

RESOLUÇÃO DE ANOMALIAS CONSTRUTIVAS E MELHORIA DO CONFORTO TÉRMICO E DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Edifício Termal como Caso de Estudo

ANDREIA PATRÍCIA PINTO CARNEIRO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES



Orientadora: Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho



Coorientador: Professor Doutor António Milton Topa Gomes

JUNHO DE 2020

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2019/2020

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2019/2020 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2020*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais e Irmão

Success is not final, failure is not fatal: it is the courage to continue that counts.
Winston S. Churchill

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação estabelece um importante marco na minha vida, não só por se tratar do culminar de todo o meu trabalho e esforço como estudante, mas também agora, ao abrir as portas para a minha vida profissional como Engenheira Civil. Este trabalho em concreto, não seria possível de realizar sem todo um empenho e dedicação da minha parte, mas nunca deixando de parte o apoio de todas as pessoas à minha volta que me ajudaram a desenvolvê-lo e a tomar as melhores decisões ao longo do percurso, as quais tenho o gosto de enumerar em seguida.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho, pela orientação e disponibilidade ao longo da realização deste trabalho. A sua assistência e sentido crítico tiveram sem dúvida um papel relevante na estrutura, desenvolvimento e qualidade desta dissertação.

Um agradecimento especial ao Professor Doutor António Milton Topa Gomes por ter-me proporcionado a oportunidade de abraçar um projeto de tamanha complexidade, acreditando que estaria à altura da resolução do mesmo. Agradeço também toda a disponibilidade e assistência durante a realização desta dissertação.

Agradeço a todos os Engenheiros, Arquitetos e restantes colaboradores da Divisão de Estudos e Projetos da Câmara Municipal de Santa Maria da Feira que tão bem me integraram na equipa e me ajudaram a alcançar os meus objetivos. Agradeço também todo o suporte técnico, acesso aos arquivos e troca de ideias e opiniões durante o período do estágio, em especial ao Engenheiro Pedro Santos e ao Engenheiro Diogo Oliveira pela disponibilidade e interesse que demonstraram no meu trabalho.

Agradeço a todos os colaboradores das Termas de S. Jorge que nunca se recusaram a prestar-me auxílio sempre que necessitei, em especial à Doutora Teresa Vieira pela disponibilidade e orientação.

A todos os Professores do Departamento de Engenharia Civil, com quem, ao longo do meu percurso académico, tive o gosto de trabalhar e que deles levo, para a minha vida profissional, valiosos ensinamentos, tão ou mais importantes que toda a minha formação académica. Muito obrigada a todos eles.

Aos meus pais, por me terem concedido a oportunidade de estudar, de investirem na minha educação e no meu futuro, por todo o apoio e compreensão ao longo desta jornada, mas sobretudo, pelo amor e valores que me transmitiram.

Aos meus queridos avós, que sei que estariam orgulhosos do meu percurso.

Ao João, um dos meus pilares, por todas as vezes que acreditaste que eu era capaz e me incentivaste a manter o foco no objetivo por mais impossível que parecesse o trajeto até ele.

À Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, por todos estes anos de crescimento e aprendizagem.

RESUMO

A presente dissertação surge de uma parceria entre várias entidades públicas e privadas, as quais passo a citar: a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; a GALP Energia, SGPS, S.A.; a Sociedade de Turismo de Santa Maria da Feira, S.A e por último, a Câmara Municipal de Santa Maria da Feira. Estas entidades têm como objetivo melhorar a parte edificada do complexo das Termas de S. Jorge, resolvendo as anomalias construtivas, assim como estudar a implementação de medidas que visam a melhoria do conforto térmico dos utilizadores.

De modo a tornar este projeto exequível, a ordem dos trabalhos começou pela recolha de dados relativos ao projeto e ao funcionamento das Termas de S. Jorge, bem como a elaboração de um registo fotográfico. Passando pelo desenvolvimento da caracterização construtiva do complexo, bem como do levantamento de anomalias. Assim, percebendo a forma como o edifício opera e quais as queixas por parte dos seus utilizadores, o caminho desta dissertação ganhou forma.

Com vista a realizar uma análise térmica de carácter técnico, recorreu-se à modelação de parte do complexo termal no *software* Design Builder, um *software* que opera no âmbito da térmica de edifícios. Este programa permitiu obter uma perspetiva fundamentada de como iriam prosseguir as recomendações de medidas para a melhoria do conforto térmico, mais concretamente para a resolução de problemas de sobreaquecimento no espaço mais afetado, que corresponde à sala de ORL do 1º piso do edifício anexo.

Como conclusão, é apresentada uma listagem de propostas de intervenção para resolução de anomalias construtivas, que visam a beneficiação do edificado, bem como, um leque de sugestões que tem por objetivo a implementação de medidas para a melhoria do conforto térmico dos utilizadores. Estas propostas de solução culminam numa reflexão sobre o futuro das Termas de S. Jorge, apontando as medidas mais urgentes de serem tomadas tendo em conta o contexto global do trabalho. Por fim, serão abordados temas como a sustentabilidade energética e também como um edifício é capaz de se tornar energeticamente independente através da implementação de sistemas.

PALAVRAS-CHAVE: Anomalias Construtivas, Termas de S. Jorge, Conforto Térmico, Design Builder, Eficiência Energética.

ABSTRACT

This dissertation arises from a partnership between several public and private entities, which I quote: FEUP; GALP Energia, SGPS, S.A.; the Tourism Society of Santa Maria da Feira, S.A and lastly, Santa Maria da Feira's City Hall. These entities aim to improve the building of the Termas de S. Jorge complex, solving construction anomalies, as well as studying the possibility of implementing measures to improve the thermal comfort of its users.

In order to make this project feasible, the agenda began with the collection of data relating to the project and the operation of Termas de S. Jorge, as well as the preparation of a photographic record. Going through the development of the constructive characterization of the complex, as well as the survey of anomalies. Thus, realizing the way the building operates and the complaints from its users, the path of this dissertation took shape.

In order to carry out a technical thermal analysis, part of the thermal complex was modeled using the Design Builder software, a software that operates in building's thermal analysis. This program allowed us to obtain a well-grounded perspective of how the recommendations for measures to improve thermal comfort would continue, more specifically for the resolution of overheating problems in the most affected space, which corresponds to the ORL room on the 1st floor of the annex building.

As a conclusion, a list of intervention proposals for the resolution of constructive anomalies is presented, aimed to improve the building, as well as a range of suggestions aimed at implementing measures to improve the thermal comfort of users. These solution proposals culminate in a reflection on the future of Termas de S. Jorge, pointing out the most urgent measures to be taken into account according to the global context of the work. Finally, topics such as energy sustainability and also how a building is able to become energetically independent through the implementation of systems will be addressed.

KEYWORDS: Constructive Anomalies, Termas de S. Jorge, Thermal Comfort, Design Builder, Energy Efficiency.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V

1. INTRODUÇÃO 1

1.1 ENQUADRAMENTO DO TEMA	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.3 METODOLOGIA	3
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	4

2. CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO 5

2.1 APRESENTAÇÃO	5
2.2 CARACTERIZAÇÃO	12
2.2.1 CARACTERIZAÇÃO HISTÓRICA	13
2.2.2 CARACTERIZAÇÃO CONSTRUTIVA	15
2.3 FUNCIONAMENTO.....	19
2.4 ÁGUA TERMAL.....	21
2.5 INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTO MECÂNICO	25
2.5.1 TERMOVENTILAÇÃO.....	25
2.5.2 VENTILAÇÃO DE EXTRAÇÃO	26
2.5.3 AQUECIMENTO CENTRAL	27
2.5.4 AR CONDICIONADO.....	28
2.5.5 DESUMIDIFICAÇÃO	29
2.5.6 GRUPOS ELETRO-BOMBA.....	29
2.5.7 CALDEIRAS A GÁS	30
2.5.8 PERMUTADOR DE CALOR	30
2.5.9 BOMBAS CENTRÍFUGAS	33

3. RECOLHA DE DADOS 35

3.1 INSPEÇÃO DE EDIFÍCIOS	35
---------------------------------	----

3.1.1 ANOMALIAS DECORRENTES DE HUMIDADE.....	36
3.1.2 ANOMALIAS EM REVESTIMENTOS EXTERIORES	41
3.1.3 ANOMALIAS EM REVESTIMENTOS INTERIORES	49
3.1.4 ANOMALIAS EM INSTALAÇÕES	57
3.1.5 ANOMALIAS POR CORROSÃO	58
3.1.6 ANOMALIAS EM COBERTURAS.....	61
3.2 MONITORIZAÇÃO	64
3.3 FATURAS DE ELETRICIDADE E GÁS.....	80
4. ANÁLISES EM SOFTWARE.....	83
4.1 MODELAÇÃO	83
4.2 SIMULAÇÃO.....	88
4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
5. PROPOSTAS DE SOLUÇÃO	91
5.1 RESOLUÇÃO DE ANOMALIAS CONSTRUTIVAS	91
5.1.1 ANOMALIAS DECORRENTES DE HUMIDADE.....	91
5.1.2 ANOMALIAS EM REVESTIMENTOS EXTERIORES	92
5.1.3 ANOMALIAS EM REVESTIMENTOS INTERIORES	93
5.1.4 ANOMALIAS EM INSTALAÇÕES	94
5.1.5 ANOMALIAS POR CORROSÃO	94
5.1.6 ANOMALIAS EM COBERTURAS.....	95
5.2 MELHORIA DO CONFORTO TÉRMICO E DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	96
5.3 RECOMENDAÇÕES FUTURAS.....	97
6. CONCLUSÃO.....	99
6.1 CONCLUSÕES PRINCIPAIS.....	99
6.2 PERSPETIVAS FUTURAS	100
REFERÊNCIAS	101
BIBLIOGRAFIA	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Vista aérea das Termas de S. Jorge (Google Maps, 2020)	5
Figura 2.2 – Fachada Centenária.....	6
Figura 2.3 – Fachada Poente.....	6
Figura 2.4 – <i>Buvette</i> “O Anjo de Água”	7
Figura 2.5 – Piscina.....	8
Figura 2.6 – Corredor de marcha	8
Figura 2.7 – Sala de ORL.....	9
Figura 2.8 – Ginásio	9
Figura 2.9 – Salas de massagens.....	10
Figura 2.10 – Planta do rés-do-chão do complexo termal	11
Figura 2.11 – <i>Buvettes</i> do edifício existente	12
Figura 2.12 – Perfis metálicos ancorados aos pilares do 1º piso (esquerda) e da cave (direita)	14
Figura 2.13 – Películas de proteção UV	15
Figura 2.14 – Paredes exteriores do edifício existente	16
Figura 2.15 – Interior da cobertura inclinada (07/02/2019 – cortesia Eng. Diogo Oliveira).....	17
Figura 2.16 – Asna composta [4]	17
Figura 2.17 – Edifício Anexo	18
Figura 2.18 – Banheira hidromassagem (esquerda) e Duche vichy (direita)	25
Figura 3.1 – Planta da cave evidenciando os compartimentos	36
Figura 3.2 – Gotas de água no teto (compartimento do pessoal da limpeza)	37
Figura 3.3 – Gotas de água no teto (compartimento de arrumos).....	37
Figura 3.4 – Gotas de água no teto (compartimento de arrumos).....	38
Figura 3.5 – Planta da cave evidenciando os vãos envidraçados	39
Figura 3.6 – Vidro partido (esquerda: 05/03/2020; direita: 11/05/2020)	40
Figura 3.7 – Fachada poente evidenciando a parede em análise	41
Figura 3.8 – Fissura no revestimento exterior.....	41
Figura 3.9 – Exposição da possível causa (fotografia da obra - cortesia Dra. Lídia Melo)	42
Figura 3.10 – Fachada poente evidenciando a localização da anomalia	43
Figura 3.11 – Localização da anomalia	43
Figura 3.12 – Destacamento do revestimento	44
Figura 3.13 – Amostra do revestimento aplicado.....	45

