultante de um fator de potência inadequado. A correcção do fator de potência é essencial para reduzir estes custos, uma vez que a melhoria deste parâmetro permite uma utilização mais eficiente da energia eléctrica.

A implementação de uma bateria de condensadores para correcção do fator de potência pode ser uma solução viável para corrigir os valores elevados da  $\text{tg } \varphi$ , reduzindo as leituras no 2º e 3º escalões. Esta medida permitirá uma redução significativa dos custos operacionais, ao garantir que a energia fornecida ao edifício seja utilizada de forma mais eficiente. Além disso, a correcção do fator de potência contribui para evitar penalizações tarifárias impostas por valores altos da  $\text{tg } \varphi$ , o que pode ser especialmente relevante em edifícios públicos com consumos elevados.

Em suma, o estudo demonstrou a importância da termografia e de outras tecnologias complementares no diagnóstico e melhoria da eficiência energética e da segurança no Teatro das Figuras. A conjugação destes dados com a necessidade de correcção do fator de potência reforça a urgente de intervenção, uma vez que a melhoria desse parâmetro é essencial para a redução das leituras no 2º e 3º escalões, promovendo uma gestão energética mais eficaz e sustentável. A implementação de medidas correctivas que garantam a correcção do fator de potencia permitirá uma gestão energética mais eficiente, promovendo a redução dos custos operacionais e assegurando benefícios ambientais a longo prazo. A adoção destas soluções permitirá, alcançar uma maior eficiência energética dos edifícios públicos.

## 5.2 Trabalhos futuros

Para trabalhos futuros, sugere-se:

- A análise da criação de comunidades energéticas entre organismos públicos, como a Escola Afonso III, o Departamento de Psiquiatria e Saúde Mental do Hospital de Faro e o edifício da Antiga Escola Superior de Saúde da UALG. Este estudo

poderá explorar a viabilidade de estabelecer uma rede local de produção de energia, promovendo uma gestão mais eficiente dos recursos energéticos e reduzindo a dependência de fontes externas. A utilização de painéis fotovoltaicos e sistemas de armazenamento poderá maximizar a autossuficiência energética destes edifícios, gerando benefícios económicos e ambientais significativos.

- A avaliação da implementação de sistemas de vegetação vertical (Vertical Greenery Systems - VGS) no Teatro Municipal das Figuras. Este sistema poderá melhorar a eficiência energética do edifício, proporcionando isolamento térmico, reduzindo a necessidade de climatização artificial e diminuindo a pegada carbónica associada ao funcionamento do edifício.
- A aplicação do protocolo internacional IPMVP (International Performance Measurement & Verification Protocol) como metodologia para avaliar a eficácia das medidas implementadas.
- A realização de uma análise quantitativa de custo-benefício, contemplando os seguintes aspetos:
  - A instalação de painéis fotovoltaicos na configuração atual do terraço do Teatro Municipal das Figuras;
  - A instalação de painéis fotovoltaicos numa configuração que permita maior exposição solar através de estruturas ajustáveis;
  - A aquisição de uma bateria de condensadores para corrigir o fator de potência, conforme proposto neste projeto.

Estas iniciativas visam aprofundar a eficiência energética e a sustentabilidade em edifícios públicos, contribuindo para uma gestão mais racional e ecológica dos recursos disponíveis.

## Referências

- 5.5 - RECS, G. S. (s.d.). *5.5 - Medidas de Melhoria (RECS)*. doi:[https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2020/04/5.5-Guia-SCE-Medidas-Melhoria-RECS\\_V1-1.pdf](https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2020/04/5.5-Guia-SCE-Medidas-Melhoria-RECS_V1-1.pdf)
- A.S.N. Huda, S. T. (2013). Suitable features selection for monitoring thermal condition of electrical equipment using infrared thermography. *ELSEVIER*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.infrared.2013.04.012>
- Angeliki Kylili, P. A. (2014). Aplicações de termografia infravermelha (IRT) para diagnóstico de edifícios: uma revisão. *Science Direct*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.08.005>
- Angeliki Kylili, P. A. (2014). Infrared thermography (IRT) applications for building diagnostics: A review. *ELSEVIER*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.08.005>
- C. Marino, A. N. (2013). An energy self-sufficient public building using integrated renewable sources and hydrogen storage. *ELSEVIER*. doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544213000844>
- C.A. Balaras\*, A. A. (2002). Infrared thermography for building diagnostics. *ELSEVIER*. doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778801001050>
- Cineteatros, R. d. (s.d.). <https://www.rtcp.pt/pt/espacos/teatro-das-figuras/>. doi:<https://www.rtcp.pt/pt/espacos/teatro-das-figuras/>
- db PRUFTECHNIK, A Fluke reliability brand. (2017). *An Engineer's Guide Making Maintenance Matter*. doi:chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.pruftechnik.com/fileadmin/Know-How/Engineers\\_Guide/EngineersGuide\\_handbook\\_ALI-9.600\\_092017\\_en.pdf](https://www.pruftechnik.com/fileadmin/Know-How/Engineers_Guide/EngineersGuide_handbook_ALI-9.600_092017_en.pdf)
- Decreto-Lei n.º 15/2022. (s.d.). Decreto-Lei n.º 15/2022. *Diário da República, 1.ª série*. doi:<https://files.diariodarepublica.pt/1s/2022/01/01000/0000300185.pdf>
- Diario da Republica. (2024). Diretiva n.º 10/2024 - Parte E. *Diario da Republica*, 243. doi:chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.erse.pt/media/aikfu/v4t/diretiva-10\\_2024-tarifas-e-pre%C3%A7os-para-2024.pdf](https://www.erse.pt/media/aikfu/v4t/diretiva-10_2024-tarifas-e-pre%C3%A7os-para-2024.pdf)
- EDP. (2024). *Composição dos preços da electricidade*. doi:<https://www.edp.pt/composicao-precos-eletricidade/>
- ERSE. (s.d.). *ERSE*. doi:<https://www.erse.pt/comunicacao/destaques/entidades-reguladoras-apoiam-a-proposta-dos-operadores-de-mercado-diario-de-energia-electrica-epex-spot-nord-pool-spot-e-omel-para-o-acoplamento-dos-precos-dos-respectivos-mercados/>
- Josué, J. G. (2010). Projecto e construção de um sistema de monitorização de energia para uma habitação. doi:[https://run.unl.pt/bitstream/10362/4866/1/Josue\\_2010.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/4866/1/Josue_2010.pdf)
- Lucchi\*, E. (2018). Applications of the infrared thermography in the energy audit of buildings: A review. *ELSEVIER*. doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117314119>
- Luis M. Lopez-Ochoa, J. L.-H.-C.-A.-G. (2021). Towards nearly zero-energy buildings in Mediterranean countries: Fifteen years of implementing the Energy Performance of Buildings Directive in Spain (2006–2020). *ELSEVIER*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.job.2021.102962>

- Maria Teresa Gomes Barbosa \*, V. J. (2021). Thermography evaluation strategy proposal due moisture damage on building facades. *ELSEVIER*.  
doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710221004125>
- Matthew Fox\*, S. G. (2016). Building defect detection: External versus internal thermography. *ELSEVIER*.  
doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132316302189>
- Md. Manjur Ahmed, A. H. (2014). Recursive construction of output-context fuzzy systems for the condition monitoring of electrical hotspots based on infrared thermography. *ELSEVIER*.  
doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0952197614002826>
- OMI. (s.d.). *Conselho de Administração da OMEL*.  
doi:<https://www.grupoomi.eu/pt/conselhos>
- Pixel Thermographics. (s.d.). *Pixel Thermographics*.  
doi:[https://www.pixelthermographics.co.uk/wp-content/uploads/2021/07/Thermal\\_Imaging\\_Water\\_Leak\\_Detection\\_Services\\_Sample\\_Report.pdf](https://www.pixelthermographics.co.uk/wp-content/uploads/2021/07/Thermal_Imaging_Water_Leak_Detection_Services_Sample_Report.pdf)
- Porto Editora - foyer. (15 de 12 de 2022). <https://www.infopedia.pt/>.  
doi:<https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/foyer>
- Ribeiro, J. A. (2017). *Monitorização e Manutenção de Equipamentos Industriais*. Editora Técnico-Científica.
- Rodrigues, A. M., Piedade, A. C., & Braga, A. M. (2009). *Térmica de Edifícios*. Edições Orion.
- Stephen Vidas, b. P. (2013). HeatWave: A handheld 3D thermography system for energy auditing. *ELSEVIER*.  
doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778813004180>
- T. Markeset & U. Kumar. (2003). Integration of RAMS information in design processes-a case study. *Annual Reliability and Maintainability Symposium*.  
doi:10.1109/RAMS.2003.1181929
- Teatro das Figuras - Grande Auditório. (15 de Dezembro de 2022). *Teatro das Figuras*.  
doi:<https://www.teatrodasfiguras.pt/pt/51690/grande-auditorio.aspx#prettyPhoto>
- Teatro das Figuras - Foyer. (15 de Dezembro de 2022).  
<https://www.teatrodasfiguras.pt/pt/default.aspx>.  
doi:<https://www.teatrodasfiguras.pt/pt/51689/foyer.aspx#prettyPhoto>
- Teatro das Figuras - Pequeno Auditório. (15 de Dezembro de 2022).  
<https://www.teatrodasfiguras.pt/pt/default.aspx>.  
doi:<https://www.teatrodasfiguras.pt/pt/5960/pequeno-auditorio.aspx>
- Teatro das Figuras. (15 de Dezembro de 2022).  
<https://www.teatrodasfiguras.pt/pt/default.aspx>.  
doi:<https://www.teatrodasfiguras.pt/pt/menu/829/espacos.aspx>
- Teixeira, J. &. (2015). *Termografia Aplicada à Auditoria Energética de Edifícios: Princípios e Técnicas*. Porto: Editora.
- Thuy Chu, T. N. (2024). Uma revisão da análise de vibração e suas aplicações. *Science direct*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26282>
- Yorkshire, R. S. (s.d.). <https://www.retrofitprojects.co.uk/>.  
doi:<https://www.retrofitprojects.co.uk/thermal-imaging-survey/>

## **Apêndices**

1. Termografia
2. Tipos de Filtros na Termografia: Diferenças, Aplicações e Recomendações
3. Geração fotovoltaica
4. Análise de consumos – Período 15 a 26 de Março

# 1. Termografia

## Auditoria ao exterior – Fachada nascente

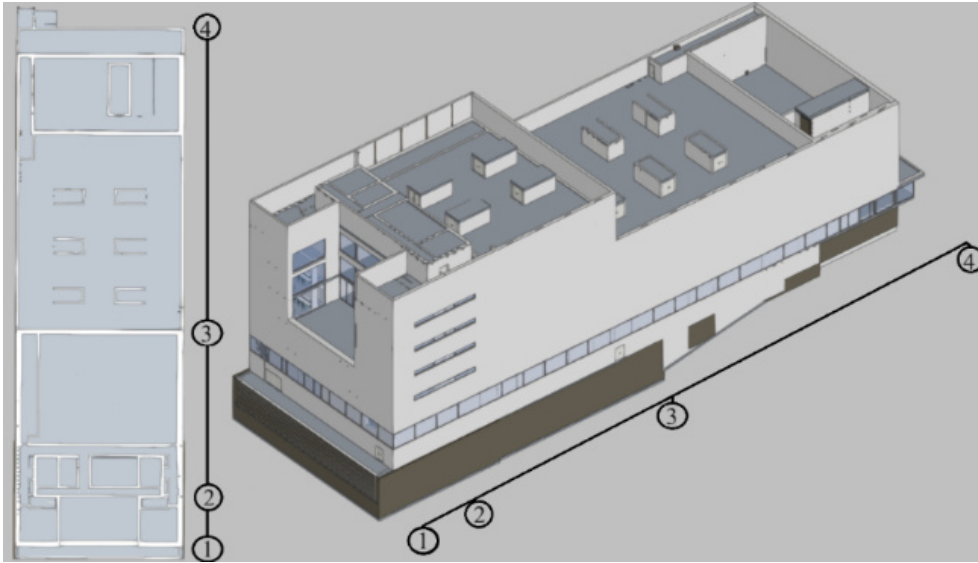


Figura 111 – Protocolo de auditoria ao exterior da fachada nascente.

O protocolo de inspeção às fachadas do edifício, basearam-se na inspeção walk-around.

**Objetivo:** Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas da fachada nascente nos quatro pontos identificados na Figura 111.

### Condições ideais:

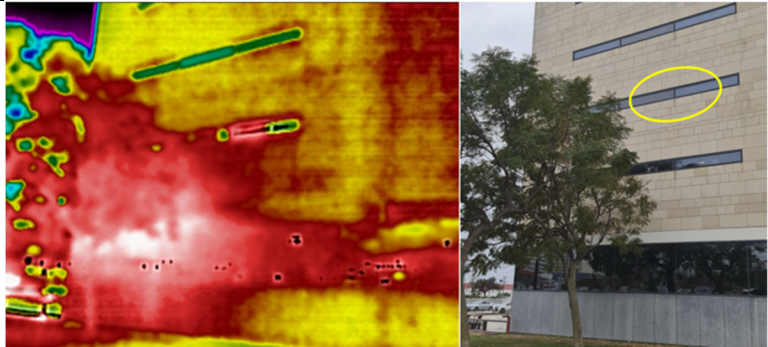
- **Horário:** Final do dia, preferencialmente à noite e durante os meses mais frios.
- **Temperatura:** A diferença de temperatura no interior para o exterior deve ser de pelo menos 10°C acima da temperatura exterior.
- **Pressão:** Pressurização do interior do edifício em 10 Pa.