Figura 3.14 – Fachada poente evidenciando a face mais afetada da varanda	46
Figura 3.15 – Alçado Sul (acima) e Alçado Norte (abaixo) evidenciando as anomalias	46
Figura 3.16 – Varanda evidenciado a fissura com escorrência de óxidos	46
Figura 3.17 – Varanda evidenciado a fissura com escorrência de óxidos	47
Figura 3.18 – Destacamento do betão	47
Figura 3.19 – Posição do pilar em relação à envolvente	48
Figura 3.20 – Armadura do peitoril exterior à vista	48
Figura 3.21 – Planta do rés-do-chão evidenciando as fissuras no pavimento.....	49
Figura 3.22 – Fissura nos cerâmicos de pavimento.....	50
Figura 3.23 – Posicionamento da piscina em relação ao rés-do-chão	51
Figura 3.24 – Vista da parede onde se encontram as manchas.....	51
Figura 3.25 – Local da anomalia (esquerda 05/03/2020; direita 11/05/2020).....	52
Figura 3.26 – Fissura no fundo da piscina (11/05/2020).....	53
Figura 3.27 – Fissura no fundo da piscina (07/02/2019 – cortesia Eng. Diogo Oliveira)	53
Figura 3.28 – Planta da piscina (projeto de 1993)	54
Figura 3.29 – Corte A–A da piscina (projeto de 1993)	54
Figura 3.30 – Corte B–B da piscina (projeto de 1993)	55
Figura 3.31 – Planta da piscina (projeto de 2000)	56
Figura 3.32 – Corte C–C da piscina (projeto de 2000).....	56
Figura 3.33 – Tubos de queda apresentando descasque de tinta.....	57
Figura 3.34 – Equipamentos de ar condicionado da sala de ORL.....	58
Figura 3.35 – Exemplos de corrosão em peças metálicas.....	59
Figura 3.36 – Exemplos de corrosão em condutas e grelhas situados na cave	60
Figura 3.37 – Anomalias variadas na cobertura plana (07/02/2019 – cortesia Eng. Diogo Oliveira) ...	61
Figura 3.38 – Asna da cobertura inclinada (07/02/2019 – cortesia Eng. Diogo Oliveira)	62
Figura 3.39 – Anomalias nas asnas da cobertura (07/02/2019 – cortesia Eng. Diogo Oliveira)	62
Figura 3.40 – Telhas partidas e mal posicionadas (07/02/2019 – cortesia Eng. Diogo Oliveira)	63
Figura 3.41 – Equipamento de monitorização.....	64
Figura 3.42 – Localização dos equipamentos na cave	65
Figura 3.43 – Localização dos equipamentos no rés-do-chão	66
Figura 3.44 – Localização dos equipamentos no 1º piso.....	67
Figura 3.45 – Temperatura exterior Fase 1.....	68
Figura 3.46 – Temperatura exterior vs. Temperatura interior piscina Fase 1	69

Figura 3.47 – Temperatura exterior vs. Temperatura interior duche vichy Fase 1.....	70
Figura 3.48 – Temperatura exterior vs. Temperatura interior entrada Fase 1.....	71
Figura 3.49 – Temperatura exterior vs. Temperatura interior gabinete Fase 1	72
Figura 3.50 – Temperatura exterior vs. Temperatura interior ORL Fase 1.....	73
Figura 3.51 – Temperatura exterior Fase 2	74
Figura 3.52 – Temperatura exterior vs. Temperatura interior piscina Fase 2.....	75
Figura 3.53 – Temperatura exterior vs. Temperatura interior duche vichy Fase 2.....	76
Figura 3.54 – Temperatura exterior vs. Temperatura interior entrada Fase 2.....	77
Figura 3.55 – Temperatura exterior vs. Temperatura interior gabinete Fase 2	78
Figura 3.56 – Temperatura exterior vs. Temperatura interior ORL Fase 2.....	79
Figura 3.57 – Faturação da GALP	80
Figura 3.58 – Faturação da EDP.....	81
Figura 3.59 – Consumo Mensal GALP	82
Figura 4.1 – Software Elements	83
Figura 4.2 – Fachada	84
Figura 4.3 – Traseiras	85
Figura 4.4 – Rendered view	85
Figura 4.5 – Model Data.....	86
Figura 4.6 – Modelo da cave.....	86
Figura 4.7 - Modelo do rés-do-chão.....	87
Figura 4.8 – Modelo do primeiro piso.....	87
Figura 4.9 – Resultados das simulações da sala de ORL	88
Figura 4.10 – Organograma dos resultados das simulações	89
Figura 5.1 – Grelha de ventilação [9] (esquerda) e caixilharia com sistema de ventilação [10] (direita)	92

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Localização dos tratamentos termais.....	19
Quadro 2.2 – Ensaio Físico-Químico da água termal do furo SJ1.....	22
Quadro 2.3 – Circuitos de funcionamento.....	24
Quadro 2.4 – Unidades de tratamento de ar novo.....	26
Quadro 2.5 – Ventiladores de extração	27
Quadro 2.6 – Radiadores	28
Quadro 2.7 – Unidades Interiores	28
Quadro 2.8 – Sistema mono-split	29
Quadro 2.9 – Grupos eletro-bomba	29
Quadro 2.10 – Caldeira 1	30
Quadro 2.11 – Caldeira 2	30
Quadro 2.12 – Permutador P1	31
Quadro 2.13 – Permutador P2	32
Quadro 2.14 – Permutador P3	32
Quadro 2.15 – Permutador P4	32
Quadro 2.16 – Permutador P5	33
Quadro 2.17 – Permutador da piscina	33
Quadro 2.18 – Bombas centrífugas	34

1

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO DO TEMA

O presente trabalho surge no seguimento de uma parceria estabelecida entre quatro entidades: a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, a GALP Energia, SGPS, S.A., a Sociedade de Turismo de Santa Maria da Feira, S.A. e por último, a Câmara Municipal de Santa Maria da Feira. A realização deste projeto foi exequível através do regime de “bolsa de iniciação à investigação” financiado pela iniciativa GALP 21.

O GALP 21 [1] é um programa que visa estabelecer ligação entre uma empresa ou entidade interessada num projeto e uma das três faculdades de engenharia a nível nacional, das regiões do Porto, Lisboa e Aveiro, que juntamente com a GALP Energia promovem esta iniciativa. O objetivo desta união passa por identificar sistemas e modelos de funcionamento ou utilização que se concretizam em projetos de eficiência energética. No futuro, é desejável que estes projetos possam ser aplicados a indústrias e edifícios de forma a reduzir os seus gastos energéticos, o que também se traduz num aumento de competitividade da empresa no mercado onde desempenha funções.

O objeto de estudo compreende o conjunto de edifícios que compõem as Termas de S. Jorge, cujo património pertence conjuntamente à Câmara Municipal e à Sociedade de Turismo de Santa Maria da Feira. A Sociedade de Turismo [2] é uma entidade de capitais mistos, o que significa que opera tendo em vista os interesses públicos e privados. A seu cargo encontra-se a gestão das Termas de S. Jorge, o aproveitamento da água mineral existente no município e a sua atividade termal subsequente, entre outras iniciativas relacionadas com a promoção do turismo e lazer da região.

A junção destas quatro entidades deve-se ao facto da iniciativa Galp 21 estar interessada em avançar com um estudo pioneiro no âmbito da sustentabilidade energética em edifícios, otimizando o edificado e os sistemas acoplados. Por outro lado, havia a necessidade de estudar uma intervenção futura ao complexo das Termas de S. Jorge, quer a nível da parte edificada quer a nível de consumos energéticos. A principal razão tem que ver com os edifícios alvos de estudo se encontrarem degradados por variadas razões e consequentemente, os sistemas já não terem eficiência para colmatar as falhas energéticas do edificado, tornando-se em alguns casos obsoletos com o passar dos anos.

Desta forma, as diferentes partes chegaram a acordo de forma a unir esforços para encontrar a melhor solução de resolução dos problemas existentes nas Termas de S. Jorge. Ao mesmo tempo, este trabalho foi transformado num caso de estudo utilizado para realização da dissertação de final de mestrado.

1.2 OBJETIVOS

O foco deste estudo prende-se com a necessidade de alterar soluções construtivas que foram adotadas aquando da ampliação das instalações da estância termal em 2003. No entanto, com o passar dos anos concluiu-se que comprometeram a durabilidade do edificado, dando origem a anomalias e degradação precoce. A par disto, verifica-se a urgência de tornar o complexo termal eficiente termicamente para, deste modo poder corresponder às exigências de controlo dos consumos de energia.

A eficiência energética e o comportamento térmico da parte passiva dos edifícios são aspetos essenciais, tanto para reduzir o consumo de energia, como para promover o conforto térmico dos utilizadores. A principal razão que motivou este estudo foi o desconforto térmico relatado pelos utilizadores, assim como, a degradação precoce do edificado, tornando a sua imagem pouco apelativa. Por outro lado, é também objeto de preocupação as elevadas faturas de energia e gás que resultam num enorme encargo todos os meses para a administração.

Assim, com este estudo pretende-se reduzir gastos de energia e solucionar anomalias construtivas. Paralelamente, pretende-se explorar a possibilidade de adotar sistemas capazes de aumentar a autonomia energética do conjunto edificado utilizando a água termal como fonte de energia, entre outras. O importante será saber conjugar a reabilitação da parte passiva com a introdução de novos sistemas, tendo como objetivo o conforto térmico dos utilizadores e a qualidade do ar interior. Nunca deixando de parte a imagem cuidada do complexo Termal, servindo como cartão de boas vindas para quem visita este espaço.

Como se pretende expor os objetivos do trabalho, não se pode deixar de referir o facto da pandemia de Covid-19 ter tido um impacto significativo nos objetivos propostos que foram estabelecidos no início deste trabalho. Na medida em que esses objetivos não foram alterados, o presente trabalho pretende demonstrar o que foi possível de alcançar e validar, tendo em conta que o edifício esteve fechado durante todo o período de realização da presente dissertação. Esta situação teve sem dúvida repercussões, essencialmente no detalhe das propostas de solução e conclusões apresentadas que eventualmente poderiam ser mais expressivas se não fosse por este entrave.

1.3 METODOLOGIA

Partindo do princípio que o objeto de estudo está devidamente definido, há que equacionar a melhor abordagem ao problema. Ao tratar-se de um problema concreto, que consiste em estudar uma situação existente, para posteriormente encontrar a sua solução, pode-se cair no erro da linearidade da abordagem, no entanto, a abordagem deve ser sempre um ciclo de validação.

Este ciclo de validação nada mais quer dizer que, soluções apresentadas no final possam ser validadas conforme uma informação adquirida antes. Um estudo é feito de forma gradual utilizando um processo iterativo, e não um processo linear em que uma informação recolhida no início de nada serve para o final.

Partindo deste conceito, o plano de trabalhos segue uma estratégia semelhante:

- Levantamento do estado de conservação dos edifícios;
- Levantamento do modo de funcionamento do conjunto;
- Recolha de informação (processo municipal, artigos científicos, dissertações, teses, entrevistas, inquéritos, faturas de energia);
- Monitorização de espaços;
- Identificação das necessidades de intervenção;
- Simulação de diferentes cenários para testar soluções alternativas;
- Comparação dos dados de monitorização com as simulações, de modo a encontrar soluções construtivas fundamentadas para cada caso;
- Levantamento de soluções disponíveis no mercado (materiais, componentes e sistemas);
- Equacionar soluções para resolução de anomalias construtivas e conjuntamente, para melhoria da eficiência energética e do conforto térmico;
- Especificação de recomendações para o futuro do complexo termal.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos principais, os quais se encontram subdivididos para melhor corresponder à organização dos conceitos. Todos os aspetos descritos na metodologia são varridos nos diferentes capítulos à medida que o trabalho progride.