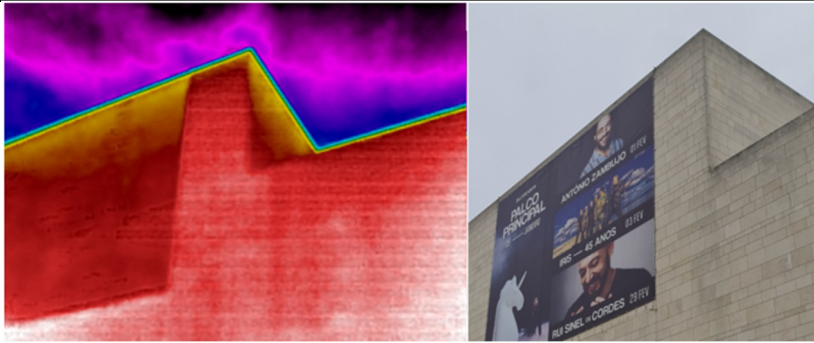
### Condições Meteorológicas:

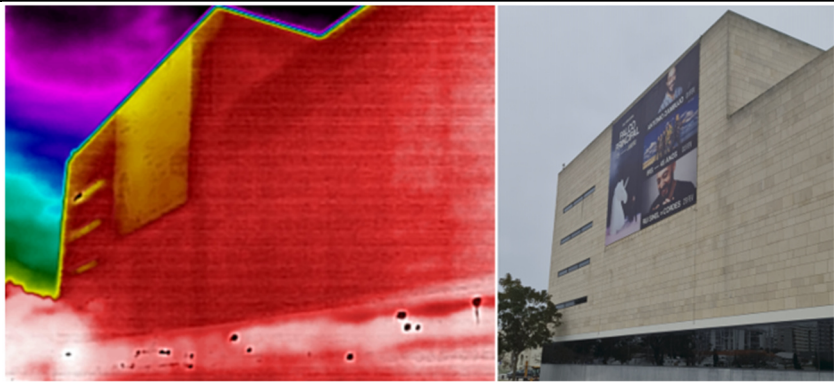
- Velocidade do vento ( $v$ ) inferior a 5 m/s.
- Oito a doze horas sem exposição solar e sem exposição solar direta durante a auditoria.
- Se realizada durante o dia, em condições nubladas para evitar o reflexo do céu claro.

### Objetivos:

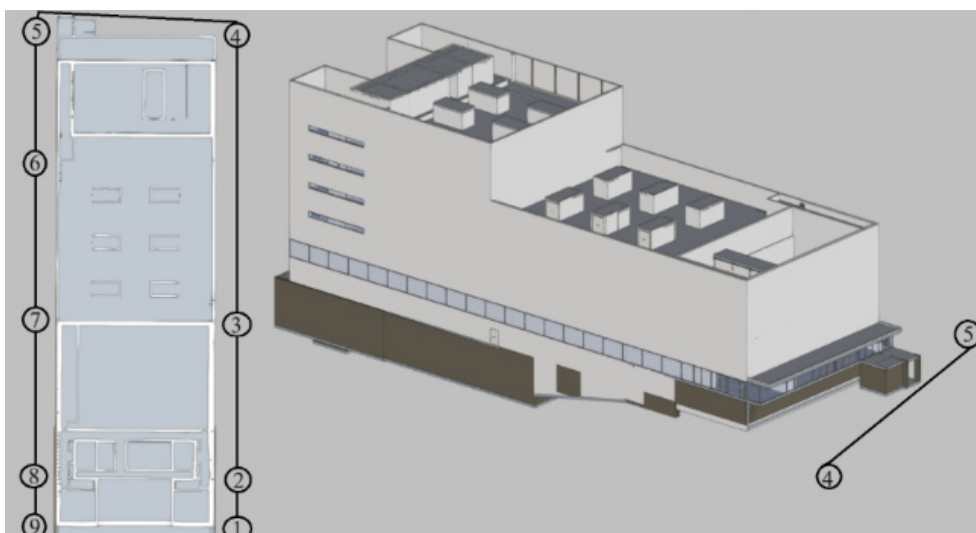
- Caracterização térmica de paredes, vidros e janelas.
- Detecção de pontes térmicas e áreas de perdas excessivas de calor.
- Isolamento térmico.
- Fugas de ar.
- Detecção de humidade e água

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Inconclusivo						
Walk-around	Fachada nascente	11/01/2024							
 <p><i>Figura 112 – Imagem termográfica e fotografia digital, fachada nascente.</i></p> <p>Nota: Esta zona tem uma árvore muito próxima do edifício. Ao captar a imagem termográfica, também captou a árvore e devido a esta situação, houve uma interferência na distribuição de cores.</p> <p>Perda de calor pela janela do 2º piso, identificada pelo círculo amarelo.</p> <p>Estas situações levantam dúvidas.</p> <p>Quando captamos plantas ou animais, temos de ter em consideração até que ponto a distribuição das cores não influencia a nossa análise.</p> <p>Sugestões de mitigação: Não aplicável.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas da fachada nascente no ponto 2 identificado na Figura 111.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">Temperatura máxima</td> <td style="width: 30%;">9,2°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura mínima</td> <td>6,0°C</td> </tr> <tr> <td>Requere nova análise</td> <td>Sim</td> </tr> </table>				Temperatura máxima	9,2°C	Temperatura mínima	6,0°C	Requere nova análise	Sim
Temperatura máxima	9,2°C								
Temperatura mínima	6,0°C								
Requere nova análise	Sim								

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Em conformidade						
Walk-around	Fachada nascente	11/01/2024							
 <p><i>Figura 113 – Imagem termográfica e fotografia digital, fachada nascente, fronteira do bloco A com o bloco B.</i></p> <p>Nota: Observa-se que a zona do 4.º e 5.º pisos do bloco A apresenta uma tonalidade mais escura, o que se deve à presença de uma faixa de publicidade. Na área visível, o edifício não apresenta não conformidades.</p> <p>Sugestões de mitigação: Não aplicável.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas da fachada nascente no ponto 3 identificado na Figura 111.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">Temperatura máxima</td> <td style="width: 30%;">9,6°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura mínima</td> <td>6,4°C</td> </tr> <tr> <td>Requere nova análise</td> <td>Não</td> </tr> </table>				Temperatura máxima	9,6°C	Temperatura mínima	6,4°C	Requere nova análise	Não
Temperatura máxima	9,6°C								
Temperatura mínima	6,4°C								
Requere nova análise	Não								

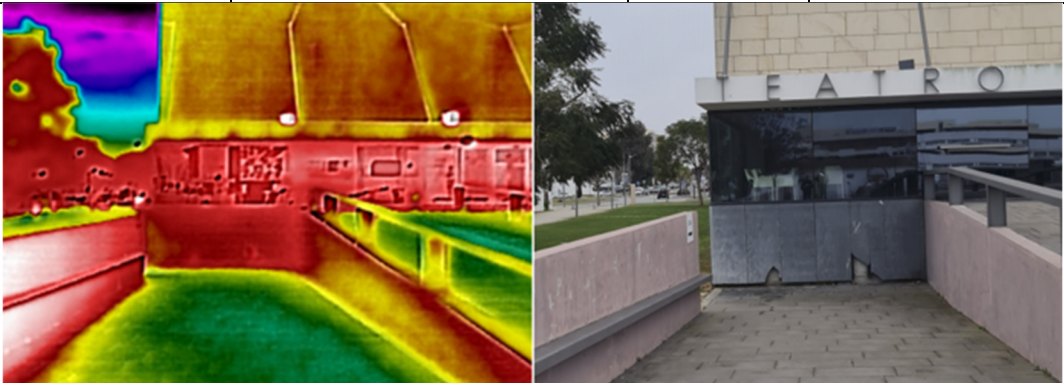
Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Em conformidade
Walk-around	Fachada nascente	11/01/2024	
 <p><i>Figura 114 – Imagem termográfica e fotografia digital, fachada nascente.</i></p> <p>Nota: Nesta imagem, embora tenha sido captada a árvore, é possível realizar uma análise quanto à condição da parede do lado nascente.          Não apresenta sinais de degradação, com exceção da não conformidade já identificada na captura da Figura 132.</p> <p>Sugestões de mitigação:          Não aplicável</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas da fachada nascente no ponto 4 identificado na Figura 111.</p>			
Temperatura máxima		9,6°C	
Temperatura mínima		6,4°C	
Requere nova análise		Não	

### Auditoria ao exterior – Fachada norte

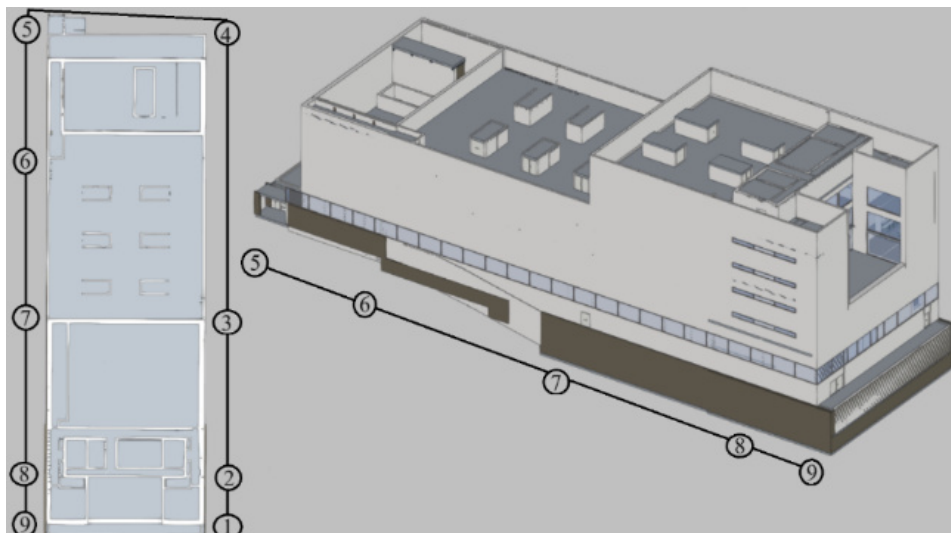


*Figura 115 – Fachada norte.*

**Objetivo:** Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas da fachada norte ao longo dos dois pontos identificados na Figura 115.

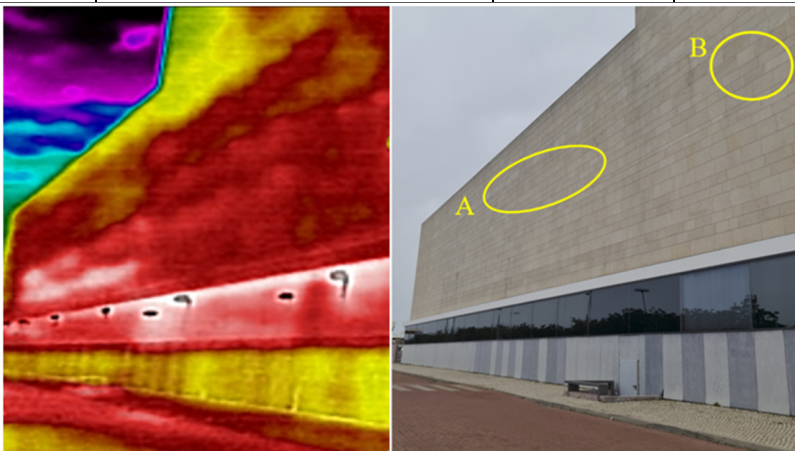
Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Em conformidade						
Walk-around	Fachada norte	11/01/2024	Em conformidade						
 <p><i>Figura 116 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto norte-nascente da fachada norte.</i></p> <p>Nota: Verifica-se uma concentração de calor na zona do bar e do foyer.  Na parte superior da entrada do foyer, podem observar-se alterações na cor da imagem; no entanto, podemos assumir que se trata do vento que se fazia sentir no momento da captura da imagem.  É detetável, na parte inferior do bar, a degradação das lajes e a falta de material, bem como a perda de calor nessa zona.</p> <p>Sugestões de mitigação:  Substituição das lajes</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas da fachada norte no ponto 4 identificado na Figura 115.</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Temperatura máxima</td> <td>15,6°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura mínima</td> <td>8,6°C</td> </tr> <tr> <td>Requere nova análise</td> <td>Não</td> </tr> </table>				Temperatura máxima	15,6°C	Temperatura mínima	8,6°C	Requere nova análise	Não
Temperatura máxima	15,6°C								
Temperatura mínima	8,6°C								
Requere nova análise	Não								

### Auditoria ao exterior – Fachada poente

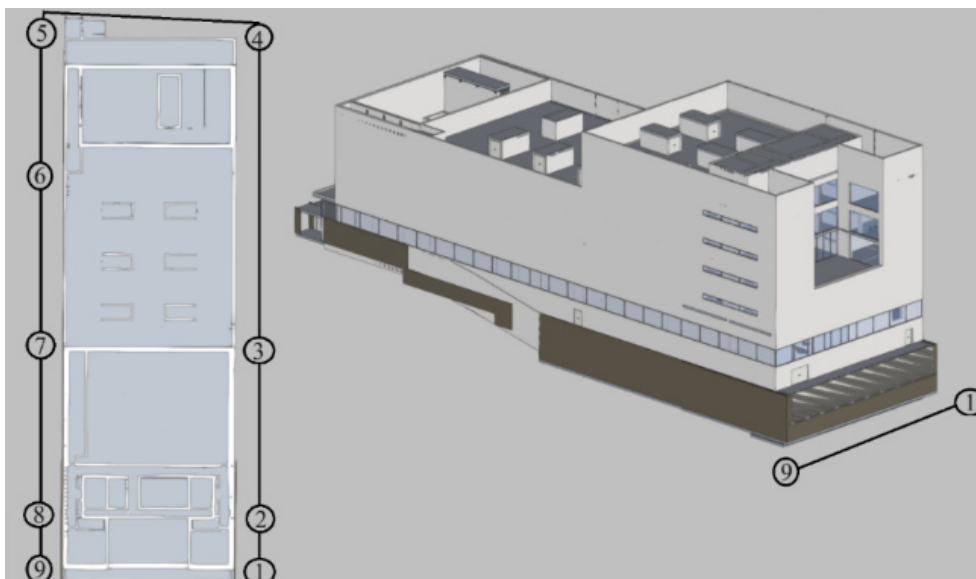


*Figura 117 – Fachada poente.*

**Objetivo:** Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas da fachada poente ao longo dos cinco pontos identificados na Figura 117.


Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Inconclusivo						
Walk-around	Fachada poente	11/01/2024							
 <p><i>Figura 118 – Imagem termográfica e fotografia digital, fachada poente.</i></p> <p>Nota: Infiltração de humidade pela parte superior do corpo B, identificado pelo círculo A.</p> <p>Suspeita de infiltração de humidade no corpo A, identificado pelo círculo B.</p> <p>Neste caso, para obter conclusões mais precisas, recomenda-se a termografia com recurso a drones, de forma a analisar os pisos superiores, sem a necessidade de recorrer à instalação de estruturas amovíveis.</p> <p>Sugestões de mitigação: Não aplicável</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas da fachada poente no ponto 7 identificado na Figura 117.</p> <table border="1"> <tr> <td>Temperatura máxima</td> <td>15,5°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura mínima</td> <td>11,3°C</td> </tr> <tr> <td>Requere nova análise</td> <td>Sim</td> </tr> </table>				Temperatura máxima	15,5°C	Temperatura mínima	11,3°C	Requere nova análise	Sim
Temperatura máxima	15,5°C								
Temperatura mínima	11,3°C								
Requere nova análise	Sim								

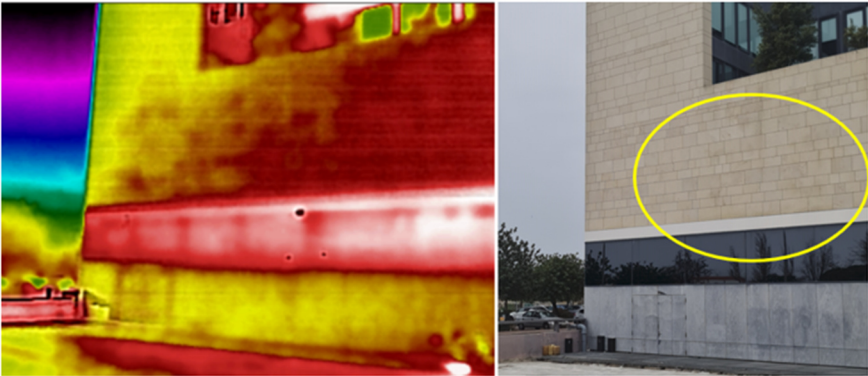
### Auditoria ao exterior – Fachada sul

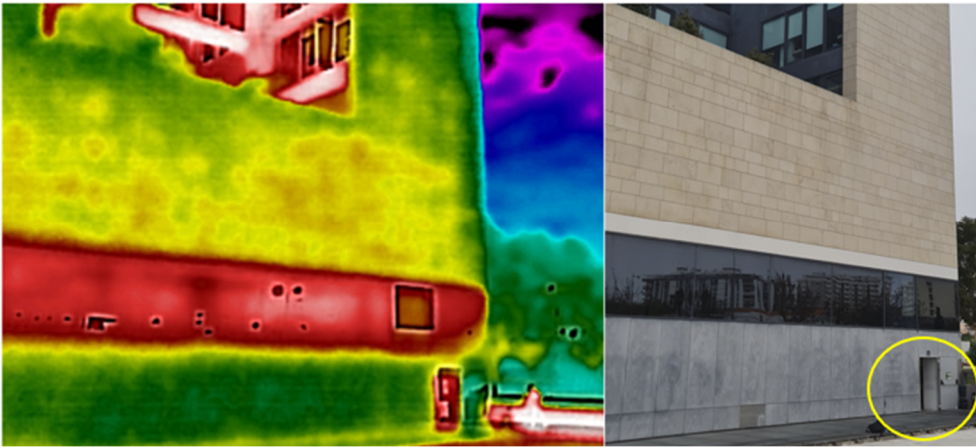


*Figura 119 – Fachada sul.*

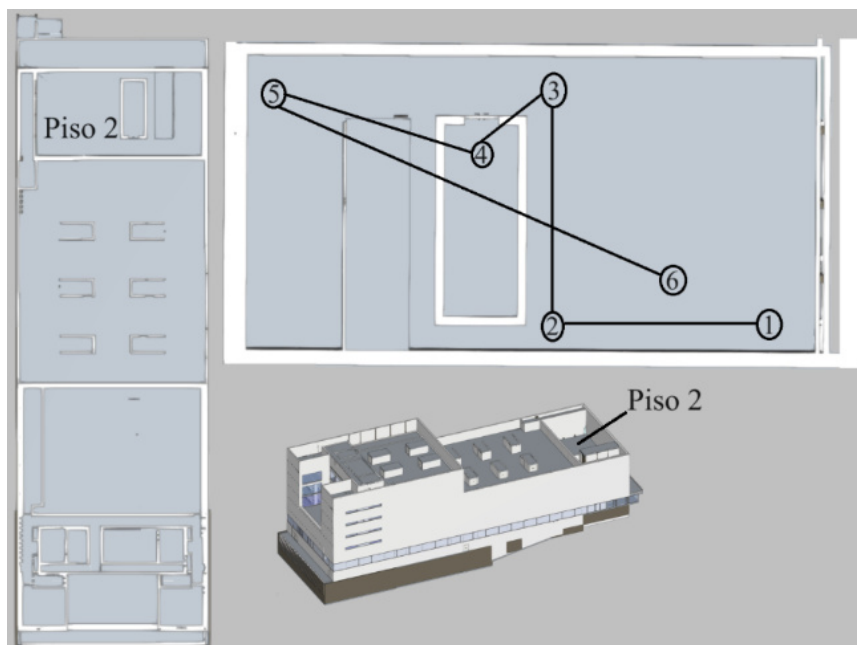
**Objetivo:** Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas da fachada sul ao longo dos dois pontos identificados na Figura 119.

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Em conformidade
Walk-around	Fachada sul	11/01/2024	
 <p><i>Figura 120 – Imagem termográfica e fotografia digital, fachada sul.</i></p> <p>Nota: Infiltração de ar frio no topo do portão e acumulação de calor no envidraçado. Concentração de calor na parte superior da caixilharia em especial a meio da parede Sul, identificado pelo círculo a amarelo.</p> <p>Sugestões de mitigação: A instalação de borrachas vedantes no portão para melhorar o isolamento. Para a caixilharia a colocação de silicone.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas da fachada sul no ponto 9 identificado na Figura 119.</p>			
Temperatura máxima			16,6°C
Temperatura mínima			12,3°C
Requere nova análise			Não

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Em conformidade
Walk-around	Fachada sul	11/01/2024	
 <p><i>Figura 121 – Imagem termográfica e fotografia digital, Fachada sul.</i></p> <p>Nota: Concentração de calor no envidraçado e na parte superior ao envidraçado identificada pelo círculo a amarelo; as perdas de calor do portão já foram relatadas na Figura 140.</p> <p>Sugestões de mitigação: Não aplicável.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas da fachada sul no ponto 1 identificado na Figura 119.</p>			
Temperatura máxima			15,3°C
Temperatura mínima			11,0°C
Requere nova análise			Não

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Em conformidade						
Walk-around	Fachada sul	11/01/2024							
 <p><i>Figura 122 – Imagem termográfica e fotografia digital, fachada sul, porta de acesso Staff.</i></p> <p>Nota: Concentração de calor no envidraçado; acentuada perda de calor através da porta de acesso do Staff, assinalada pelo círculo amarelo.</p> <p>Sugestões de mitigação:  Instalação de porta interior de abertura por aproximação automática.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas da fachada sul no ponto 9 identificado na Figura 119.</p> <table border="1"> <tr> <td>Temperatura máxima</td> <td>20,4°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura mínima</td> <td>16,2°C</td> </tr> <tr> <td>Requere nova análise</td> <td>Não</td> </tr> </table>				Temperatura máxima	20,4°C	Temperatura mínima	16,2°C	Requere nova análise	Não
Temperatura máxima	20,4°C								
Temperatura mínima	16,2°C								
Requere nova análise	Não								

### Auditoria ao exterior – Piso 2 (Pátio das instalações)



*Figura 123 – Protocolo de auditoria externa ao pátio das instalações no Piso 2.*

O protocolo de inspeção ao pátio das instalações no piso 2, baseou-se na inspeção walk-around e walk-through para o ponto 4.

**Objetivo:** Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas nos seis pontos identificados na Figura 123.

### Condições ideais:

**Horário:** Final do dia, preferencialmente à noite e durante os meses mais frios.

**Temperatura:** A diferença de temperatura no interior para o exterior deve ser de pelo menos 10°C acima da temperatura exterior.

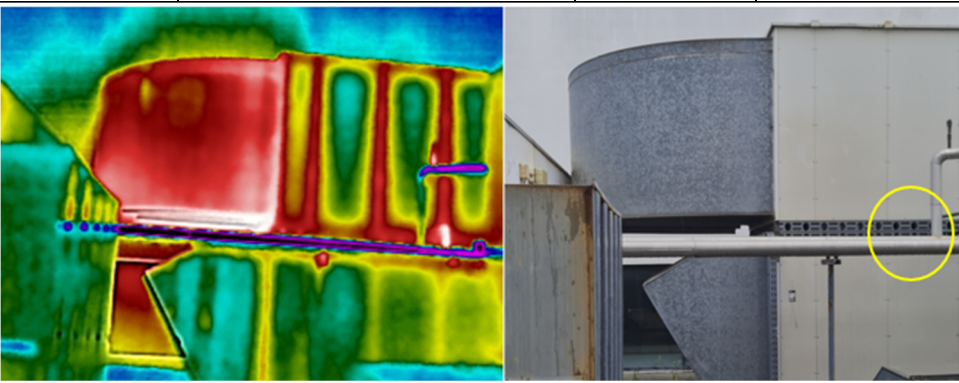
**Pressão:** Pressurização do interior do edifício em 10 Pa.

### Condições Meteorológicas:

- Velocidade do vento ( $v$ ) inferior a 5 m/s.
- Oito a doze horas sem exposição solar e sem exposição solar direta durante a auditoria.
- Se realizada durante o dia, em condições nubladas para evitar o reflexo do céu claro.

### Objetivos:

- Caracterização térmica de paredes, vidros e janelas.
- Detecção de pontes térmicas e áreas de perdas excessivas de calor.
- Isolamento térmico.
- Fugas de ar.
- Detecção de humidade e água
- Caracterização do sistema AVAC (Isolamento das redes de distribuição, condutas, válvulas do sistema AVAC, estado operacional do fornecimento de ar, fugas de ar das instalações, fugas de água nas condutas).

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Inconclusivo
Walk-around	Piso 2 – Pátio instalações	11/01/2024	
			
<p>Figura 124 – Imagem termográfica e fotografia digital, UTA.</p> <p>Nota: Perda de calor pela conduta de insuflação da UTA. Aparente fuga de ar quente na parte inferior direita da conduta de insuflação, identificado pelo círculo a amarelo.</p>			
Sugestões de mitigação: Requer uma nova análise.			
Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento da superfície externas localizada no ponto 2 identificado na Figura 123.			
Temperatura máxima		18,8°C	
Temperatura mínima		10,2°C	
Requer nova análise		Sim	

## Auditoria ao exterior – Piso 5 (Cobertura)

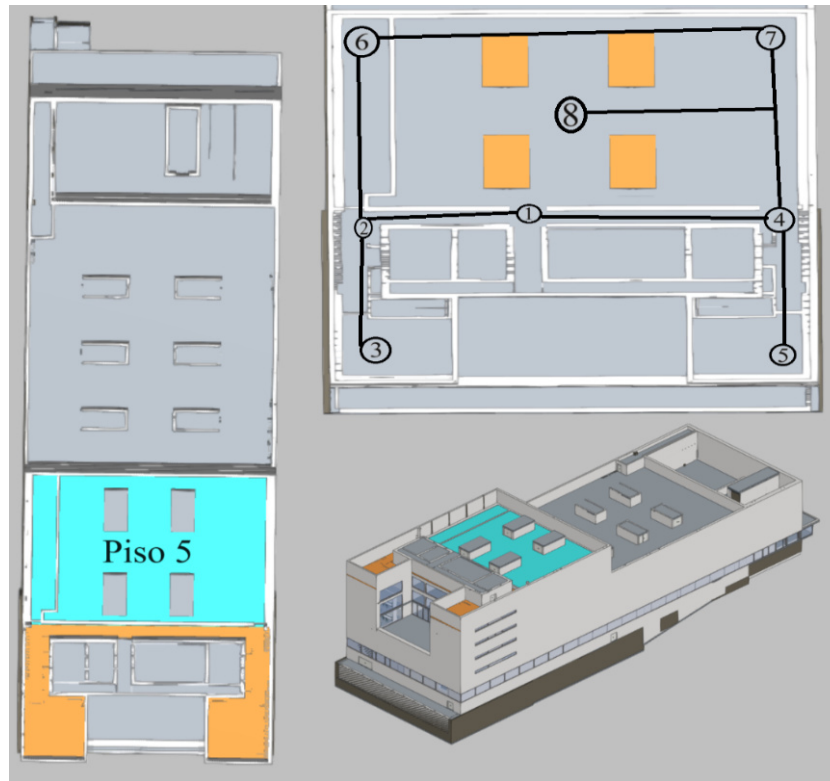
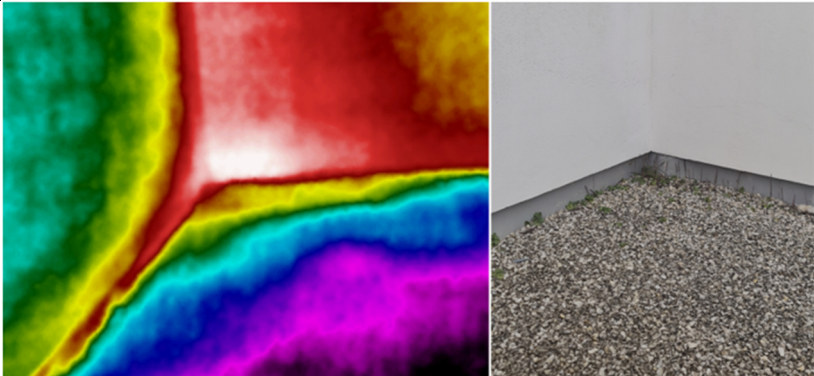


Figura 125 – Protocolo de auditoria externa a cobertura do 5º Piso.

O protocolo de inspeção à cobertura do 5º piso, baseou-se na inspeção walk-around.