O primeiro capítulo tem como função expor ao leitor o enquadramento do tema, assim como as motivações que levaram ao seu desenvolvimento. Igualmente, se encontra descrito o objetivo do presente estudo, bem como os processos utilizados para a sua obtenção.

O segundo capítulo passa essencialmente por uma apresentação do levantamento desenvolvido nas Termas de S. Jorge. Essa exposição compreende a história do complexo termal, a sua localização e disposição no espaço, os materiais utilizados na construção/ampliação, as tecnologias construtivas, as instalações e sistemas existentes, o seu funcionamento e por fim, o tipo de água termal disponível no município e as suas características.

O terceiro capítulo diz respeito à recolha de dados, primeiramente fazendo uma apresentação das anomalias em geral encontradas no objeto de estudo e posteriormente, dos dados de monitorização e de faturas de eletricidade e gás natural. A exposição segue-se de breves análises de modo a compreender os dados levantados.

No quarto capítulo, são apresentados os dados relativos à modelação e às simulações realizadas com o apoio do *software* Design Builder. É igualmente desenvolvida a análise dos resultados e apresentadas as conclusões finais relativas ao *software*.

No quinto capítulo são listadas, com detalhe, as propostas de intervenção para resolução de anomalias construtivas descritas no terceiro capítulo, bem como métodos de intervenção para melhoria do conforto térmico e da eficiência energética. Apresenta-se uma breve descrição de recomendações para o futuro das Termas, apontando as operações mais urgentes e de maior relevância.

Por último, o sexto capítulo encerra a dissertação salientando as principais conclusões do estudo, do mesmo modo que permite apontar vários aspetos que poderão ser úteis para estudos posteriores a este.

2

CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

2.1 APRESENTAÇÃO

As Termas de S. Jorge localizam-se na Praça de S. Jorge (Figura 2.1), freguesia de Caldas de S. Jorge. Este complexo termal dispõe de bastante valor patrimonial para o concelho de Santa Maria da Feira, tendo sofrido várias alterações ao longo dos anos. A mais impactante foi a ampliação de 2003 que revitalizou as Termas impulsionando-a para um patamar a nível nacional de renome no norte do país. No curso deste trabalho, serão encontradas duas denominações para as duas construções do complexo termal: edifício existente para a parte centenária e edifício anexo para a ampliação.

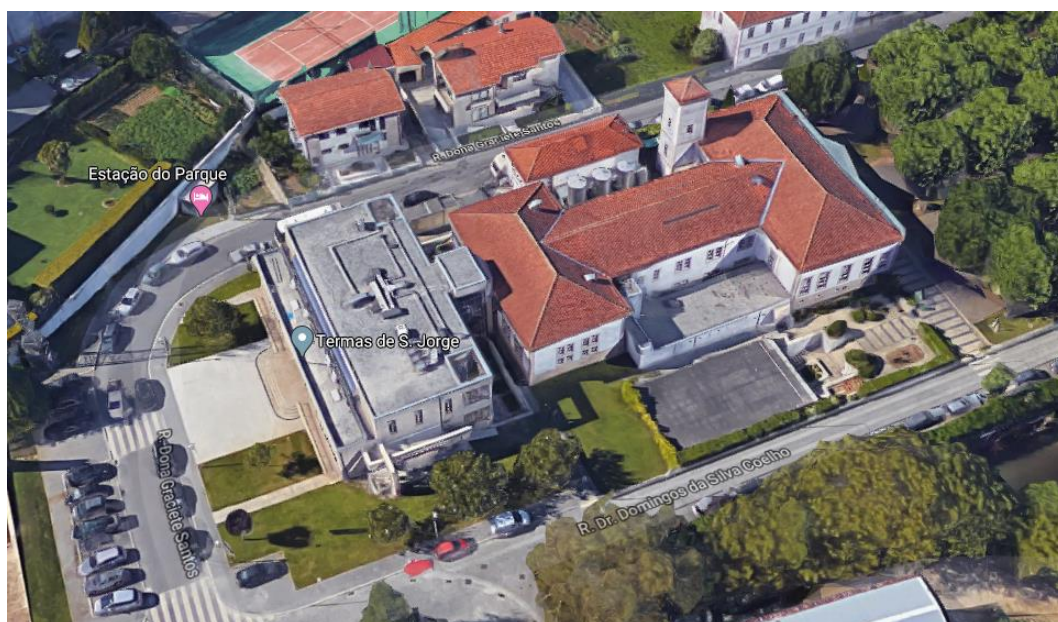


Figura 2.1 – Vista aérea das Termas de S. Jorge (Google Maps, 2020)

A Estância Termal encontra-se na margem esquerda do Rio Uima, pertencendo à bacia hidrográfica do Rio Douro. Desde que são referidas na história, as Termas destinam-se ao aproveitamento da nascente termal para fins medicinais e de bem-estar da população. O avanço da medicina permitiu novas técnicas de tratamentos e conhecimento do potencial desta água termal. Ao longo dos anos, com as facilidades

de acesso foi possível estender os seus serviços a mais utilizadores, sendo que nos primórdios do primeiro balneário a população local era aquela que mais usufruía deste complexo. Nos dias de hoje, as Termas também estão preparadas para o turismo de saúde, tendo vários programas que saem do âmbito medicinal, atraindo turistas nacionais ou estrangeiros que procurem novas experiências.

O complexo das Termas de S. Jorge é formado por vários edifícios adjacentes, mas o principal, pela sua história e importância, é o edifício centenário. Este edifício imponente é referido neste trabalho como edifício existente, apresentando a sua fachada voltada a Nascente (Figura 2.2).



Figura 2.2 – Fachada Centenária

Nos dias que correm, este edifício já não invoca o protagonismo de outrora, uma vez que, tanto a maior parte dos tratamentos a termalistas como a receção e administração das Termas, foram implementadas no edifício anexo. A antiga entrada foi fechada através de uma estrutura envidraçada, o que permitiu transformá-la numa sala de repouso com vista para o jardim. O complexo termal recebe atualmente os seus visitantes pela construção anexa, que corresponde à fachada voltada a poente (Figura 2.3).



Figura 2.3 – Fachada Poente

Entrando neste edifício, no rés-do-chão, situa-se a sala de espera e a receção de atendimento aos termalistas. Do lado esquerdo encontram-se os gabinetes médicos, os gabinetes de gestão e manutenção do complexo, bem como o balcão dos serviços administrativos. Do lado direito, é apresentada a cafetaria e a atual buvette, a escultura d' "O Anjo de Água" (Figura 2.4). Adquirida do francês, a palavra *buvette* é usada sobretudo no contexto termal tendo o significado de fonte de água termal de onde se bebe.



Figura 2.4 – Buvette "O Anjo de Água"

Passando o hall, pode ver-se a ligação entre os dois edifícios numa construção envidraçada, que dá acesso aos diferentes pisos de ambos os edifícios através da escadaria e um elevador, proporcionando assim acesso a utilizadores com mobilidade reduzida. Os vestiários situam-se mais à frente passando a ligação, também no rés-do-chão, mas agora no edifício existente. Percorrendo um largo corredor, decorado para acolher os termalistas como uma zona de repouso com sofás e mobiliário do tipo, ao fundo do lado direito encontram-se os vestiários dos homens e à esquerda os vestiários das mulheres.

No conjunto de edifícios em estudo, só a construção anexa apresenta cave, composta por um piso semienterrado. Neste piso encontra-se a piscina (Figura 2.5), o corredor de marcha (Figura 2.6) e as várias cabines fechadas onde são desempenhados os tratamentos termais, tais como hidromassagem, duche vichy, entre outros listados mais à frente neste trabalho. Existe também uma zona seca, uma pequena sala, da perspectiva de quem entra na cave situa-se lado esquerdo e apresenta a finalidade de sala de massagens e/ou repouso.

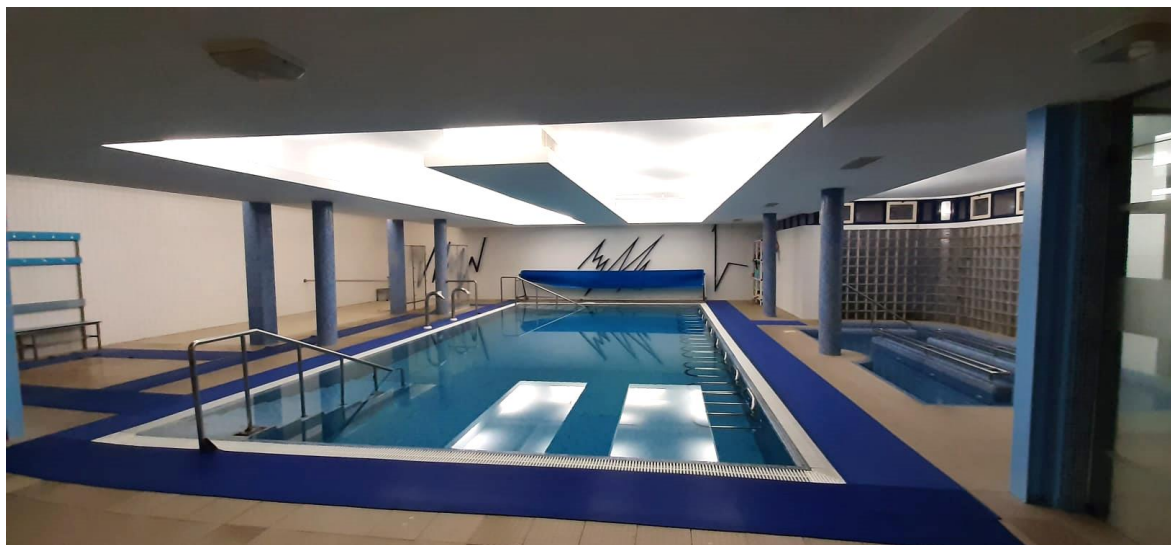


Figura 2.5 – Piscina

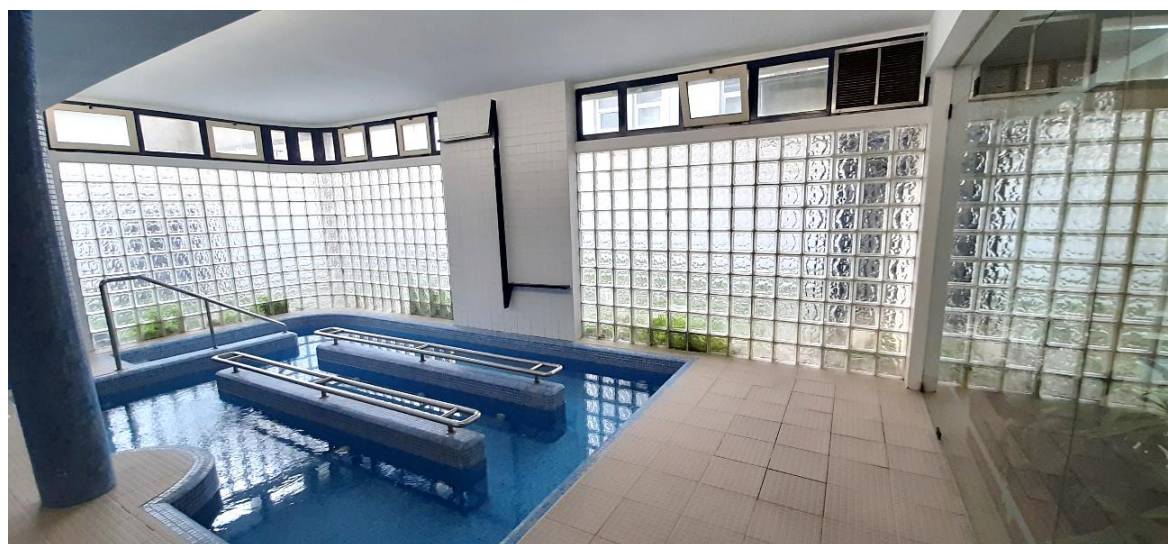


Figura 2.6 – Corredor de marcha

No primeiro piso, no edifício anexo são utilizadas as técnicas de ORL - otorrinolaringologia (Figura 2.7), também chamadas de tratamento das vias respiratórias. Passando o balcão de atendimento mesmo à entrada, observam-se 70 postos para adultos ocupando praticamente todo o salão e 12 postos para crianças colocados ao fundo, no canto direito da sala. Esta zona encontra-se fechada através de envidraçados, proporcionando assim um local temático e acolhedor para as crianças durante os tratamentos. As Termas de S. Jorge encontram-se preparadas para variados tratamentos a adultos e seniores, mas sem deixar as crianças de parte, foram criadas zonas específicas de tratamentos espalhadas pelo complexo destinadas aos mais pequenos. Neste piso, também se encontram três pequenas salas do lado esquerdo destinadas a técnicas de cinesiterapia.



Figura 2.7 – Sala de ORL

No que diz respeito ao edifício existente, o primeiro piso representa uma zona seca, na medida em que do lado esquerdo do corredor de acesso se encontra a sala do ginásio, um espaço amplo com várias máquinas e equipamentos de musculação (Figura 2.8).

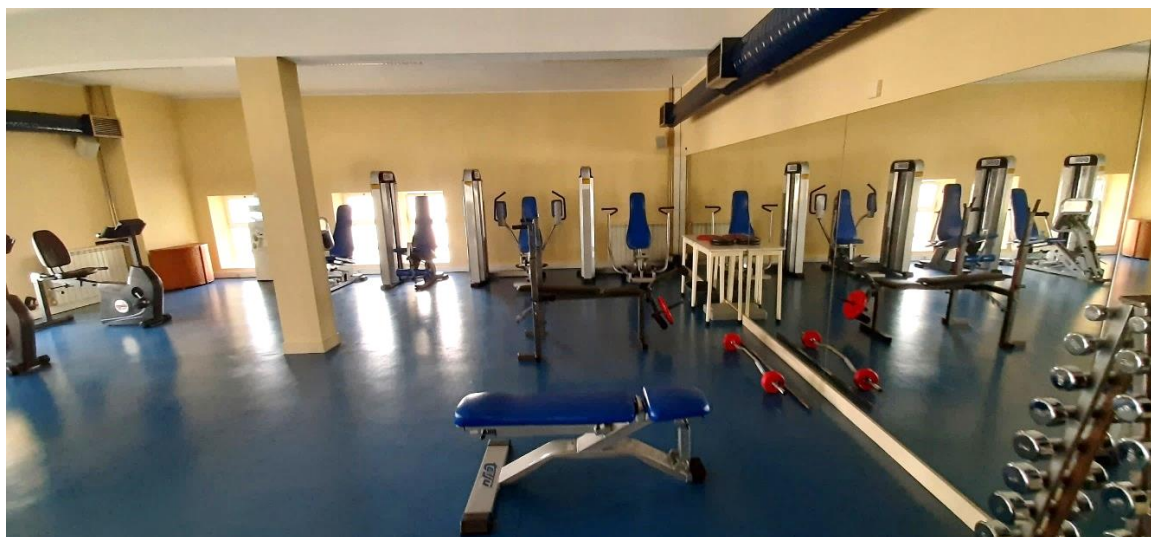


Figura 2.8 – Ginásio

Percorrendo o corredor, que à semelhança do corredor do rés-do-chão também se pode chamar de uma zona de repouso, do lado direito encontram-se as cabinas destinadas a tratamentos de termoterapia (parafangos) e massagens manuais secas. Estas salas têm todas a mesma tipologia e disposições similares (Figura 2.9).

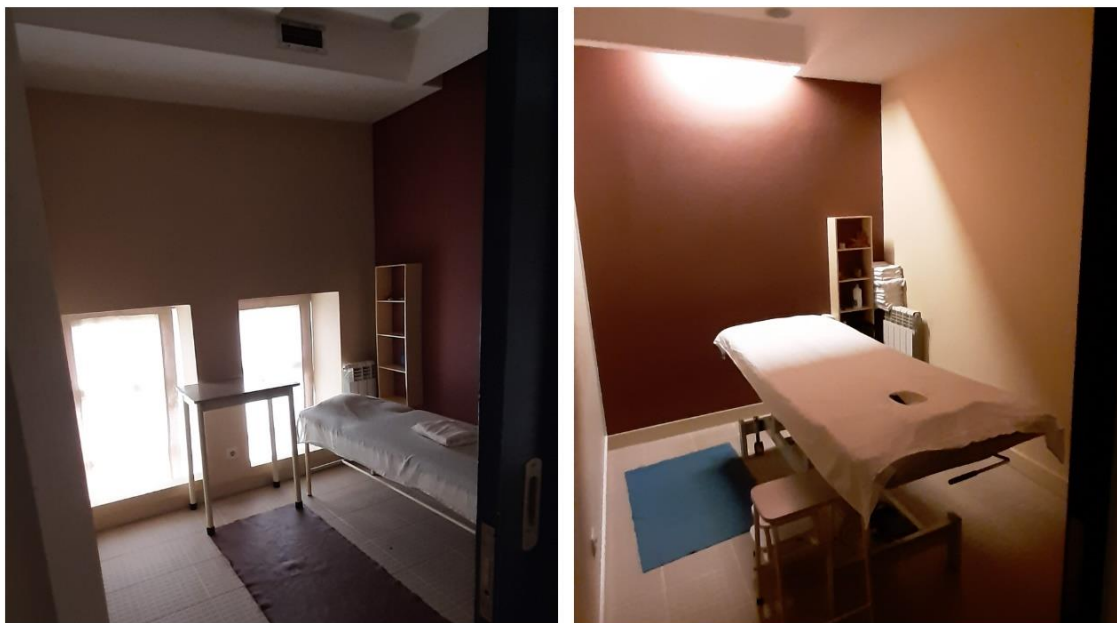


Figura 2.9 – Salas de massagens

Como foi descrito acima, o objetivo deste estudo foca-se em parte do complexo termal, no entanto outras zonas irão ser mencionadas, quando necessário, ao longo do desenvolvimento do trabalho. De modo a facilitar a visualização no espaço das principais áreas das Termas de S. Jorge (Figuras 2.10) foi desenvolvida a legenda a seguir apresentada.

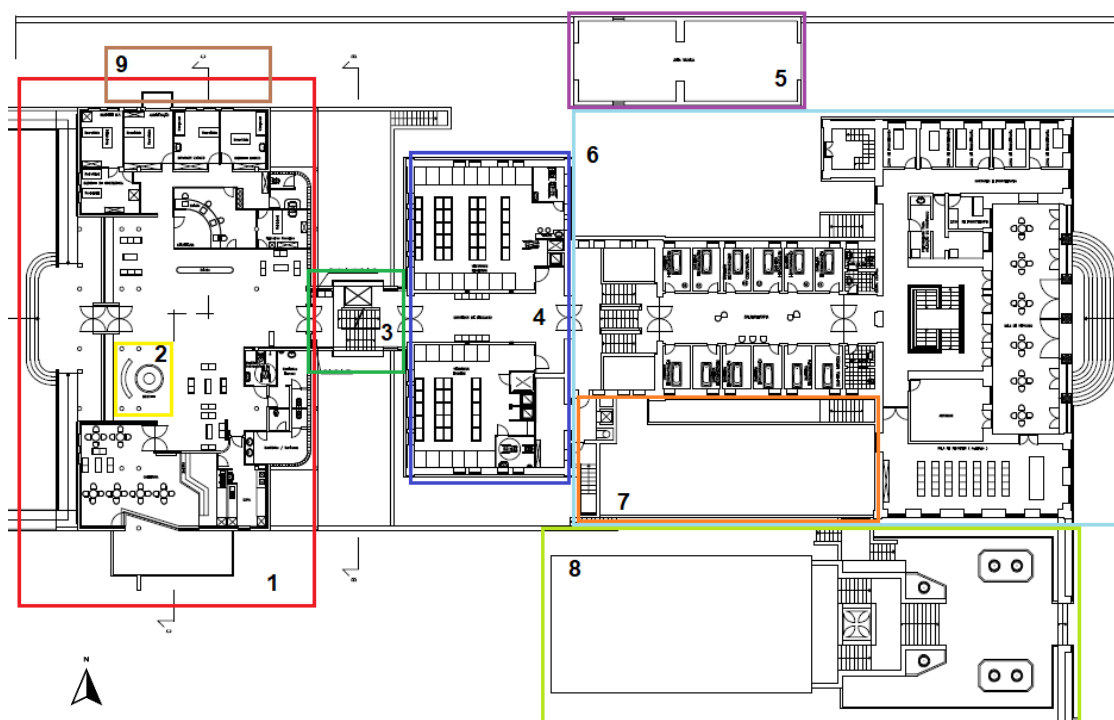


Figura 2.10 – Planta do rés-do-chão do complexo termal

Legenda:

- 1 – Edifício anexo
- 2 – Atual buvette
- 3 – Ligação entre a construção nova e a existente
- 4 – Área do edifício existente pertencente ao objeto de estudo
- 5 – Central térmica
- 6 – Área do edifício existente não pertencente ao objeto de estudo
- 7 – Lavandaria
- 8 – Antiga *buvette* (zona inativa)
- 9 – Área técnica da piscina (enterrada)

Ao analisar a planta acima apresentada (Figura 2.10) verifica-se que o objeto de estudo é composto pelas áreas 1, 3 e 4. A área 6 do edifício existente, corresponde a uma parte do edifício que se encontra em bom estado de conservação, não levantando problemas. A única exceção é o telhado, comum a toda a área do edifício existente, logo esta anomalia será estudada na área 4, parte que integra o objeto de estudo. A lavandaria e a central térmica, áreas 5 e 7, não apresentam anomalias relevantes, funcionando como construções anexas dos edifícios principais. Existe ainda a área técnica de apoio à piscina, área 9, onde se encontram o tanque de compensação e os aparelhos de filtragem e tratamento da água termal da piscina. Esta zona é enterrada, pelo que não se encontra na planta do rés-do-chão. Esta zona foi construída aquando da ampliação, assim como a lavandaria. A antiga *buvette*, área 8, apresenta quatro

poços no seu interior, alguns aterrados e outros à espera do mesmo fim numa intervenção próxima. Esta zona encontra-se inutilizável e ao abandono, pelo que necessita de uma intervenção urgente num futuro próximo, para que não degrade a imagem exterior do complexo termal. Na cave do edifício existente, na área 6, existem duas outras *buvettes* antigas (Figura 2.11) em pedra que permanecem em funcionamento, juntamente com a escultura d' "O Anjo de Água" que nesta planta está assinalada pela área 2.



Figura 2.11 – *Buvettes* do edifício existente

2.2 CARACTERIZAÇÃO

Neste subcapítulo pretende-se expor o levantamento realizado no complexo das Termas de S. Jorge. Este levantamento consistiu em concentrar a informação mais relevante relativamente à história do edificado, a processos e técnicas construtivas, aos materiais utilizados e às instalações que os edifícios apresentam, bem como os sistemas incorporados.

Como o intervalo entre o projeto e a obra propriamente dita foi sendo alargado por variadas razões, existe uma disparidade considerável entre os processos e os materiais descritos no projeto e os que efetivamente foram executados e utilizados. Isto deve-se em grande parte à evolução das técnicas construtivas, assim como dos materiais de construção, visto que muitos deles marcaram uma época construtiva ou uma técnica de construção. O setor da construção apresenta ao longo da sua história técnicas e materiais de construção que marcaram anos e por vezes gerações, no entanto, à medida que eram encontradas novas soluções, estas iam levando as anteriores para o desuso.