**Objetivo:** Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas nos oito pontos.

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Em conformidade
Walk-around	Piso 5 - Cobertura	11/01/2024	Em conformidade
<p>Figura 126 – Imagem termográfica e fotografia digital, condutas de ventilação.</p> <p>Nota: É possível verificar a perda de calor através das condutas, mas estas não apresentam sinais de fugas. As diferenças de tonalidades devem-se à diferença de material.</p>			
<p>Sugestões de mitigação: Não se aplica.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas no ponto 5 identificado na Figura 125.</p>			
Temperatura máxima		13,2°C	
Temperatura mínima		6,4°C	
Requere nova análise		Não	

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Em conformidade
Walk-around	Piso 5 – Cobertura	11/01/2024	
			
<p>Figura 127 – Imagem termográfica e fotografia digital, canto da parede nascente-sul.</p> <p>Nota: Perda de calor através da ponte térmica no canto da parede nascente-sul.</p>			
Sugestões de mitigação: Verificação do sistema de drenagem.			
Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento de todas as superfícies externas no ponto 5 identificado na Figura 125.			
Temperatura máxima		16,1°C	
Temperatura mínima		9,2°C	
Requere nova análise		Não	

### Auditoria ao Interior – Auditório

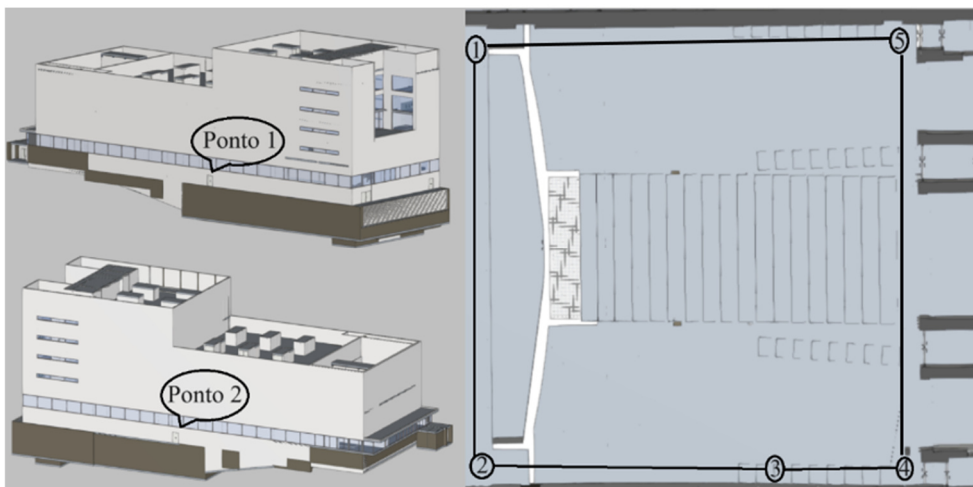
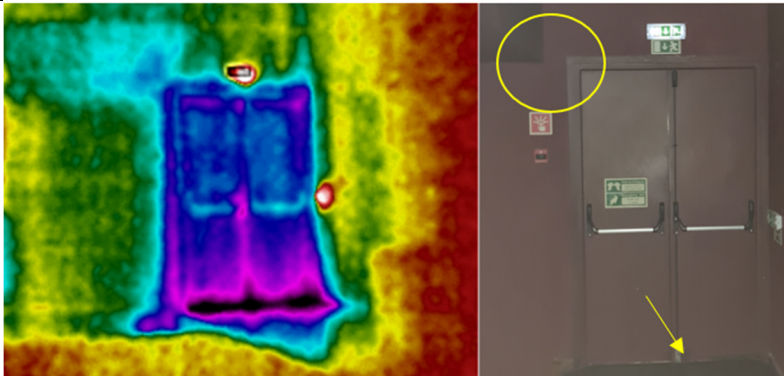
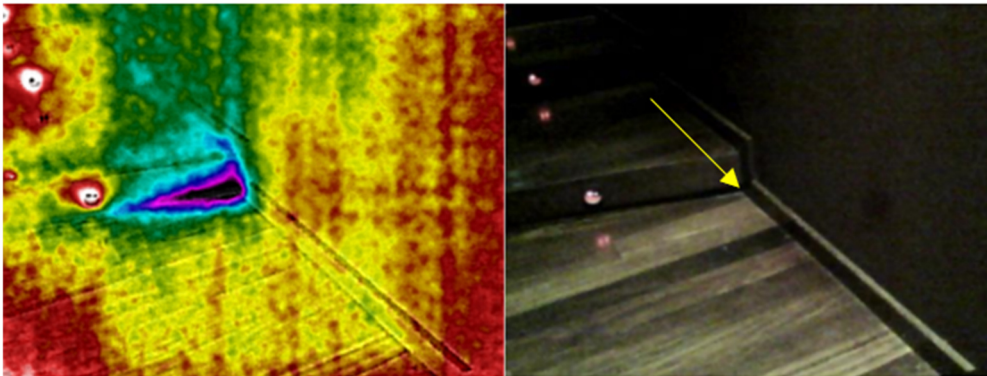


Figura 128 – Protocolo de auditoria ao interior ao auditório.

O protocolo de inspeção ao auditório, baseou-se na inspeção walk-through.

**Objetivo:** Realizar o mapeamento do perímetro do auditório, identificado pelos cinco pontos da Figura 128.

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Inconclusivo
Walk-through	Auditório	09/01/2024	
			
<p>Figura 129 – Imagem termográfica e fotografia digital, porta nascente auditório.</p> <p>Nota: Infiltração de ar frio e de humidade, no auditório pela parte inferior da porta Nascente junto ao palco, identificado pela seta.</p> <p>Falha no isolamento no canto superior esquerdo da imagem, identificado pelo círculo a amarelo.</p> <p>Requer nova análise para identificar a origem desta zona fria.</p>			
<p>Sugestões de mitigação:</p> <p>Requer nova análise.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do perímetro do auditório, identificado pelo ponto 2 da Figura 128.</p>			
Temperatura máxima			18,6°C
Temperatura mínima			14,0°C
Requer nova análise			Sim

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Em conformidade
Walk-through	Auditório	09/01/2024	
			
<p>Figura 130 – Imagem termográfica e fotografia digital, corredor nascente do auditório.</p> <p>Nota: No corredor nascente não foram detetadas anomalias, com a exceção de ter sido detetada a falta de uma pequena parte do pavimento em madeira, como é possível verificar na área mais escura da imagem, identificado pela seta.</p>			
<p>Sugestões de mitigação:</p> <p>Situação já reparada.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do perímetro do auditório, identificado pelo ponto 3 da Figura 128.</p>			
Temperatura máxima			16,9°C
Temperatura mínima			15,4°C
Requer nova análise			Não

## Auditoria ao Interior – Pequeno auditório

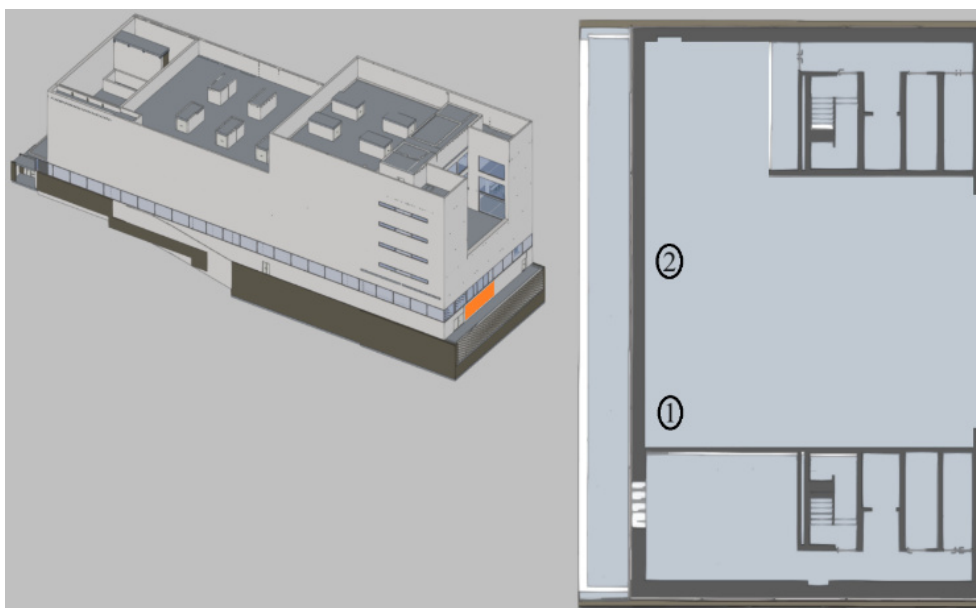


Figura 131 – Protocolo de auditoria ao interior ao pequeno auditório.

O protocolo de inspeção ao pequeno auditório, baseou-se na inspeção walk-through.

**Objetivo:** Realizar o mapeamento dos pontos 1 e 2 do pequeno auditório identificados na Figura 131 para verificar a não conformidade reportada pelos serviços técnicos.

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Inconclusivo
Walk-through	Pequeno auditório	09/01/2024	
<p>Nota: Acumulação de humidade no canto junto ao teto do pequeno auditório, identificado pelo círculo amarelo. Embora já conhecida, esta não conformidade recomenda-se uma análise mais detalhada para compreender a origem.</p>			
<p>Sugestões de mitigação: Requer nova análise.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do ponto 1 do pequeno auditório identificado na Figura 131.</p>			
Temperatura máxima			18,1°C
Temperatura mínima			16,3°C
Requer nova análise			Sim

## Quadro Geral

O protocolo de inspeção ao quadro geral, baseou-se na inspeção walk-through.

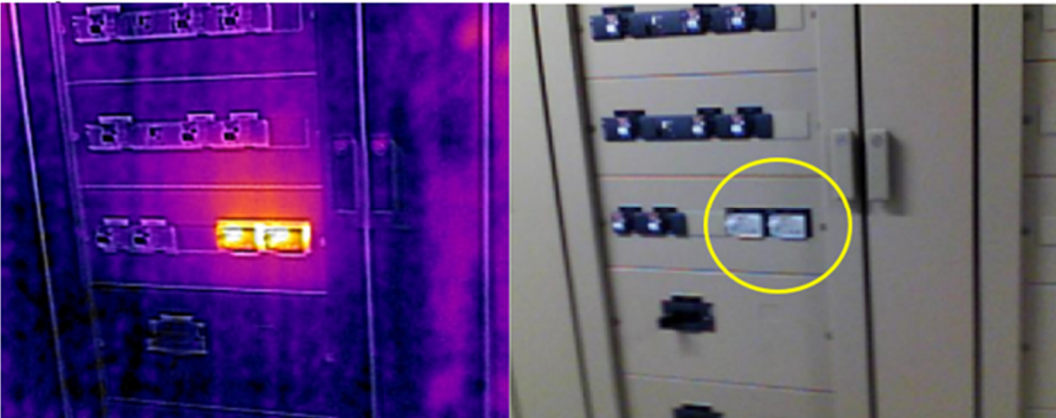
**Objetivo:** Realizar o mapeamento do quadro geral.

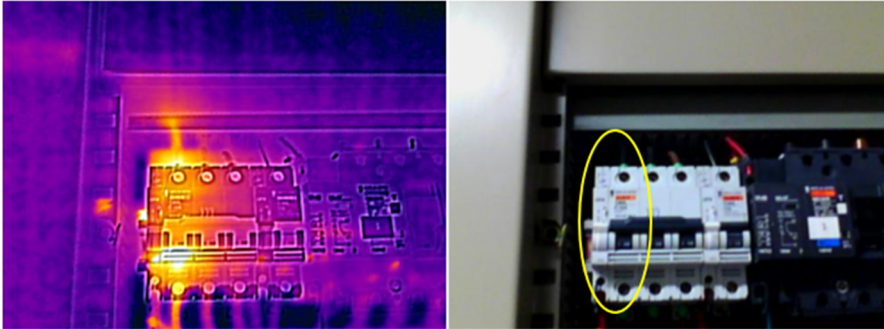
### Condições Ideais para o interior:


- **Horário:** Durante o dia.
- **Temperatura:** A temperatura do interior deve estar pelo menos 5°C acima da temperatura do exterior durante 24 horas antes da auditoria.
- **Pressão:** Pressurização do interior das divisões em 10 Pa.
- **Condições Meteorológicas:** Não se aplica.
- **Objetivos:** Caracterização do sistema elétrico

### Procedimento

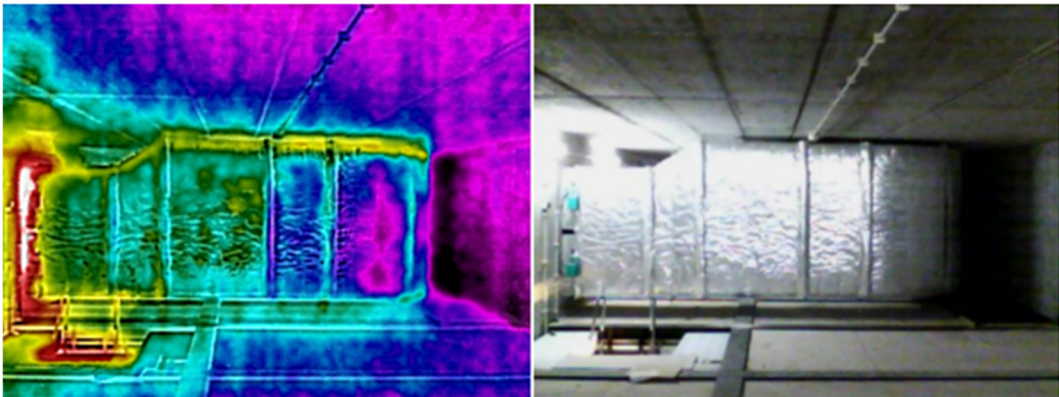
- Efetuar a captura de imagens termográficas do quadro geral.