O objetivo desta caracterização passa por conhecer com precisão o que efetivamente estudar e não estudar e, deste modo poder ser mais coerente e preciso na resolução dos problemas. Se esta parte inicial for seguida com pouco cuidado provavelmente não se soluciona um problema, tornando este mais complicado e difícil de resolver daqui por breves anos. Existe um processo que é muitas vezes apontado pelos experientes da área como camuflagem, visto que não passa por resolver o problema, mas sim por disfarçá-lo. No entanto, este só é aplicado quando o problema não tem uma resolução simples nem direta, e nem sempre se pode dar como certa a extinção das manifestações. Este método é utilizado como último recurso ou por questões económicas.

2.2.1 CARACTERIZAÇÃO HISTÓRICA

Segundo o Dicionário da Língua Portuguesa da Porto Editora, investigar refere-se à ação de seguir os vestígios de algo ou alguém. Assim sendo, é errado falar de investigação sem antes perscrutar o passado do objeto sobre o qual se debruça essa investigação. Este conceito remete-nos para a célebre citação de Heródoto: “Pensar o passado para compreender o presente e idealizar o futuro”.

Conhecer o passado deste objeto de estudo em particular é fundamental, sendo que na história podemos adquirir conhecimento acerca de disfunções nos edifícios e assim ter presente que certas opções tomadas não corresponderam ao esperado. O conhecimento está em constante evolução e sem a história não temos forma de validar processos, na medida em que reside na história o conhecimento de algo que queremos testar no presente.

Desta forma, é apresentada uma primeira parte cuja função será situar o leitor na história desta Estância Termal e uma segunda parte que descreve as alterações efetuadas a nível da função e utilização dos espaços. Igualmente, na segunda parte, são relatados alguns ajustes relevantes no projeto de estruturas e também no projeto de arquitetura.

2.2.1.1 CRONOLOGIA CONSTRUTIVA

Com base em recolha de informação [3] e inquéritos aos administradores foi possível reunir algumas datas de fim e início de ciclo das Termas de S. Jorge. Este complexo já enfrentou várias reabilitações, já encerraram e voltaram a abrir portas e de cada uma das vezes voltaram mais capazes para proporcionar mais e melhores tratamentos. Posteriormente, essas datas foram dispostas numa linha temporal:

- Primeira referência histórica – 1097;
- Primeiro balneário termal – 1805;
- Decreto abrindo concurso para a construção de um balneário – 1873;
- Construção do edifício existente (fachada centenária) – 1892;
- Concessão das Termas à Câmara Municipal da Feira – 1895;
- Encerrada para obras de captação e beneficiação do balneário – 1940;
- Obras de pequena dimensão – 1960;
- Última intervenção do século XX, renovação de instalações e equipamentos – 1988;
- 1º Projeto de Arquitetura para ampliação do balneário termal – maio de 1993;
- Proposta de orçamento – março de 1996;
- Adjudicação – maio de 1996;
- Conclusão da parte de betão armado – 1997;
- Passagem para gestão privada mantendo o domínio público – 1998;
- 2º Projeto de Arquitetura para ampliação e remodelação do edifício das Termas – maio de 2000;
- Início das obras – 2002;
- Abertura – 2 de junho de 2003;
- Licenciamento após projeto de segurança (incêndio e sanitários) – 2010.

2.2.1.2 CRONOLOGIA FUNCIONAL

Sendo um complexo Termal que ao longos dos anos sofreu inúmeras alterações, muitas das quais não foram registadas, é importante saber as alterações que ocorreram num passado recente. Restringindo a informação ao intervalo de tempo compreendido entre o desenvolvimento dos projetos de ampliação e

o presente estado de funcionamento, deste modo é possível avaliar se, porventura, estas mudanças tiveram algum impacto na durabilidade do edificado.

O primeiro ponto a salientar é o da remoção da caixa de elevador, que se encontrava no hall do rés-do-chão do edifício anexo, passando posteriormente para a zona de ligação entre o edifício anexo e o existente. Esta alteração anexou o elevador à escadaria de acesso aos diferentes pisos, ficando assim os dois meios de circulação entre pisos no mesmo local. Esta decisão deve-se às inúmeras alterações que os projetos de arquitetura sofreram durante a sua produção, aliada à possibilidade de alteração do edifício devido ao embargo da obra entre 1997 e 2002. Esta mudança no projeto levou a um reforço estrutural, pois a caixa de elevador consistia num elemento importante no que diz respeito à estabilidade estrutural e contraventamento do edifício. Na zona onde se localizava esta mesma caixa, desde a cave até ao 1º piso, foi colocada uma estrutura metálica, em aço Fe 360, composta por perfis HEB 140 e 450, incluindo fixações e ancoragens (Figura 2.12). Após a colocação destes perfis metálicos procedeu-se à demolição dos elementos de betão armado acima referidos.



Figura 2.12 – Perfis metálicos ancorados aos pilares do 1º piso (esquerda) e da cave (direita)

De acordo com o orçamento apresentado pelo empreiteiro, ao qual foi possível ter acesso, inicialmente estava definido no projeto aplicar caixilharias em perfis normalizados de ferro metalizado com vidro simples (liso incolor) de 6 mm de espessura, mas em vez disto, optou-se em obra por aplicar caixilharias em perfis de alumínio com vidro duplo 4+5 mm de espessura.

Por último, que também pode ser considerada como alteração ao projeto inicial, foi a colocação de películas com 80% de proteção UV nos redondos em acrílico e vãos envidraçados da varanda do 1º piso, que se localizam na fachada voltada a poente. Estas películas têm como função impedir que grande parte da radiação entre através dos envidraçados na sala de ORL, assim como melhora parcialmente a sensação de desconforto térmico provocada pela orientação da sala. As películas foram colocadas em 2014, pelo que já demonstram a necessidade de serem substituídas (Figura 2.13).



Figura 2.13 – Películas de proteção UV

Podemos assim admitir, que nenhuma zona do edifício anexo sofreu alteração relativamente à sua função desde a sua abertura em 2003 até ao presente funcionamento. O mesmo podemos concluir das áreas do edifício existente que fazem parte do objeto de estudo.

2.2.2 CARACTERIZAÇÃO CONSTRUTIVA

A análise de um edifício em fase de utilização não é uma tarefa simples nem direta, uma vez que a situação em fase de construção é um tanto imprevisível e por outro lado, estamos perante uma diversidade de elementos, materiais e componentes. Quer isto dizer que, porventura, quando necessário são alterados os mais variados aspetos em obra sem que por vezes haja um registo escrito, e mesmo quando este existe a informação encontra-se dispersa no processo. Esta situação torna a recolha de informação demorada e pouco conclusiva. Alguns exemplos que acontecem frequentemente em obra são os seguintes: trocas de materiais prescritos no projeto; modificações das soluções construtivas; alteração das disposições de alvenarias interiores; colocação de isolamento térmico ou impermeabilização num local que não estava previsto ou o contrário, entre outros. O verdadeiro problema que causa todas estas alterações em obra, que nem sempre são bem equacionadas, prende-se com o facto de os projetos serem pobres, com pouco detalhe e falta de peças desenhadas que exponham com clareza como deve ser executado. Esta situação abre uma enorme janela para suposições e livres ajustes do objeto que está em construção.

Posto isto, é essencial decompor o objeto de estudo em várias partes, para daí ser mais fácil de visualizar cada etapa da construção e consequentemente, mais simples de identificar que materiais foram utilizados para se obter o resultado final. Partindo deste conceito, será feita a divisão por elemento de construção que necessita de intervenção ou manutenção. Com o objetivo de facilitar a análise e adequar as soluções construtivas à época em que estas foram construídas, esta divisão será separada em duas, edifício anexo e edifício existente.

Porventura, irá parecer muito precoce esta análise e divisão de todos os elementos, no entanto, no decorrer do trabalho, ao adquirir este método nesta altura irá facilitar a identificação e localização no espaço das anomalias à medida que estas forem detetadas. Isto, não só permite que se esteja familiarizado com a linguagem da abordagem, mas também que possa ser imediata a apresentação de propostas de solução. Outro aspeto importante de referir prende-se com o uso do software, uma vez que, o detalhe dos materiais de construção abaixo descrito é necessário para introduzir no modelo do edifício

que irá ser produzido, por forma a que os resultados a obter sejam mais próximos da realidade quanto possível.

2.2.2.1 EDIFÍCIO EXISTENTE

Quanto ao edifício existente, trata-se de uma obra do século XIX, apresentando assim uma construção muito particular dessa época. As fundações e as paredes exteriores, elementos com funções estruturais, são construídas em blocos de pedra maciça, neste caso em concreto por granito. As paredes exteriores apresentam aproximadamente 60 cm de espessura, e aquando da remodelação deste edifício, estas foram limpas e reparadas pelo exterior. Posteriormente, foram rebocadas com argamassa de cimento e pintadas. Os cantos dos pilares e as orlas das janelas são adornadas por peças em granito (Figura 2.14).



Figura 2.14 – Paredes exteriores do edifício existente

A maior parte das alvenarias interiores foram demolidas para que depois fossem reposicionadas dando origem a novos espaços. À semelhança do que acontece no edifício anexo, estas foram construídas em tijolo cerâmico vazado de 7 ou 15 cm, dependendo da situação. Os revestimentos interiores de tetos, pavimentos e alvenarias a manter foram removidos e posteriormente procedeu-se à aplicação de novos tipos de revestimento. No caso das paredes, este revestimento pode ser reboco (cimento e areia) com acabamento estanhado para posterior pintura com tinta vinílica ou reboco hidrófugo para assentamento de mosaico cerâmico. O revestimento de pavimentos é constituído por argamassa (cimento e areia) hidrófuga e posterior assentamento de mosaico antiderrapante. Os tetos interiores possuem um revestimento de massa de estuque para posterior pintura com tinta vinílica.

A cobertura é constituída por uma solução tradicional, muito típica da construção daquela época, uma cobertura inclinada de madeira, com quatro águas (Figura 2.15). O telhado encontra-se revestido a telha cerâmica, colocadas sobre ripas e contra-ripas. A parte estrutural da cobertura é assegurada por asnas compostas (Figura 2.16).



Figura 2.15 – Interior da cobertura inclinada (07/02/2019 – cortesia Eng. Diogo Oliveira)

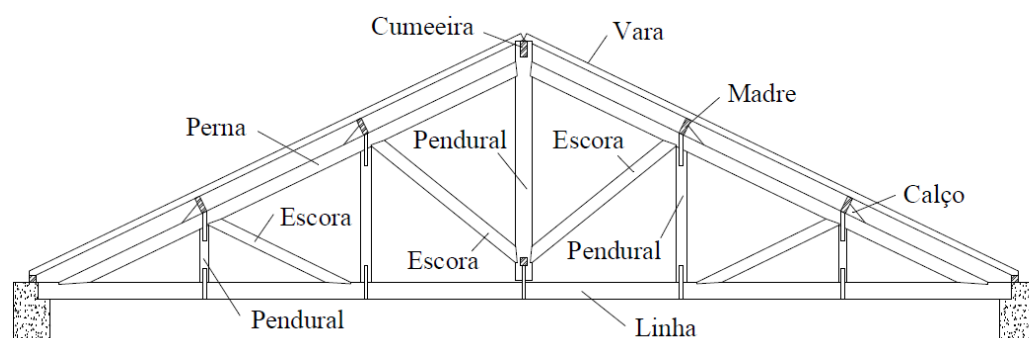


Figura 2.16 – Asna composta [4]

2.2.2.2 EDIFÍCIO ANEXO

O corpo principal correspondente à ampliação que as Termas de S. Jorge sofreram em 2003 (Figura 2.17), apresenta uma construção própria da sua época, e do que era de esperar, visivelmente díspar do edifício existente ao qual está anexo. Começando pela estrutura, apresenta uma solução de sapatas individuais interligadas por vigas de equilíbrio. Sendo uma estrutura em betão armado, apresenta a solução porticada tradicional (vigas e pilares) em betão armado B25. As paredes da cave ou muros são em betão armado com 30 cm de espessura, assim como as lajes de fundação e de cobertura são lajes maciças com 20 cm de espessura. As duas lajes que fazem a separação entre pisos são lajes fungiformes do tipo FERCA de molde perdido, com aproximadamente 30 cm de espessura. Sobre as lajes foi colocada uma camada de isolamento térmico de 10 cm de betão celular. Os elementos em betão armado que se encontram em contacto com o solo foram impermeabilizados com a tinta betuminosa e drenos periféricos compostos pelo próprio dreno de 100 mm de diâmetro, manta geotêxtil, brita e manta drenante alveolar ou pitonada.

A envolvente exterior é constituída por alvenaria dupla de tipo vazado de 15 e 11 cm, do exterior para o interior, formando entre eles uma caixa de ar de 4 cm de espessura. Relativamente à existência de isolamento térmico na caixa de ar, devido à falta de informação, optou-se por considerar que a parede não contempla qualquer tipo de isolamento, assumindo-se assim uma posição mais conservativa.

Aquando da construção deste edifício, o regulamento de térmica era pouco exigente, pelo que dependendo da zona climática era possível cumprir os seus requisitos sem utilizar materiais isolantes como é o caso dos dias de hoje.



Figura 2.17 – Edifício Anexo

O revestimento utilizado no exterior era muito frequente na altura, no entanto caiu em desuso por variadas razões, uma delas por apresentar problemas de fissuração e empolamento. Este revestimento é denominado por marmorite, que consiste numa argamassa já com a finalidade de acabamento final colocada sobre reboco hidrófugo com acabamento sarrafado ou liso. Existe um outro tipo de alvenaria exterior, que corresponde a tijolo de vidro quadrado com 20 cm de lado e 8 cm de espessura, mais utilizada nas paredes voltadas a nascente, junto à ligação entre os dois edifícios.

Quanto à solução construtiva adotada para a cobertura trata-se da tipologia plana inacessível, ideal para a colocação de equipamentos de tratamento de ar e ventilação por exemplo, como se verifica no edifício das Termas de S. Jorge. A cobertura é composta, do exterior para o interior, por seixo branco, isolamento térmico do tipo XPS com 4 cm de espessura e a camada de impermeabilização composta por primário betuminoso, telas betuminosas elastómeras com armadura de poliéster, feltro geotêxtil e areão ligado com betuminoso. Por fim, junto à laje de cobertura, foi colocada uma camada de isolamento térmico de 15 cm de betão celular, formando pendentes.

As alvenarias interiores são construídas em tijolo cerâmico vazado de 7, 11 ou 15 cm. Em termos de revestimentos das paredes interiores, após rebocadas com argamassa de cimento, estes podem ser pintura com tinta plástica, tinta vitrificante ou mosaicos cerâmicos, consoante o tipo de espaço onde são inseridos. Os muros da piscina são revestidos a pastilha vidrada quadrada, tipo EVINEL com 2 cm de lado. Os pavimentos, regra geral são: mosaico em vidro polido; mosaico vinílico; mosaico de granito ou mosaico antiderrapante em zonas húmidas. Os tetos podem ser rebocados com argamassa de cimento e areia com acabamento areado fino, para posterior pintura com tinta de água à base de resinas acrílicas, ou aplicar massa de estuque. Alguns tetos e sancas são em painéis de gesso cartonado tipo PLADUR, incluindo estrutura em perfis de aço galvanizado e emmassamentos, para posterior pintura com tinta plástica.

2.3 FUNCIONAMENTO

As Termas de S. Jorge, como qualquer outro complexo termal, tem um ciclo ou época termal que se inicia entre a primeira quinzena de fevereiro, encerrando entre o final de novembro e início de dezembro. O seu funcionamento está organizado em dois horários distintos, um primeiro horário para os termalistas e um segundo horário para o pessoal de limpeza e higienização do espaço, assim como, para o pessoal administrativo e de gestão. No primeiro horário, de segunda a sexta, os termalistas têm total acesso ao complexo termal das 8h30 às 12h e da parte da tarde das 16h às 19h30. No segundo horário, de segunda a sexta, está funcional das 8h30 às 12h30 e da parte da tarde das 14h30 às 20h. Neste segundo horário, sendo mais alargado por forma ao complexo estar em funcionamento das 8h30 às 20h, os funcionários revezam-se por turnos de forma a cumprirem as 8 horas de trabalho diárias. Aos Sábados e Feriados os dois horários fundem-se, estando aberto só da parte da manhã das 8h30 às 12h.

Os termalistas podem usufruir, no complexo das Termas de S. Jorge, de um vasto role de técnicas de tratamento, podendo ser usadas em conjunto ou separadas, dependendo do tipo de tratamento e qual seja o seu objetivo. Por conseguinte, as Termas têm ao seu dispor um conjunto de profissionais de saúde que acompanham os termalistas, adequando os tratamentos conforme as suas necessidades.

A ocupação do espaço normalmente está compreendida entre a aconselhada e a mínima, salvo em períodos de grande afluência em que poderá estar no limite da ocupação aconselhada. O número de utentes diários é incerto e variável ao longo da época termal, no entanto podemos contar com um total de 37 funcionários embora não apresentem uma tarefa nem um espaço de trabalho fixo. É de acrescentar que raramente estão todos ao mesmo tempo no complexo termal, pois alguns trabalham em turnos distintos e outros só desempenham funções em certos dias da semana. A lista de funcionários é extensa, podendo ser destacadas algumas funções: gestão, serviços administrativos, médicos, fisioterapeutas, massagistas, pessoal encarregue pela limpeza e higienização do espaço, entre outras.

Incidindo no objeto de estudo, os tratamentos que utilizam diretamente água termal estão concentrados na cave e no 1º piso do edifício anexo, isto significa que, depois da ampliação, o edifício anexo passou a desempenhar um papel importante no que diz respeito ao funcionamento das Termas durante grande parte da época termal. Consequentemente, conclui-se que a construção anexa está mais exposta à água termal e aos seus efeitos de degradação em comparação com edifício existente. Salvo em períodos de grande afluência que, por necessidade de mais espaço, alguns dos tratamentos são realizados nas cabines antigas situadas na cave e rés-do-chão do edifício existente.

Conhecer as técnicas utilizadas nos diferentes tratamentos é conhecer o funcionamento e a organização do espaço envolvente, sendo este o objetivo do estudo. Portanto, no quadro seguinte (Quadro 2.1) estão organizados os tratamentos pelas suas várias categorias ou técnicas e também, pelos dois edifícios onde estes tratamentos são desempenhados.

Quadro 2.1 – Localização dos tratamentos termais

Hidropinia	
Ingestão oral	Edifício existente/anexo
Técnicas de ORL (Vias respiratórias)	
Irrigação nasal	Edifício anexo
Inalação (oral, nasal)	Edifício anexo
Aerossol (oral, nasal, facial)	Edifício anexo

Nebulização	Edifício anexo
Pulverização	Edifício anexo
Técnicas de imersão	
Imersão simples	Edifício existente/anexo
Imersão em água corrente	Edifício existente/anexo
Aerobanho	Edifício existente/anexo
Hidromassagem simples	Edifício existente/anexo
Hidromassagem computadorizada	Edifício existente/anexo
Manilúvio-pedilúvio	Edifício existente
Hidropressoterapia	Edifício anexo
Hidroterapia em piscina termal	Edifício anexo
Corredor de marcha	Edifício anexo
Técnicas de duche	
Agulheta	Edifício existente
Circular	Edifício anexo
Subaquático	Edifício anexo
Pulverizado	Edifício existente/anexo
Duche massagem tipo Vichy	Edifício existente/anexo
Duche massagem tipo AIX	Edifício existente
Técnicas de vapor	
Vapor de mãos e pés	Edifício existente
Vapor de coluna	Edifício anexo
Estufa de vapor integral	Edifício existente/anexo
Bertholaix (coluna, ombros, cervical, ancas)	Edifício existente/anexo
Técnicas de fisioterapia	
Massagem manual seca	Edifício existente/anexo
Termoterapia (parafangos)	Edifício existente
Reeducação em ginásio	Edifício existente
Pressoterapia	Edifício existente/anexo
Técnicas de cinesiterapia	
Hidrocinesiterapia – piscina	Edifício anexo
Hidrocinesiterapia – corredor de marcha	Edifício anexo

Cinesiterapia respiratória	Edifício anexo
Massagem drenagem manual	Edifício existente/anexo

2.4 ÁGUA TERMAL

As Termas de S. Jorge dispõem atualmente de um furo de captação vertical denominado por SJ1 ou Furo do Torrião, localizado junto à central térmica. A água mineral natural é captada através deste furo a 46 metros de profundidade com um caudal de bombagem de 160 L/min ou 9,6 m³/h. No furo encontram-se vários equipamentos necessários para a correta captação da água mineral, listados de seguida:

- Bomba submersível;
- Sensor de nível;
- Válvula assética;
- Válvula de corte;
- Caudalímetro;
- Válvula de retenção;
- Manómetro;
- Filtro absoluto.

O sistema de adução consiste na captação da água termal e respetivo encaminhamento até aos reservatórios de armazenamento que se encontram junto da central térmica. Existem três reservatórios de armazenamento de água termal fria de 20 000 litros cada e cinco termoacumuladores de água termal, que após passar pelo processo de aquecimento, é armazenada para poder ser encaminhada para o circuito programado e posterior utilização. Os cinco termoacumuladores apresentam características e finalidades distintas, existem dois termoacumuladores de 4000 litros a uma temperatura de 42 °C, um de 5000 litros a 42 °C, um de 2000 litros a 60 °C e por fim, um de 1000 litros a 55 °C para uso sanitário.

Aquando da próxima intervenção às instalações, irá ser estabelecida uma nova ligação para fornecimento de água termal, consistindo no furo SJ2. Este encontra-se mais distante das instalações, mas apresenta uma composição da água termal muito semelhante ao furo SJ1. O furo SJ2 ainda se encontra em fase de projeto, pelo que está a ser planeada a condução das obras de instalação da tubagem de ligação entre este novo furo e a central térmica.

Na estância termal já existia uma central térmica onde estão localizadas as caldeiras a gás para aquecimento da água termal, assim como para outros fins similares. Tendo em vista o aumento da capacidade de funcionamento das Termas de S. Jorge em épocas de grande afluência, foi construída uma central técnica aquando do edifício anexo, de modo a instalar todos os equipamentos mecânicos referentes ao armazenamento da água termal e ao funcionamento da piscina como tanque de compensação e permutadores, por exemplo. Um dos objetivos desta central passa por efetuar a pressurização das redes de distribuição e produção instantânea e acumulação de água termal quente às temperaturas de utilização. Esta opção foi tomada tendo em conta que a caldeira existente não possui potência térmica suficiente para provocar o aquecimento instantâneo da água termal numa situação de arranque, o que permite reduzir o tempo de espera entre o arranque do sistema até que este fique completamente funcional.

Segundo [5] a classificação do Instituto de Hidrologia de Lisboa (Herculano de Carvalho et al. 1961), as águas minerais naturais encontram-se divididas em quatro grandes grupos:

- Hipotermais – se emergem a temperaturas inferiores a 25 °C;
- Mesotermais – se emergem a temperaturas entre os 25 °C e os 35 °C;
- Termiais – se emergem a temperaturas entre os 35 °C e os 40 °C;
- Hipertermiais – se emergem a temperaturas superiores a 40 °C.

Dito isto, a água termal das Termas de S. Jorge como emerge a uma temperatura de 23°C é assim classificada como hipotermal. No entanto, a sua mais valia encontra-se na composição microbiológica e físico-química (Quadro 2.2) que se destaca das demais. Devido a estas propriedades, as indicações terapêuticas para o uso desta água termal em concreto passam pelo tratamento de doenças do aparelho respiratório, reumáticas e músculo-esqueléticas.