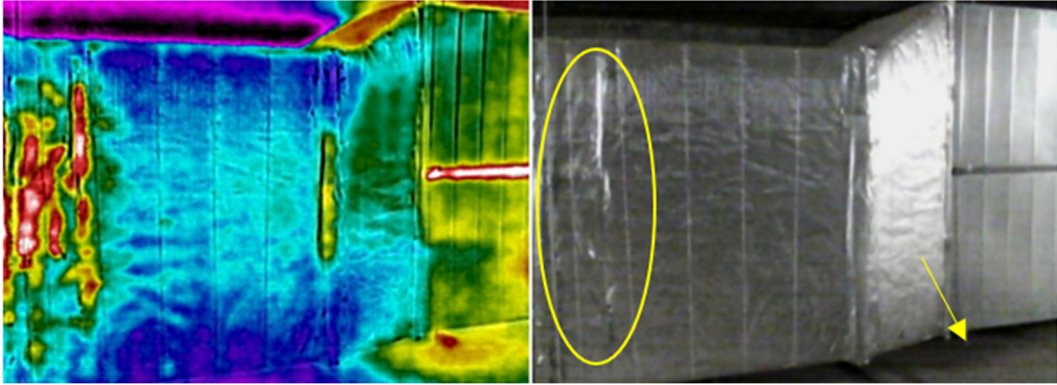
Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Em conformidade
Walk-through	Quadro Geral	09/01/2024	
			
<p><i>Figura 133 – Imagem termográfica e fotografia digital, quadro geral.</i></p> <p>Nota: Confirmação do quadro em funcionamento nos pontos quentes, identificado pelo círculo a amarelo.</p>			
Sugestões de mitigação: Não aplicável			
Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do quadro geral.			
Temperatura máxima			18,5°C
Temperatura mínima			14,4°C
Requere nova análise			Não

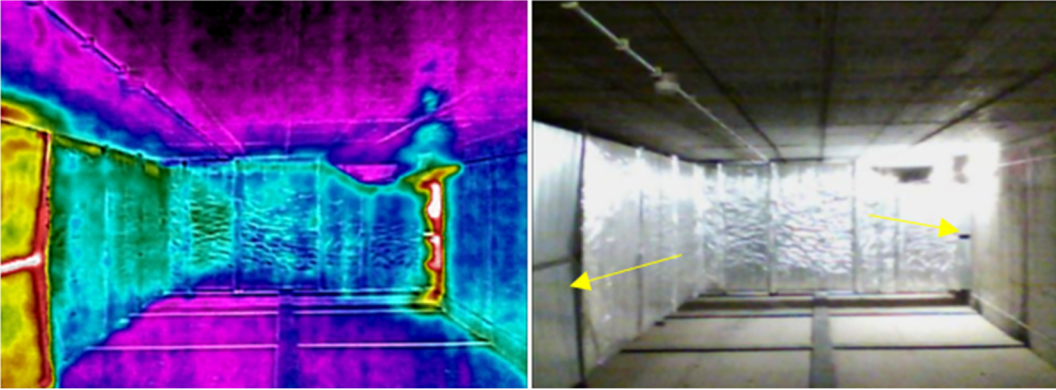
Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Em conformidade
Walk-through	Quadro Geral	09/01/2024	
			
<p><i>Figura 134 – Imagem termográfica e fotografia digital, disjuntores sem proteção, quadro geral.</i></p> <p>Nota: É possível verificar o circuito que está com maior consumo neste conjunto de disjuntores, identificado pelo círculo amarelo.</p> <p>Nesta situação, foi possível confirmar que os terminais estavam bem apertados.</p> <p>Embora a imagem revele um ponto quente nos terminais da esquerda, trata-se do normal funcionamento para esta situação.</p>			
<p>Sugestões de mitigação:</p> <p>    Não aplicável</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do quadro geral.</p>			
Temperatura máxima			18,9°C
Temperatura mínima			15,1°C
Requere nova análise			Não

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Inconclusivo
Walk-through	Quadro Geral	11/01/2024	
			
<p><i>Figura 135 – Imagem termográfica e fotografia digital, disjuntor, quadro geral.</i></p> <p>Nota: Para uma análise mais fidedigna, teríamos de retirar as proteções para termos acesso aos terminais; contudo, podemos verificar um ponto quente na imagem, identificado pelo círculo.</p> <p>Embora se trate de um disjuntor diferente da imagem anterior, a temperatura deste ponto é praticamente o dobro quando comparada com a imagem anterior.</p> <p>Nesta situação, recomenda-se uma nova análise verificar se esta diferença de temperaturas se deve ao fato de os terminais estarem mal apertados ou se é o consumo normal para as condições em que temos uma ocupação e funcionamento total do edifício.</p>			
Sugestões de mitigação:			
Requer nova análise.			
Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento do quadro geral.			
Temperatura máxima	32,3°C		
Temperatura mínima	16,9°C		
Requere nova análise	Sim		

## Auditoria ao sistema AVAC (Interior do edifício)

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Em conformidade
Walk-through	AVAC	11/01/2024	
 <p><i>Figura 136 – Imagem termográfica e fotografia digital, conduta do sistema de climatização do auditório.</i></p> <p>Nota: O isolamento da conduta está em boas condições, e conforme esperado a perda de calor está a acontecer na parte que não existe isolamento.</p>			
Sugestões de mitigação: Não aplicável.			
Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento da conduta do sistema de climatização do auditório.			
Temperatura máxima		18,2°C	
Temperatura mínima		13,3°C	
Requere nova análise		Não	

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Inconclusivo
Walk-through	AVAC	11/01/2024	
 <p><i>Figura 137 – Imagem termográfica e fotografia digital, conduta do sistema de climatização do auditório.</i></p> <p>Nota: A conduta aparenta estar com uma fuga na área a vermelho à esquerda da imagem, identificado pelo círculo amarelo. Na parte inferior direita da imagem, existe uma pequena fuga da conduta, identificado pela seta.</p> <p>Sugestões de mitigação: Confirmar se as fugas são reais ou se se trata de furos calibrados que estão a provocar o aumento da temperatura nos sítios identificados. Consoante o resultado obtido, elaborar um plano de acção.</p> <p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento da conduta do sistema de climatização do auditório.</p>			
Temperatura máxima		17,8°C	
Temperatura mínima		13,1°C	
Requere nova análise		Sim	

Tipo de inspeção	Identificação	Visita	Em conformidade
Walk-through	Piso 3 – Átrio do Bar	11/01/2024	
			
<p><i>Figura 138 – Imagem termográfica e fotografia digital, conduta do sistema de climatização do auditório, vista do lado poente para nascente.</i></p> <p>Nota: O isolamento da conduta, vista do lado poente para nascente, está em boas condições e, conforme esperado, a perda de calor ocorre na parte em que não existe isolamento, identificado pelas setas.</p>			
<p>Sugestões de mitigação: Não se aplica.</p>			
<p>Objetivo da recolha: Realizar o mapeamento da conduta do sistema de climatização do auditório.</p>			
Temperatura máxima		18,9°C	
Temperatura mínima		14,0°C	
Requere nova análise		Não	

## 2. Tipos de Filtros na Termografia: Diferenças, Aplicações e Recomendações

### Sistema eléctrico

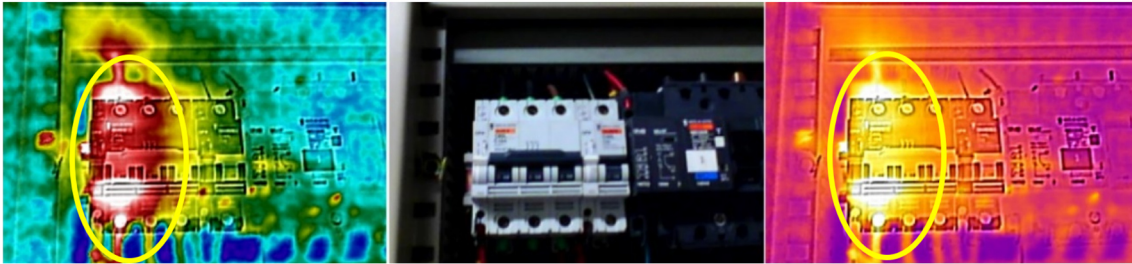


Figura 139- Imagem termográfica filtro Rainbow HC, fotografia digital e filtro Iron.

A termografia aplicada a sistemas eléctricos é uma ferramenta eficaz para identificar pontos de calor e anomalias térmicas. A escolha da paleta de cores é essencial para garantir a clareza da análise.

Na Figura 1, a imagem à esquerda utiliza o filtro *Rainbow HC*, com uma maior variedade de cores, enquanto a imagem central corresponde a uma fotografia digital. A imagem à direita utiliza o filtro *Iron*, com uma paleta reduzida. Esta comparação demonstra como diferentes paletas de cores influenciam a análise térmica.

Uma paleta reduzida, como a do filtro *Iron*, facilita a identificação rápida do ponto de calor ao minimizar o "ruído cromático". Já o filtro *Rainbow HC*, embora permita identificar disjuntores desapertados (assinalados pelo círculo a amarelo), pode dificultar a análise devido à abundância de cores.

Assim, uma paleta reduzida é ideal para inspeções rápidas e objetivas, enquanto uma paleta mais ampla é mais indicada para análises detalhadas, exigindo maior cuidado na interpretação.

### Sistema AVAC



Figura 140 - Imagem termográfica filtro Rainbow HC, fotografia digital e filtro Iron.

A termografia em sistemas AVAC é uma ferramenta eficaz para identificar anomalias térmicas, como fugas de ar, problemas de isolamento ou falhas em componentes. A escolha da paleta de cores é crucial para uma análise precisa.

Na Figura 2, a imagem à esquerda, com o filtro *Rainbow HC*, utiliza uma maior variedade de cores, permitindo identificar facilmente problemas ocultos, como perdas de eficiência ou falhas subtis. A imagem central apresenta uma fotografia digital, enquanto a imagem

à direita, com o filtro *Iron*, utiliza uma paleta reduzida, dificultando a identificação de detalhes mais finos.

A imagem à esquerda destaca claramente a área de transmissão de calor e a sua extensão, enquanto na imagem à direita essa identificação é menos evidente devido à limitação de cores.

Assim, uma paleta com mais cores é mais eficaz para análises detalhadas e para a deteção de problemas ocultos.

## Edifícios

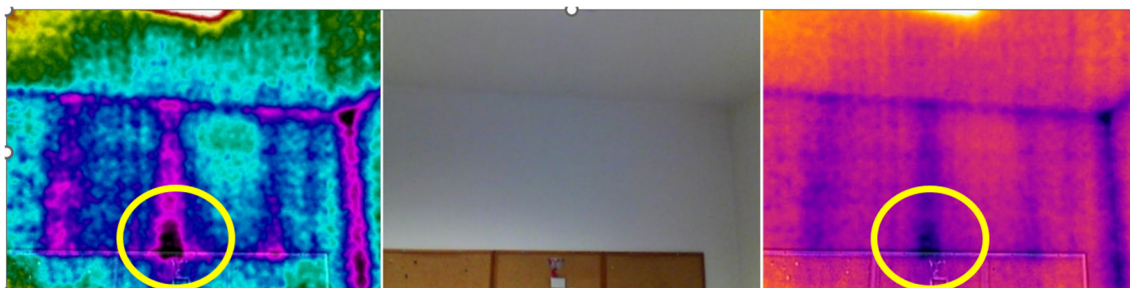


Figura 141 - Imagem termográfica filtro *Rainbow HC*, fotografia digital e filtro *Iron*.

A termografia aplicada à análise de edifícios é uma ferramenta eficaz para identificar problemas térmicos, como falhas de isolamento, infiltrações de ar ou humidade. Tal como nos sistemas AVAC, a escolha da paleta de cores tem um impacto direto na capacidade de identificar anomalias ocultas.

Na Figura 3, verifica-se que uma paleta de cores mais ampla, como a do filtro *Rainbow HC* (imagem à esquerda), facilita a identificação de problemas ocultos, como a acumulação de humidade entre as folhas de peladura, assinalada pelo círculo a amarelo, sendo estas perfeitamente visíveis nesta imagem. Por outro lado, o filtro *Iron* (imagem à direita), com uma paleta de cores reduzida, também permite identificar estas anomalias, mas com menor nitidez e detalhe.

Assim, na análise de edifícios, uma paleta de cores mais ampla é mais eficaz para a deteção de variações térmicas subtis e para a identificação precisa de defeitos estruturais ou térmicos. Em contrapartida, uma paleta reduzida pode ser adequada para inspeções rápidas, mas apresenta limitações em termos de detalhe visual.

### 3. Geração fotovoltaica

	Área da superfície A	Área da superfície B	Total
07:46:00	795,27	374,21	1169,49
08:01:00	795,27	374,27	1169,54
08:16:00	795,27	328,57	1123,85
08:31:00	795,27	281,15	1076,42
08:46:00	795,27	284,37	1079,64
09:01:00	795,27	390,44	1185,71
09:16:00	795,27	474,87	1270,15
09:31:00	795,27	543,78	1339,06
09:46:00	795,27	599,44	1394,71
10:01:00	795,27	647,60	1442,87
10:16:00	795,27	707,70	1502,98
10:31:00	795,27	753,56	1548,84
10:46:00	795,27	791,41	1586,69
11:01:00	795,27	824,18	1619,46
11:16:00	795,27	852,65	1647,92
11:31:00	795,27	876,92	1672,20
11:46:00	795,27	899,59	1694,87
12:01:00	795,27	919,41	1714,68
12:16:00	795,27	937,69	1732,96
12:31:00	795,27	954,19	1749,47
12:46:00	795,27	970,42	1765,70
13:01:00	795,27	985,29	1780,56
13:16:00	795,27	999,42	1794,69
13:31:00	795,27	1013,09	1808,36
13:46:00	795,27	1026,44	1821,71
14:01:00	795,27	1039,94	1835,22
14:16:00	795,27	1053,42	1848,70
14:31:00	795,27	1067,00	1862,27
14:46:00	795,27	1081,15	1876,42
15:01:00	795,27	1095,96	1891,24
15:16:00	795,27	1111,78	1907,05
15:31:00	795,27	1128,93	1924,21
15:46:00	795,27	1143,44	1938,72
16:01:00	795,27	1164,60	1959,88
16:16:00	795,27	1181,13	1976,40
16:31:00	795,27	1160,00	1955,27
16:46:00	795,27	1160,00	1955,27
17:01:00	795,27	1160,00	1955,27
17:13:00	795,27	1160,00	1955,27
Média de exposição solar			1654,71

Tabela 46– Área de exposição solar.

## 4. Análise de consumos – Período 15 a 26 de Março

**15/03/2024 – Sexta-feira**

Neste dia, foi instalado o analisador de energia elétrica trifásico. A exposição “Filosofando” era o único evento programado.