Quadro 2.2 – Ensaio Físico-Químicos da água termal do furo SJ1

Parâmetros organoléticos	
Cheiro	A sulfídrico
Cor	Ausente
Aparência	Límpida
Depósito	Ausente
Parâmetros globais	
pH	7.7
Alcalinidade	0.14 g/L CaCO ₃
Condutividade 20 °C	921 µS/cm
Dureza	10.9 mg/L CaCO ₃
Resíduo seco a 180 °C	609 mg/L
Dióxido de carbono livre	5.6 mg/L CO ₂
Sulfuração total	40 mL/L I2 0.01N
Enxofre total	7.0 mmol/L
Sílica	60 mg/L SiO ₂
Componente Maioritária – Aniões	
Fluoreto	18 mg/L F
Cloreto	0.2 g/L Cl
Bicarbonato	0.17 g/L HCO ₃
Carbonato	< 1.0 mg/L CO ₃
Hidrogenossulfureto	4.4 mg/L HS
Ácido Sulfídrico	0.25 mg/L H ₂ S
Sulfato	2.2 mg/L SO ₄

Silicato	0.94 mg/L H ₃ SiO ₄
Nitrato	< 0.27 mg/L NO ₃
Nitrito	< 0.0050 mg/L NO ₂
Hidroxilo	< 1.0 mg/L OH
Componente Maioritária – Catiões	
Lítio	1.25 mg/L Li
Sódio	208 mg/L Na
Potássio	10 mg/L K
Magnésio	0.23 mg/L Mg
Cálcio	4.0 mg/L Ca
Ferro total	0.0025 mg/L Fe
Amónio	0.30 mg/L NH ₄
Resumo da composição química	
CQ: Soma de aniões	361 mg/L
CQ: Soma de aniões (Rodier, 8ª Ed. A16.2)	8.6 mEq/L
CQ: soma de catiões	224 mg/L
CQ: Soma de catiões (Rodier, 8ª Ed. A16.2)	9.7 mEq/L
CQ1: Balanço iónico	1.1 mEq/L
Mineralização total	645 mg/L

A distribuição é feita através de circuitos programados tendo em vista a maior eficiência durante o uso de equipamentos em simultâneo, no entanto não é do interesse do leitor saber desse detalhe, mas sim em que modos estes circuitos operam. Existe água termal em circulação a diferentes temperaturas conforme a utilização, maior parte é armazenada para posterior utilização em tratamentos, só a água termal do circuito de desinfecção e do circuito do AVAC é aquecida no momento em que é feita a operação. As temperaturas em circulação são:

- Água termal fria a 23 °C (captação);
- Água termal quente a 42 °C;
- Água termal quente a 60 °C;
- Água termal quente a uma temperatura superior a 65 °C (desinfecção);
- Água termal quente a 85 °C (AVAC).

De seguida, no quadro abaixo (Quadro 2.3), estão apresentados os equipamentos e os seus respetivos circuitos de água termal.

Quadro 2.3 – Circuitos de funcionamento

Equipamento	Circuito
Banheira	Água fria 23 °C / Água quente 42 °C
Hidromassagem	Água fria 23 °C / Água quente 42 °C
Duche vichy	Água fria 23 °C / Água quente 42 °C
Vapor a coluna	Água quente 60 °C
Vapor mãos e pés	Água quente 60 °C
Banheira imersão com bolha de ar	Água fria 23 °C / Água quente 42 °C
Banheira imersão	Água fria 23 °C / Água quente 42 °C
Duche jato	Água fria 23 °C / Água quente 42 °C
Nebulização	Água quente 60 °C
Pulverização	Água quente 60 °C
Irrigações nasais	Água fria 23 °C / Água quente 42 °C
Aerossóis	Água fria 23 °C
Duche circular	Água fria 23 °C / Água quente 42 °C
Piscina	Água fria 23 °C / Água quente 42 °C
Buvette	Água fria 23 °C

A figura seguinte (Figura 2.18) mostra dois exemplos de equipamentos termais instalados nas Termas.



Figura 2.18 – Banheira hidromassagem (esquerda) e Duche vichy (direita)

Situando-se na cave da construção anexa, a piscina é o local onde se consome maior quantidade de água termal, sendo abastecida com água termal fria a 23 °C e com água termal quente a 42 °C, como já referido. A piscina apresenta forma retangular com uma profundidade de cerca de 1,1 metros e um volume de aproximadamente 66,6 m³. A água termal está estabilizada a uma temperatura de 34,5 °C, encontrando-se em constante circulação e consequentemente renovação, 24 horas por dia todos os dias durante o tempo de funcionamento. Para esta renovação o caudal está fixado em 30 m³/h, o que leva a cerca de 2,2 horas até a água da piscina ser totalmente renovada.

2.5 INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTO MECÂNICO

As Termas de S. Jorge possuem várias instalações mecânicas incorporadas nos edifícios. Neste subcapítulo, ao contrário do que é apresentado nos subcapítulos anteriores, iremos abordar o conjunto de edifícios das Termas como um todo. Quer isto dizer que, não serão divididos em edifício anexo e edifício existente, sendo apresentados todos os equipamentos existentes. Isto deve-se à impossibilidade de estudar as instalações e os sistemas separados em edifícios, o que também irá acontecer no subcapítulo da exposição e análise das faturas de eletricidade e gás natural. Estas instalações têm como objetivos a climatização dos espaços e o aquecimento da água termal da piscina, assim como dos restantes equipamentos. Em seguida, serão listados todos os equipamentos ou conjunto de equipamentos de um sistema, juntamente com a sua localização e uma breve descrição das suas características.

2.5.1 TERMOVENTILAÇÃO

Estes equipamentos, também chamados de unidades de tratamento de ar novo, têm como finalidade filtrar o ar exterior, procedendo à renovação do ar interior. Estes equipamentos podem proceder ao aquecimento desse ar antes de o insuflar, ou não, mediante as necessidades de cada espaço. Cada

equipamento é complementado pelo seu sistema de extração, composto pelo respetivo ventilador e rede de condutas. É de frisar que, cada sistema apenas abrange um piso ou parte dele, e está associado somente a um edifício, edifício existente ou edifício anexo. De seguida, são apresentadas as características destes equipamentos (Quadro 2.4).

Quadro 2.4 – Unidades de tratamento de ar novo

Designação	Local	Ativo	Caudal de ar [m³/h]	Capacidade de Aquecimento [kW]
UTA 1.1	Banheira de Hidromassagem (Cave e Rés-do-Chão)	Sim	2000	24
UTA 1.2	Banheira de Hidromassagem (Cave e Rés-do-Chão)	Sim	2000	24
UTA 1.3	Banheira de Hidromassagem (Cave e Rés-do-Chão)	Sim	2000	24
UTA 2	Salas de Duches Vichy	Sim	3200	38
UTA 3	Salas de Fangoterapia	Sim	1050	13
UTA 4	Vestiários do Pessoal; Zona de Serviço; Sala de Repouso; Bar	Sim	2000	20
UTA 5	Vestiários (Homem/Mulher)	Sim	2200	25
UTA 6	Vestiários (Homem/Mulher)	Sim	2200	25
UTA 7	Banhos de Imersão e Duche a Jato	Sim	4500	55
UTA 8	Sala de Duche e Aerossol Facial	Não	4200	35
UTA 9	Ginásio e Salas de Massagens	Não	2450	20
UTA 10	Ginásio e Salas de Massagens	Sim	2400	15

2.5.2 VENTILAÇÃO DE EXTRAÇÃO

Como já referido anteriormente, estes equipamentos encontram-se anexos aos anteriores, procedendo à extração do ar interior dos espaços acima descritos. No entanto, alguns locais só possuem ventilação de extração, como é o caso dos sanitários, arrumos, lavandaria, sala de massagens, copa, bar, entre outros. Claro está que, estas zonas recebem alguma renovação do ar indireta devido ao ar insuflado nas zonas adjacentes. No quadro em seguida (Quadro 2.5), estão indicadas algumas características destes equipamentos.

Quadro 2.5 – Ventiladores de extração

Designação	Local	Caudal de ar [m³/h]
VE 1.1	Banheira de Hidromassagem (Cave e Rés-do-Chão)	2800
VE 1.2	Banheira de Hidromassagem (Cave e Rés-do-Chão)	2600
VE 1.3	Banheira de Hidromassagem (Cave e Rés-do-Chão)	800
VE 2	Salas de Duches Vichy	3200
VE 3	Salas de Fangoterapia	1250
VE 4	Vestiários do Pessoal; Zona de Serviço; Sala de Repouso; Bar	1000
VE Bar	Bar	500
VE 5	Vestiários (Homem/Mulher)	2000
VE 6	Vestiários (Homem/Mulher)	2000
VE 7	Banhos de Imersão e Duche a Jato	4500
VE 8	Sala de Duche e Aerossol Facial	4200
VE 9.1	Ginásio e Salas de Massagens	1650
VE 9.2	Ginásio e Salas de Massagens	700
VE 10	Ginásio e Salas de Massagens	600
VE 11	Secretaria; Receção; Gabinetes; Cafetaria	600
VE 12	Secretaria; Receção; Gabinetes; Cafetaria	1000
VE Lavandaria	Lavandaria	1000

2.5.3 AQUECIMENTO CENTRAL

O aquecimento central é realizado através de radiadores espalhados pelos dois edifícios, não havendo uma separação bem definida entre estes. Alguns exemplos de zonas onde os radiadores se encontram instalados são os corredores, os sanitários, as salas de repouso, as salas de cinesiterapia respiratória, as salas de massagens, a sala do pessoal, entre outras zonas. Os radiadores são distinguidos por número de elementos e cada elemento tem uma potência de 170 kcal/h para uma temperatura de entrada de água de 85 °C. No quadro seguinte (Quadro 2.6) encontra-se mais informações relativa aos radiadores.

Quadro 2.6 – Radiadores

Designação	Quantidade	Localização
10E	15	Imprecisa
9E	1	Edifício anexo – cave
8E	4	Edifício anexo – cave
6E	2	Edifício anexo – cave
8E	2	Edifício anexo – 1º piso
4E	3	Edifício anexo – 1º piso
7E	2	Edifício existente – 1º piso
5E	5	Edifício existente – 1º piso
4E	6	Edifício existente – 1º piso
3E	11	Imprecisa

2.5.4 AR CONDICIONADO

No edifício anexo, no rés-do-chão, existem unidades de ar condicionado, do tipo VRV, reversíveis (bomba de calor), multi-split. O sistema é composto por uma unidade exterior (UC 1) localizada na cobertura e por várias unidades interiores (UE 1.1 a UE 1.9) inseridas na secretaria, receção, gabinetes e cafetaria. A unidade exterior (UC 1) apresenta uma potência de arrefecimento total de 28 000 W e de aquecimento de 31 500 W. As características das unidades interiores estão apresentadas no quadro abaixo (Quadro 2.7), mas mais se acrescenta sobre os equipamentos do tipo acoplamento a condutas, pois estes permitem a admissão de ar novo nos compartimentos onde estão inseridos.

Quadro 2.7 – Unidades Interiores

Designação	Local	Tipo	Capacidade Arrefecimento Total [W]	Capacidade Aquecimento [W]
UE 1.1	Secretaria; Receção; Gabinetes; Cafetaria	mural	2200	2500
UE 1.2	Secretaria; Receção; Gabinetes; Cafetaria	mural	2200	2500
UE 1.3	Secretaria; Receção; Gabinetes; Cafetaria	mural	2200	2500
UE 1.4	Secretaria; Receção; Gabinetes; Cafetaria	mural	2200	2500
UE 1.5	Secretaria; Receção; Gabinetes; Cafetaria	mural	2800	3200
UE 1.6	Secretaria; Receção; Gabinetes; Cafetaria	mural	2200	2500
UE 1.7	Secretaria; Receção; Gabinetes; Cafetaria	mural	2800	3200
UE 1.8	Secretaria; Receção; Gabinetes; Cafetaria	acoplamento a condutas	9000	10000
UE 1.9	Secretaria; Receção; Gabinetes; Cafetaria	acoplamento a condutas	9000	10000

Existe um outro sistema instalado, este do tipo mono-split, reversível, cujas características se encontram abaixo indicadas (Quadro 2.8).