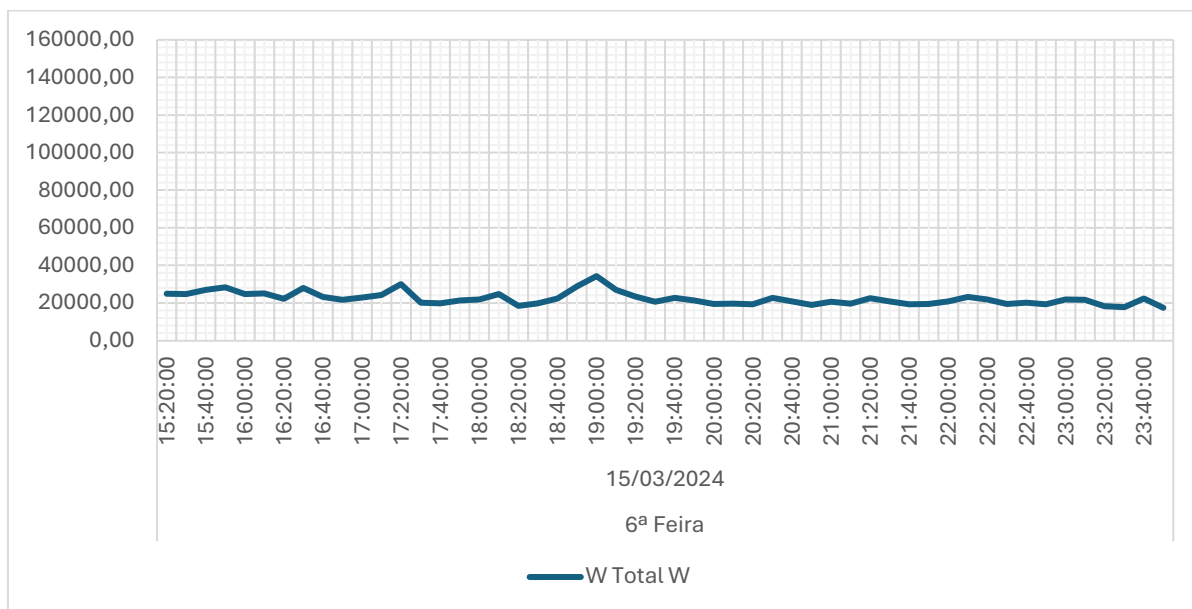


Gráfico 9 – Potência ativa total [W] consumida a 15/03/2024.

Apesar de não se dispor de um registo completo de 24 horas para o dia 15 de Março, é possível observar uma variação no consumo de energia ao longo do dia.

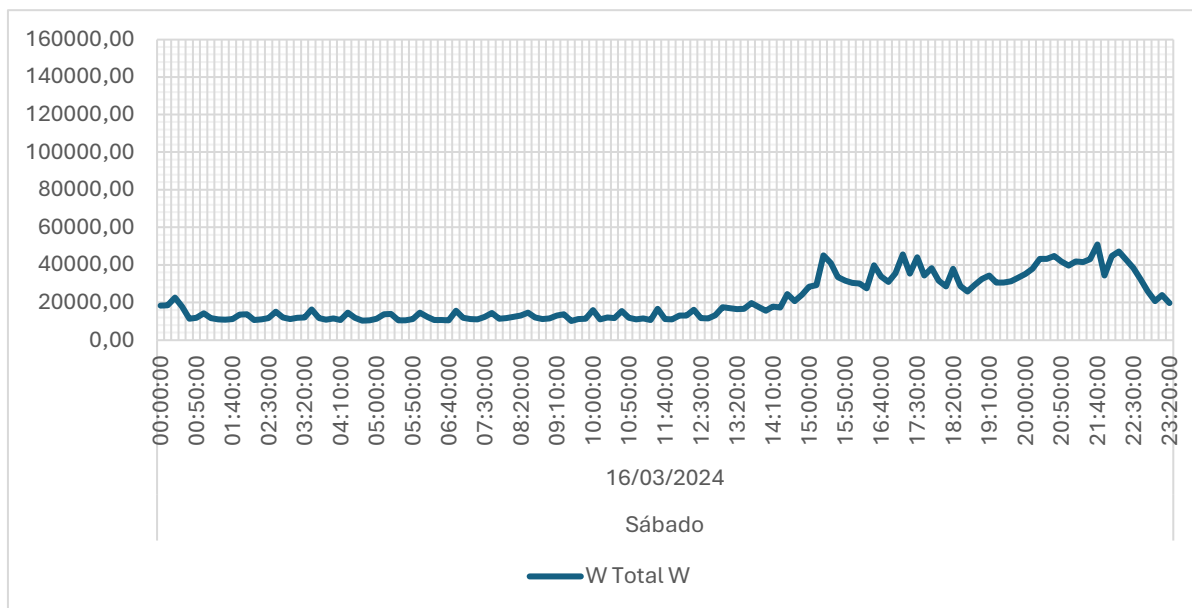
Verificou-se um consumo:

- Média de consumo 22,3kW
- Valor Mínimo 17,5 kW
- Valor Máximo 34,4 kW

O consumo apresentou flutuações, variando entre os 17,5 kW e os 25 kW, com picos de maior consumo registados às 19:00, com 34,4 kW, e às 17:20, com 30 kW. Os picos de menor consumo ocorreram às 23:50, com 17,5kW, e às 23:30, com 17,8 kW.

**16/03/2024 – Sábado**

Neste dia, estava programado um espetáculo de dança às 21:30, além da exposição “Filosofando”.



*Gráfico 10 – Potência ativa total [W] consumida a 16/03/2024.*

Da análise ao gráfico, podem ser identificados os seguintes períodos:

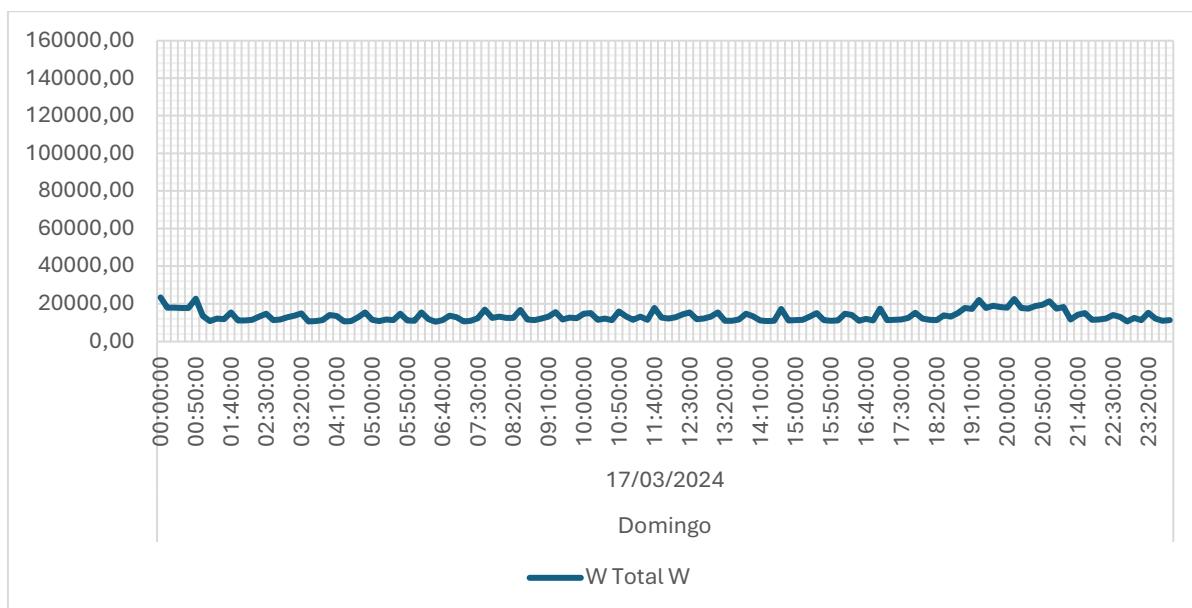
- 00:00 – 06:00  
Durante este intervalo, o consumo foi baixo e estável, com valores que oscilaram entre 10 kW e 18 kW.
- 06:00 – 12:00  
Observou-se um aumento gradual no consumo, com pequenas flutuações e picos ocasionais, mantendo-se, abaixo dos 20 kW.
- 12:00 – 18:00  
Houve um aumento considerável no consumo, especialmente a partir das 12:00, com picos elevados de consumo a partir das 14:00, registando valores médios acima dos 15 kW e picos entre 20 kW a 30 kW.
- 18:00 – 00:00  
O consumo atinge os valores mais elevados entre as 18:00 e as 22:00, com picos extremos às 15:20 e 21:50, onde os valores atingiram os 50 kW.

Verificou-se um consumo:

- Média de consumo 21,3kW
- Pico Mínimo 10,3 kW
- Pico Máximo 50,9 kW

**17/03/2024 – Domingo**

A exposição “Filosofando” continuou na programação deste dia.



*Gráfico 11 – Potência ativa total [W] consumida a 17/03/2024.*

Da análise ao gráfico, podemos identificar:

- 00:00 – 06:00  
O consumo iniciou-se com um pico de 23,4kW às 00:00, mantendo-se a uma média de 20 kW até à 01:00. Posteriormente, reduziu para uma média de 12,3 kW até às 06:00, com variações entre os 10,6 kW e os 15,4 kW.
- 06:00 – 12:00  
Observou-se um consumo estável com pequenas flutuações, mantendo-se abaixo de 17,7 kW, com uma média de 12,9 kW.
- 12:00 – 18:00  
Durante o período da tarde, o consumo não variou significativamente em relação ao período anterior, com uma média de 12,6 kW, com picos às 14:40 de 17 kW e às 17:00 de 17,4 kW.
- 18:00 – 00:00  
O consumo aumentou significativamente a partir das 19:00, registando picos às 19:20 de 22 kW, 20:10 de 22,5 kW e às 21:00 de 21,3 kW. O consumo voltou a baixar para os 12,4 kW às 21:30.

Verificou-se um consumo:

- Média de consumo 13,6 kW
- Pico Mínimo 10,5 kW
- Pico Máximo 23,4 kW

**18/03/2024 – Segunda-Feira**

A exposição “Filosofando” continuou na programação deste dia.

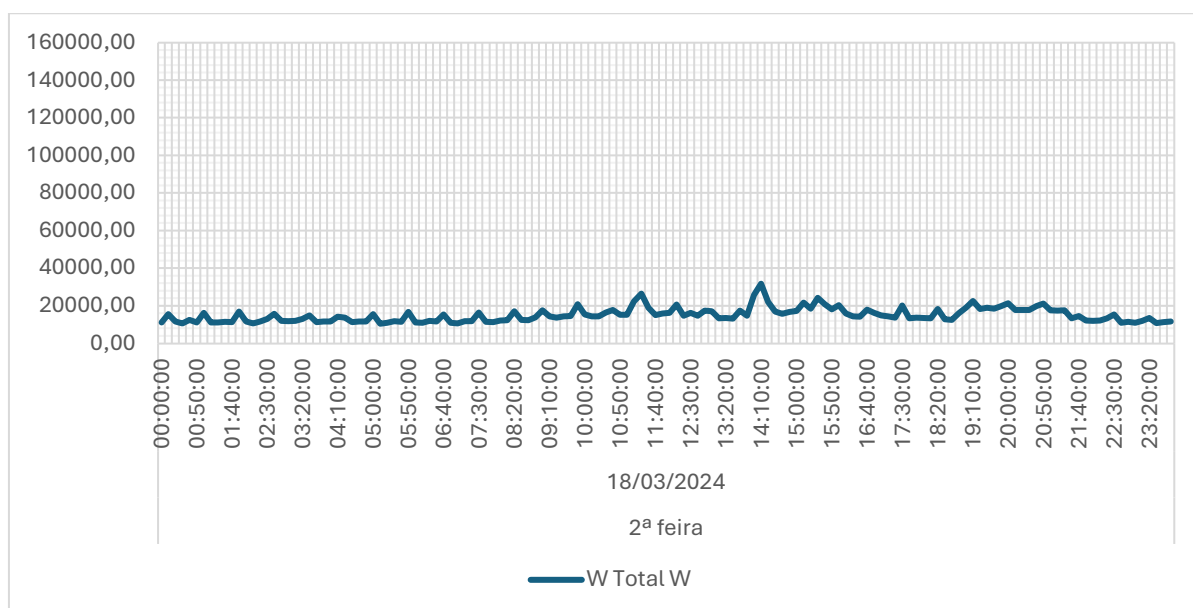


Gráfico 12 – Potência ativa total [W] consumida a 18/03/2024.

Da análise ao gráfico, podemos identificar:

- 00:00 – 06:00  
O consumo foi relativamente estável, com algumas flutuações. A média foi de 12,5 kW, oscilando entre 10,5 kW e 15 kW. Registaram-se picos às 01:00 de 16,1kW, às 01:50 de 16,9kW e às 05:50 de 16,8 kW.
- 06:00 – 12:00  
Observou-se um aumento gradual do consumo, com picos significativos nas primeiras horas da manhã. O consumo médio subiu para os 14,7 kW, com oscilações entre 10,6 kW e 18 kW, registando-se picos às 09:50 de 20,8 kW, 11:10 de 22,3 kW e 11:20 de 26,4 kW.
- 12:00 – 18:00  
No período da tarde, o consumo médio aumentou para 17,3 kW, com oscilações entre os 13,1 kW e 26 kW, com um pico às 14:10 de 31,8 kW.
- 18:00 – 00:00  
A média de consumo desceu ligeiramente para 15,4 kW, registando picos às 19:10 de 22,5 kW, 20:00 de 21,3 kW e às 20:50 de 21 kW. O consumo baixou por volta das 21:30, mantendo-se até à meia-noite.

Verificou-se um consumo:

- Média de consumo 15 kW
- Pico Mínimo 10,5 kW
- Pico Máximo 31,8 kW

**19/03/2024 – Terça-feira**

A exposição “filosofando” foi o único evento programado para este dia.

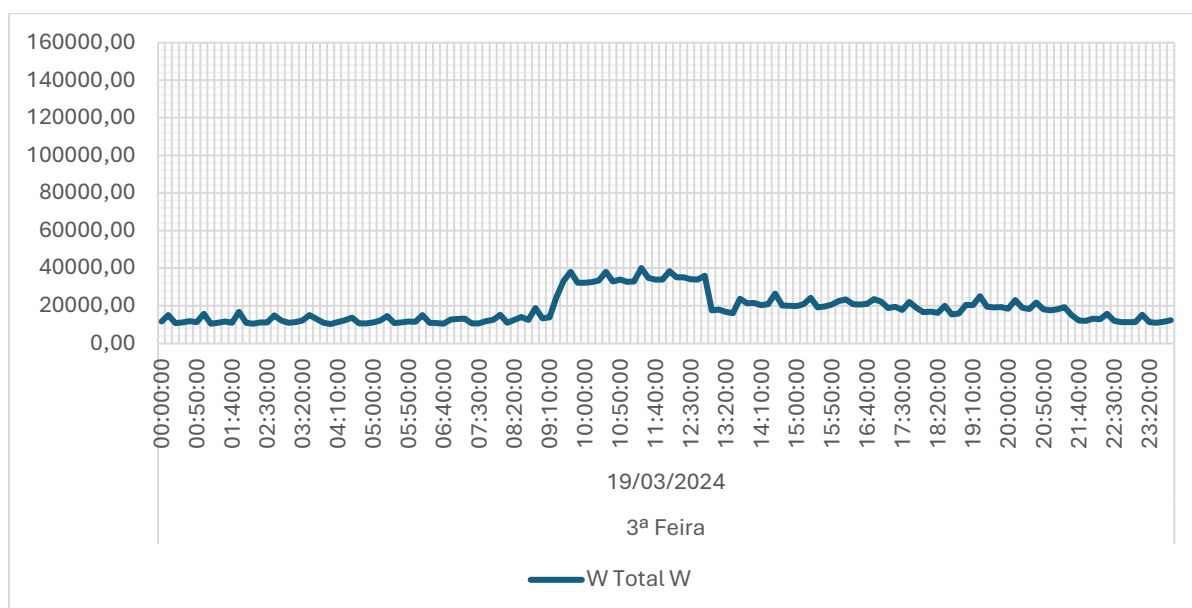


Gráfico 13 – Potência ativa total [W] consumida a 19/03/2024.

Da análise ao gráfico, podemos identificar:

- 00:00 – 06:00  
Durante este período, o consumo manteve-se estável, com uma média de 12 kW, oscilando entre os 10 kW e os 15 kW, tendo ocorrido um pico de consumo às 01:50 de 16,7 kW.
- 06:00 – 12:00  
Observou-se um aumento significativo no consumo médio, que atingiu 22,6 kW. Este aumento foi particularmente notável a partir das 08:30, com picos de consumo às 09:40 de 38 kW, às 10:30 de 38 kW, às 11:20 de 40,1 kW e às 12:00 de 38,3 kW.
- 12:00 – 18:00  
No período da tarde, o consumo manteve-se relativamente idêntico até às 12:50, altura em que o consumo médio desceu ligeiramente para os 20,2 kW, registando um pico às 14:30 de 26,4 kW.
- 18:00 – 00:00  
O consumo médio baixou para os 16,3 kW, com picos às 19:20 de 25,1 kW e às 20:40 de 21,7 kW, diminuindo gradualmente até a meia-noite.

Verificou-se um consumo:

- Média de consumo 18,3 kW
- Pico Mínimo 10,3 kW
- Pico Máximo 40,1 kW

20/03/2024 – Quarta-feira

A exposição “filosofando” continuou na programado deste dia.

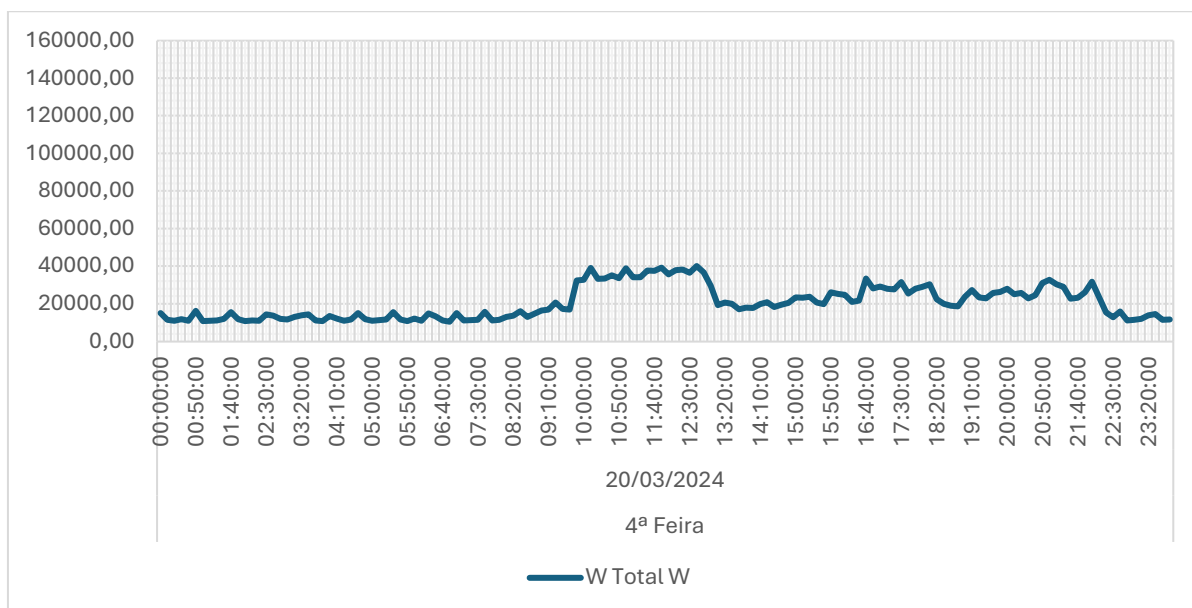


Gráfico 14 – Potência ativa total [W] consumida a 20/03/2024.

Da análise ao gráfico, identificaram-se os seguintes aspectos:

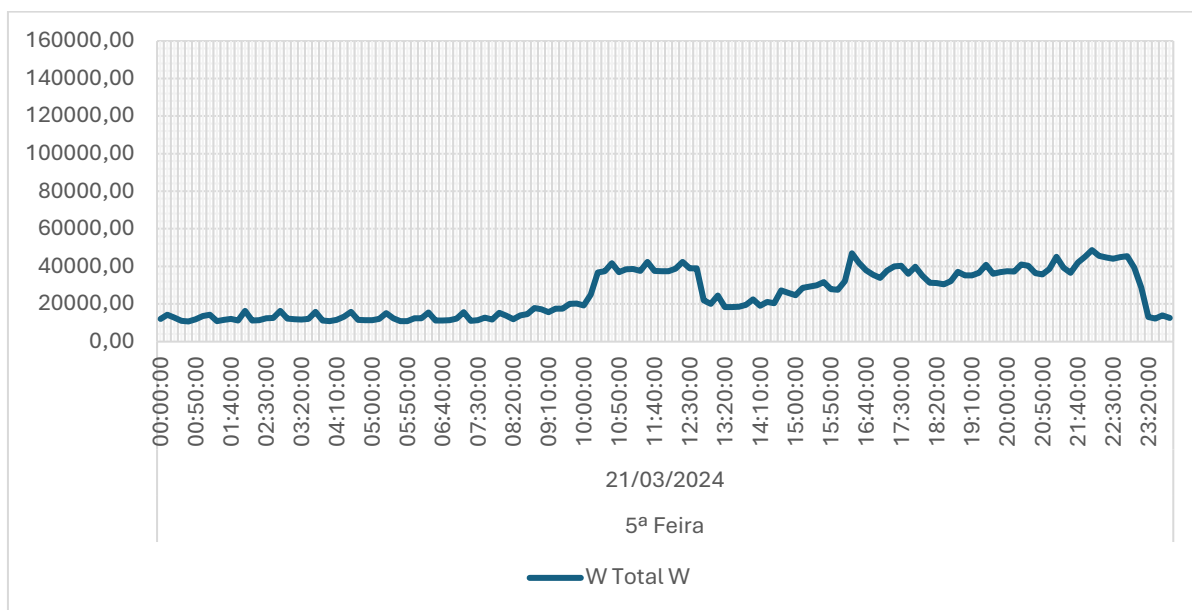
- 00:00 – 06:00  
O consumo manteve-se estável, com uma média de 12,3 kW, oscilando entre 10,7 kW e 14,5 kW, com um pico de 16,3 kW registado às 00:50, sem ultrapassar os 17kW.
- 06:00 – 12:00  
Observou-se um aumento significativo no consumo médio de 13,8 kW até às 09:50, passando posteriormente para uma média de 35,5 kW, com picos às 10:10 de 39 kW, às 11:00 de 38,8 kW e às 11:50 de 39,2 kW.
- 12:00 – 18:00  
No período da tarde, o consumo manteve-se relativamente constante até às 12:50, quando o consumo médio baixou ligeiramente para 20,2 kW, registando um pico às 12:40 de 40,2 kW.
- 18:00 – 00:00  
Neste período, o consumo apresentou novos picos, com especial destaque às 21:00 de 32,7 kW, diminuiu gradualmente até à meia-noite. O consumo médio foi de 22,1 kW.

Verificou-se um consumo:

- Média de consumo 13,6 kW
- Pico Mínimo 10,5 kW
- Pico Máximo 23,4 kW

**21/03/2024 – Quinta-feira**

A programação deste dia incluir a exposição “Filosofando” e a peça de teatro “Quando a Sul o Azul Luar”.



*Gráfico 15 – Potência ativa total [W] consumida a 21/03/2024.*

Da análise ao gráfico, podemos identificar:

- 00:00 – 06:00  
Durante este período, não houve grandes oscilações no consumo, que se manteve abaixo dos 16,3 kW. A média de consumo foi de 12,5 kW, com variações entre 10,8 kW e 15,2 kW, e picos de 16,3 kW registados às 02:00 e 02:50.
- 06:00 – 12:00  
Observou-se um consumo estável com pequenas flutuações até às 08:40, seguindo de um aumento gradual até às 10:00, e um aumento significativo às 10:20, resultando numa média de 38,3 kW. Os picos de consumo ocorreram às 10:40 com 41,6 kW e às 11:30 com 42,4 kW.
- 12:00 – 18:00  
O consumo apresentou um comportamento irregular, baixando às 12:50, mas aumentando consistentemente até às 18:00. A média de consumo durante este período foi de 30,6 kW, com um pico de 47 kW registado às 16:20.
- 18:00 – 00:00  
O consumo médio aumentou para 35,7 kW, com um pico às 22:00 de 48,8 kW. A média de consumo baixou novamente para 13 kW às 23:20.

Verificou-se um consumo:

- Média de consumo 25 kW
- Pico Mínimo 10,8 kW
- Pico Máximo 48,8 kW

22/03/2024 – Sexta-feira

A programação inclui a exposição “Filosofando” e a “Oficina de Escrita para Teatro”.

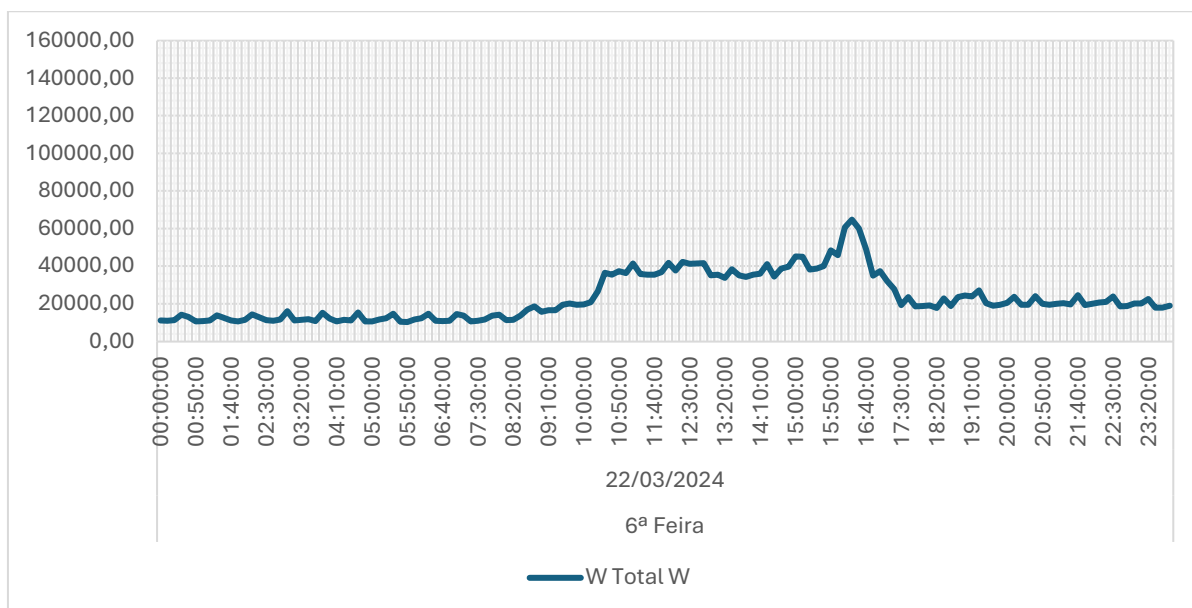


Gráfico 16 – Potência ativa total [W] consumida a 22/03/2024.

Da análise do gráfico, pode-se observar:

- 00:00 – 06:00  
Durante este período o consumo manteve-se estável, com uma média 12 kW e um pico de 16,1kW às 03:00.
- 06:00 – 12:00  
Observou-se um consumo estável com pequenas flutuações até às 08:30, após o que houve um aumentado gradual. A partir das 08:40, a média de consumo aumentou para 27,7 kW, com picos às 11:10 de 41,4 kW e às 12:00 de 41,7 kW.
- 12:00 – 18:00  
No período da tarde, o consumo manteve-se elevado, com uma média de 38,7 kW, mas entre as 16:10 e as 16:40, a média subiu para 58,7 kW, com um pico às 16:20 de 64,9 kW.
- 18:00 – 00:00  
O consumo médio baixou para 20,7 kW tendo havido um pico às 19:20 de 27,1 kW tendo voltado a baixar a partir das 23:50

Verificou-se um consumo:

- Média de consumo 23,1 kW
- Pico Mínimo 10,4 kW
- Pico Máximo 64,9 kW

23/03/2024 – Sábado

A programação incluía “Dançarte”, “Oficina de escrita para teatro” e a exposição “Filosofando”.

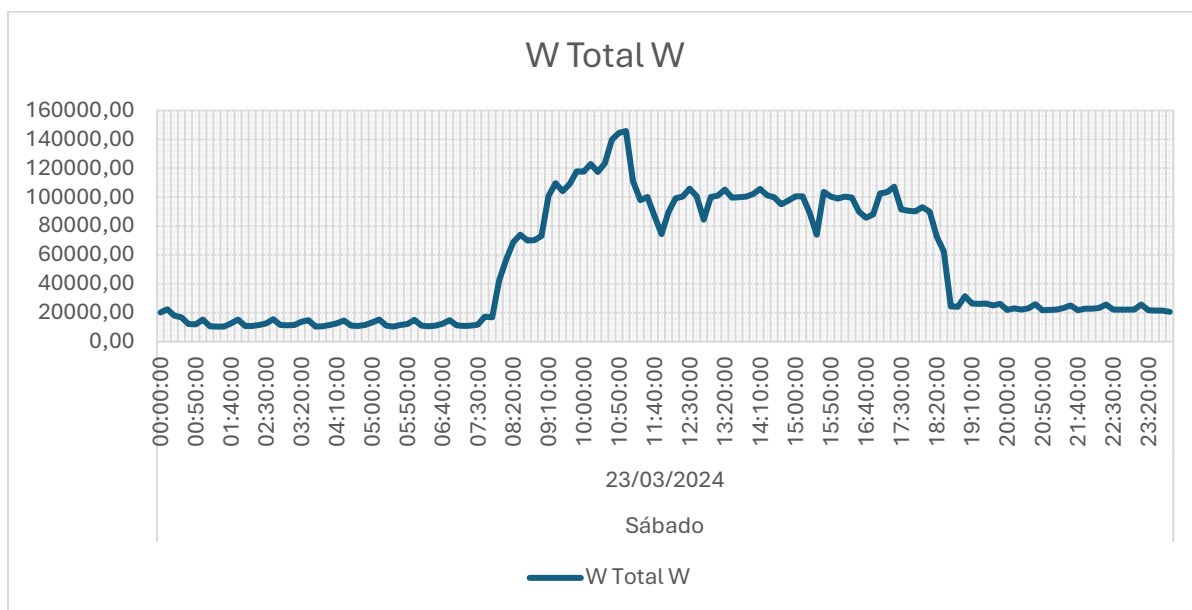


Gráfico 17 – Potência ativa total [W] consumida a 23/03/2024.

Da análise ao gráfico, podemos identificar:

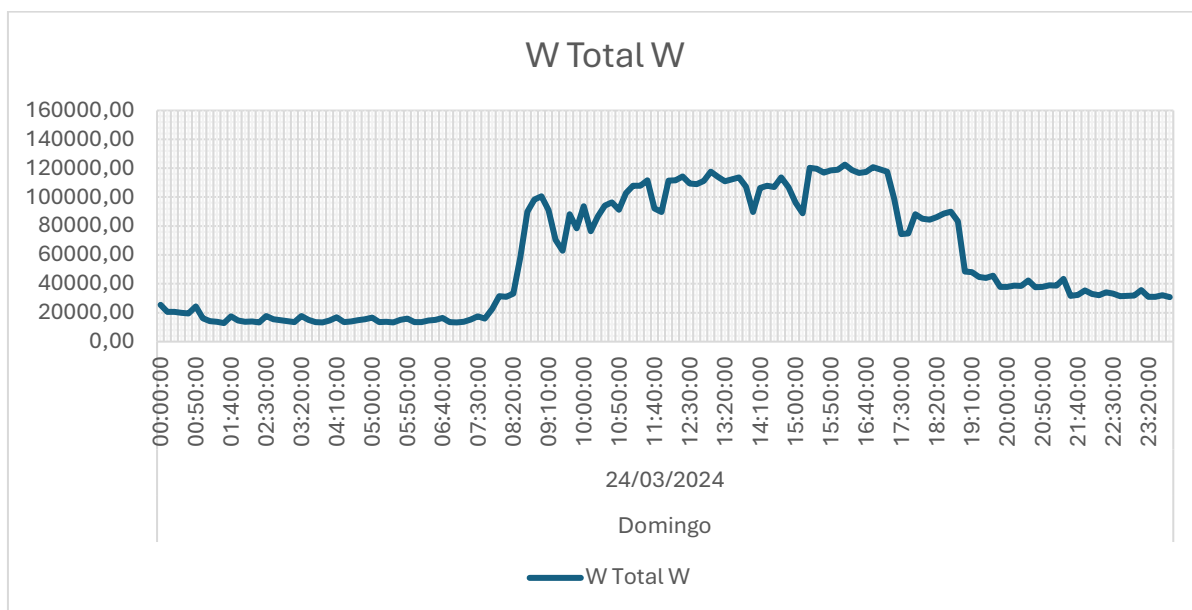
- 00:00 – 06:00  
Este período registou um consumo mais elevado entre as 00:00 e as 00:30, com uma média de 19,3 kW, estabilizando-se depois em 12,2 kW até às 06:00.
- 06:00 – 12:00  
Não houve alterações significativas até às 07:30. A partir desse horário, observou-se um aumento gradual do consumo, com picos às 10:00 de 115,6 kW e às 10:50 de 144,5 kW. O consumo médio superior de 143,4 kW entre as 10:40 e as 11:00 pode ser atribuído ao funcionamento do sistema de ar condicionado durante este período.
- 12:00 – 18:00  
No período da tarde, o consumo manteve-se elevado, com uma média de 97,2 kW, e picos acima dos 100 kW, com destaque para o pico às 17:20 de 107,1 kW.
- 18:00 – 00:00  
O consumo médio baixo para 79,5 kW até às 18:40, altura em que caiu para 23,6 kW.

Verificou-se um consumo:

- Média de consumo 52,6 kW
- Pico Mínimo 10,4 kW
- Pico Máximo 145,8 kW

**24/03/2024 – Domingo**

A programação incluía “Dançarte”, “oficina de escrita para teatro”, e a exposição “Filosofando”.



*Gráfico 18 – Potência ativa total [W] consumida a 24/03/2024.*

Da análise ao gráfico, podemos identificar:

- 00:00 – 06:00  
Durante este período, o consumo médio foi de 21,7 kW até às 00:40, passando depois para 14,7 kW até às 06:00.
- 06:00 – 12:00  
Observou-se um aumento gradual, com o consumo médio a subir significativamente para 81,4 kW às 07:40, mantendo-se até às 12:00. Foram registados picos às 11:30 de 111,6 kW e às 12:00 de 111,3kW.
- 12:00 – 18:00  
Durante a tarde, o consumo manteve-se elevado, com uma média de 112 kW até às 17:10, momento em que desceu para os 84,3 kW. Contudo, entre as 15:20 e as 17:10, a média foi de 118,9 kW, com um pico às 16:10 de 122,7 kW.
- 18:00 – 00:00  
Este período pode ser dividido em três fases:
  - 18:00 – 18:50: O consumo médio foi de 86,2 kW, com um pico às 18:40 de 89,9 kW.
  - 19:00 – 21:20: O consumo médio foi de 41,5 kW, com um pico às 19:00 de 48,5 kW.
  - 21:30 – 00:00: O consumo médio foi de 32,5 kW, com picos às 21:50 de 35,3 kW e às 23:10 de 35,6 kW.

Verificou-se um consumo:

- Média de consumo 57,6 kW
- Pico Mínimo 13 kW
- Pico Máximo 122,7 kW

25/03/2024 – Segunda-Feira

A programação incluía “Dançarte”, e a exposição “Filosofando”.

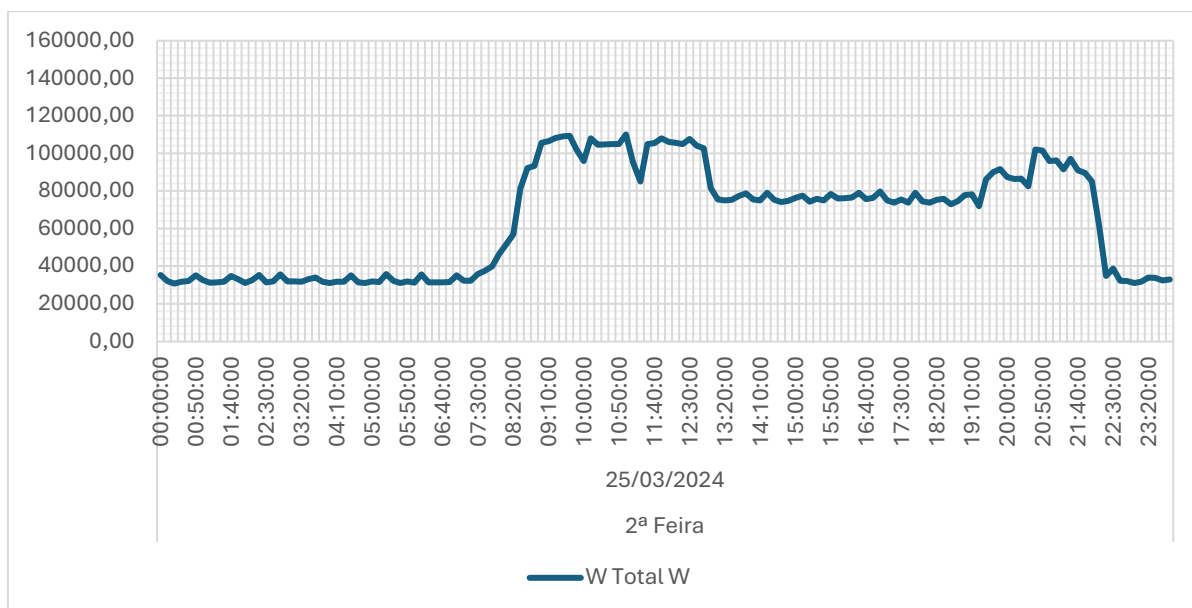


Gráfico 19 – Potência ativa total [W] consumida a 25/03/2024.

Da análise ao gráfico, podemos identificar:

- 00:00 – 06:00  
Durante este período o consumo médio foi de 32,5 kW, mantendo-se estável com pequenas flutuações que oscilaram entre os 30,8 kW e 35,8 kW de pico.
- 06:00 – 12:00  
O consumo manteve-se idêntico ao período anterior até às 07:30, quando começou a aumentar gradualmente para uma média de 102 kW.
- 12:00 – 18:00  
No período pode ser dividido em duas fases:
  - 12:00 – 12:50: O consumo manteve-se idêntico ao período anterior, com uma média de 105 kW
  - 13:00 – 18:00: O consumo médio desceu para 76,3 kW.
- 18:00 – 00:00  
Este período pode ser dividido em três fases:
  - 18:00 – 19:20: O consumo médio baixou ligeiramente para 75 kW.
  - 19:30 – 22:10: O consumo médio aumentou para 89,6 kW
  - 22:20 – 00:00: O consumo médio voltou a baixar para 33,3 kW

Verificou-se um consumo:

- Média de consumo 64,7 kW
- Pico Mínimo 30,8 kW
- Pico Máximo 110,1 kW

**26/03/2024 – Terça-feira**

A programação incluía “Dançarte”, e a exposição “Filosofando”.

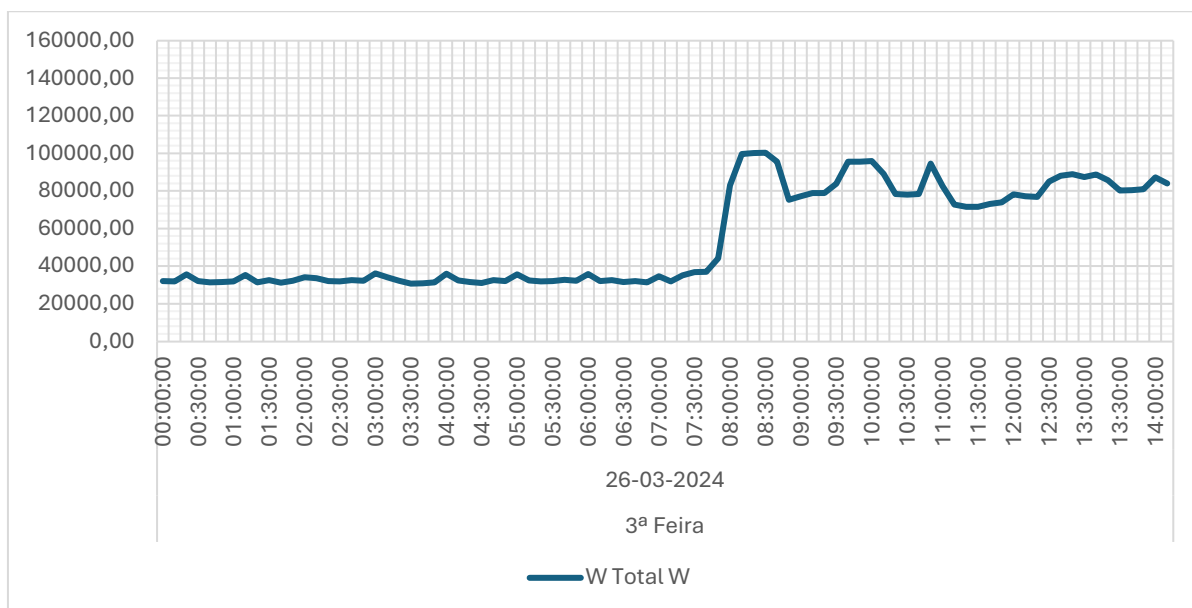


Gráfico 20 – Potência ativa total [W] consumida a 26/03/2024.

Da análise ao gráfico, podemos identificar:

- 00:00 – 06:00  
Durante este período, o consumo médio foi de 32,7 kW, mantendo-se estável com pequenas flutuações entre 30,8 kW e 36,2 kW de pico.
- 06:00 – 12:00  
O consumo manteve-se constante até às 07:50, momento em que começo a aumentar gradualmente para uma média de 84,1 kW, com picos de consumo às 08:30 de 100,4 kW.
- 12:00 – 14:10  
Este período não foi totalmente recolhido, coincidindo com o final da recolha de dados, mas o consumo médio foi de 83,5 kW.

## Anexo

### Ciclo semanal opcional para muito alta tensão – (MAT), alta tensão – (AT), e média tensão – (MT).

Ciclo semanal opcional para MAT, AT e MT em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
De segunda-feira a sexta-feira		De segunda-feira a sexta-feira	
Ponta:	17.00/22.00 h	Ponta:	14.00/17.00 h
Cheias:	00.00/00.30 h	Cheias:	00.00/00.30 h
	07.30/17.00 h		07.30/14.00 h
	22.00/24.00 h		17.00/24.00 h
Vazio normal:	00.30/02.00 h	Vazio normal:	00.30/02.00 h
	06.00/07.30 h		06.00/07.30 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Sábado		Sábado	
Cheias:	10.30/12.30 h	Cheias:	10.00/13.30 h
	17.30/22.30 h		19.30/23.00 h
Vazio normal:	00.00/03.00 h	Vazio normal:	00.00/03.30 h
	07.00/10.30 h		07.30/10.00 h
	12.30/17.30 h		13.30/19.30 h
	22.30/24.00 h		23.00/24.00 h
Super vazio:	03.00/07.00 h	Super vazio:	03.30/07.30 h
Domingo		Domingo	
Vazio normal:	00.00/04.00 h	Vazio normal:	00.00/04.00 h
	08.00/24.00 h		08.00/24.00 h
Super vazio:	04.00/08.00 h	Super vazio:	04.00/08.00 h

Tabela 47 – Ciclo semanal opcional aplicável aos clientes em média tensão (Diário da Republica, 2024).