Quadro 2.8 – Sistema mono-split

Designação	Local	Tipo	Capacidade Arrefecimento Total [W]	Capacidade Aquecimento [W]
UE 2 / UC 2	Secretaria; Recepção; Gabinetes; Cafeteria	acoplamento a condutas	20000	21200
UE 3 / UC 3	Sala de Duche e Aerossol Facial	consola	7100	8000
UE 4 / UC 4	Sala de Duche e Aerossol Facial	consola	7100	8000
UE 5 / UC 5	Sala de Duche e Aerossol Facial	consola	7100	8000
UE 6 / UC 6	Bar (edifício existente)	cassette 4 vias	5000	5400

2.5.5 DESUMIDIFICAÇÃO

Somente para a zona da piscina, foi adotada uma unidade desumidificadora que permite regular o ambiente na cave do edifício anexo, ao mesmo tempo que aproveita a energia para aquecer parte da água termal da piscina. Este equipamento, sendo do tipo bomba de calor, também ajuda no aquecimento do ar interior ao passo que insufla 20 % de ar novo do ar total insuflado no espaço. No entanto, a unidade desumidificadora já não se encontra ativa, pois o contacto com a água termal, ao longo dos anos em funcionamento, danificou o interior do equipamento devido ao seu poder de corrosão. Algumas características a salientar são:

- Caudal de ar total = 7 000 m³/h
- Caudal de água = 1,8 m³/h
- Capacidade da bateria de aquecimento = 30 kW

2.5.6 GRUPOS ELETRO-BOMBA

Este sistema de bombagem tem como objetivo fazer circular a água termal entre o coletor de ida, o condensador do desumidificador, o permutador das piscinas (piscina e tanque de marcha), as UTAs e os radiadores. Os grupos de bombas abaixo descritos (Quadro 2.9) são duplos, do tipo centrífugo, monocelular, vertical, pertencendo ao grupo de equipamentos cujo objetivo passa pelo controle e bom funcionamento da piscina.

Quadro 2.9 – Grupos eletro-bomba

Designação	Caudal [m ³ /h]
B1/B1r	10
B2/B2r	14
B3/B3r	2.5

2.5.7 CALDEIRAS A GÁS

As Termas de S. Jorge dispõem de duas caldeiras a gás, as quais já eram existentes aquando da ampliação das instalações que deu origem a uma outra central, chamada de central técnica. Nesta central técnica encontram-se todos os equipamentos mecânicos que foram adquiridos aquando da sua construção. Na central térmica localizam-se as duas caldeiras a gás e quatro dos cinco termoacumuladores de água termal. Com a finalidade da produção de água quente termal para posterior armazenamento e de água quente do circuito primário do AVAC, existe, portanto, uma caldeira de produção de vapor, denominada por Caldeira 1, na central térmica, enquanto que a rede de distribuição de vapor e o conjunto de permutadores tubulares do tipo vapor/água, localizam-se na central técnica. A caldeira de vapor apresenta as seguintes características listadas abaixo (Quadro 2.10):

Quadro 2.10 – Caldeira 1

Características	Valores
Combustível	Gás propano ou Gás natural
Potência	1 200 000 kcal/h
Produção de vapor	2 000 kg/h
Temperatura de saída de vapor	183 °C
Pressão máxima de funcionamento	10 kgf/cm ²
Superfície de aquecimento	50 m ²
Capacidade	5,44 m ³

A segunda caldeira é utilizada para produção instantânea de água quente sanitária, sendo denominado por Caldeira 2 e está localizada na central térmica, ao passo que a restante instalação que diz respeito a esta caldeira está instalada na central técnica. Nomeadamente, o permutador do tipo água/água que procede ao aquecimento da água sanitária proveniente da rede de pressurização. A caldeira apresenta as seguintes características listadas no quadro abaixo (Quadro 2.11).

Quadro 2.11 – Caldeira 2

Características	Valores
Combustível	Gás propano ou Gás natural
Potência útil	95 kW
Temperatura máxima de saída da água	90 °C
Pressão máxima de funcionamento	3 bar

2.5.8 PERMUTADOR DE CALOR

Para efeitos da produção instantânea e acumulação de água quente termal, como referido anteriormente, existem cinco permutadores tubulares, do tipo vapor/água, que funcionam em conjunto com uma das

caldeiras a gás existentes na central térmica. No entanto, apesar das caldeiras se manterem na central térmica, os permutadores estão instalados na central técnica, para deste modo se encontrarem perto da piscina e das restantes redes que servem.

Em termos de distribuição, pode-se admitir que: dois dos permutadores destinam-se aos circuitos de água termal a 42 °C; o terceiro ao circuito de água termal a 60 °C, que também servirá para o aquecimento de água a uma temperatura superior a 65 °C correspondendo ao circuito de desinfeção por choque térmico; o quarto para o aquecimento de águas sanitárias e por fim, o quinto permutador destina-se ao aquecimento de água para o circuito primário do AVAC.

O aquecimento de água sanitárias conta ainda com a utilização da segunda caldeira a gás, que é existente, sendo que esta caldeira passa a ter duas funções, a referida e o aquecimento de água para o sistema de aquecimento central (radiadores). Os permutadores abastecem os termoacumuladores, já referidos anteriormente, onde se encontra definida uma rede de recirculação de água termal entre o depósito e o permutador de todos os circuitos de água termal. Para este fim, encontra-se instaladas bombas centrífugas de circulação nos depósitos de acumulação.

De seguida, encontram-se listados os permutadores instalados para melhor compreensão das suas funções. As características de cada permutador também são referidas nos quadros seguintes (Quadros 2.12 a 2.17).

- Permutador tubular P1 – Circuito de água termal a 42 °C

Quadro 2.12 – Permutador P1

Fluido	Água termal	Vapor
Caudal [kg/h]	30 000	1 183
Temperatura entrada [°C]	23	180
Temperatura saída [°C]	42	180
Potência nominal [kcal/h]	570 109	
Diâmetro	DN 100	
Quantidade	1	

- Permutador tubular P2 – Circuito de água termal a 42 °C

Quadro 2.13 – Permutador P2

Fluido	Água termal	Vapor
Caudal [kg/h]	48 000	1 892
Temperatura entrada [°C]	23	180
Temperatura saída [°C]	42	180
Potência nominal [kcal/h]	912 000	
Diâmetro	DN 125	
Quantidade	1	

- Permutador tubular P3 – Circuito de água termal a 60 °C

Quadro 2.14 – Permutador P3

Fluido	Água termal	Vapor
Caudal [kg/h]	3 870	298
Temperatura entrada [°C]	23	180
Temperatura saída [°C]	60	180
Potência nominal [kcal/h]	143 190	
Diâmetro	DN 80	
Quantidade	1	

- Permutador tubular P4 – Circuito de AVAC a 80 °C

Quadro 2.15 – Permutador P4

Fluido	Água	Vapor
Caudal [kg/h]	26 500	838
Temperatura entrada [°C]	65	183
Temperatura saída [°C]	80	183
Potência nominal [kcal/h]	400 000	
Diâmetro	DN 80	
Quantidade	1	

- Permutador de placas P5 – Circuito de água sanitária a 55 °C

Quadro 2.16 – Permutador P5

Fluido	Água Sanitária	Água Quente
Caudal [l/h]	3 600	7 200
Temperatura entrada [°C]	15	80
Temperatura saída [°C]	55	60
Potência nominal [kcal/h]	144 000	
Quantidade	1	

- Permutador de placas (água/água) – piscina

Quadro 2.17 – Permutador da piscina

Fluido	Água Termal	Água Quente (caldeira)
Caudal [l/h]	15 000	2 000
Temperatura entrada [°C]	32	80
Temperatura saída [°C]	34	65
Potência nominal [kcal/h]	30 000	
Quantidade	1	

O permutador de calor tem uma capacidade de aquecimento em arranque de 43 kW e em manutenção de 13 kW.

2.5.9 BOMBAS CENTRÍFUGAS

As bombas instaladas são do tipo centrífugo, multicelular, verticais ou para instalação em linha ou série. Existem dois grupos de bombas, um para cada circuito: pressurização (GB) e recirculação de água termal (BR). De seguida, serão apresentadas algumas das características de cada bomba (Quadro 2.18).

Quadro 2.18 – Bombas centrífugas

Designação	Tipo	Quantidade	Caudal por bomba [m ³ /h]
GB1	Centrífugo, vertical	2	18
BR1	Centrífugo, montagem em linha	1	8
GB2	Centrífugo, vertical	3	38
BR2	Centrífugo, montagem em linha	1	28
GB3	Centrífugo, vertical	2	22
BR3	Centrífugo, montagem em linha	1	2,25
BR	Centrífugo, montagem em linha	1	4

Concluindo, esta exposição pretende servir de base para futuros estudos e desenvolvimentos no âmbito da eficiência dos sistemas acoplados. Deste modo, o levantamento do existente permite que seja possível estudar o que funcionaria melhor para o complexo termal, otimizando medidas para beneficiação, culminado na possível substituição de equipamentos menos eficazes por outros que em conjunto trariam maior benefício tornando o complexo termal eficiente e energeticamente mais independente.

3

RECOLHA DE DADOS

3.1 INSPEÇÃO DE EDIFÍCIOS

Num mundo em constante desenvolvimento torna-se cada vez mais essencial preservar o que já se encontra construído nas cidades, abrindo processos para a reabilitação e outros para a manutenção e preservação do edificado existente. Não sendo possível nem sensato demolir todos os edifícios que necessitam de intervenção, este processo é deixado unicamente para aqueles que realmente não têm nada de relevante a preservar. A título de exemplo, fica a referência a muitos dos edifícios na Baixa do Porto nos quais apenas é preservada a fachada sendo o restante por vezes totalmente demolido. O valor patrimonial dos edifícios, sejam estes das mais variadas tipologias, tem sido cada vez mais discutido. Os edifícios são muitas vezes a materialização de uma cultura, de uma corrente artística, uma marca na história de uma cidade ou até mesmo na evolução de um povo, o que implica que estes tenham um valor patrimonial inalcançável e devam ser preservados.

Com o propósito de serem preservados no tempo, os edifícios necessitam de corresponder a exigências funcionais para que desta forma possam ser qualificados como aptos a serem utilizados. Estamos a falar de exigências como segurança, durabilidade, salubridade, conforto, entre outras, dependendo da sua tipologia construtiva. Isto implica que têm de ser capazes de fazer face aos diferentes agentes de degradação presentes no dia a dia.

Existem vários agentes de degradação que assolam os edifícios, os quais se podem enumerar: envelhecimento natural; exposição ao clima exterior; ações acidentais; utilização corrente; utilização inapropriada; falhas na construção, entre outros. Neste ponto entra a manutenção, uma ferramenta que deve ser aplicada de forma contínua e persistente, pois na falta dela podem resultar graves anomalias fruto da degradação permanente durante a sua utilização. A manutenção não só preserva a imagem de um objeto durante a sua vida útil, como também a prolonga. Quer isto dizer que reduz anomalias, quer em número, quer em dimensão e em custo de reparação. No entanto, a manutenção tem um tempo de atuação, posterior a este só a reabilitação, uma vez que entramos numa fase em que a manutenção já não consegue colmatar os problemas do edifício sendo necessário aplicar técnicas mais invasivas e até mesmo substituição de materiais obsoletos por outros novos no mercado.

Por outras palavras, as definições dos termos manutenção e reabilitação [6], quando aplicados a edifícios, não são comparáveis. A manutenção é aquela intervenção que tem como objetivo manter o padrão inicial de qualidade do edifício, preservando as opções tomadas aquando da sua construção, similarmemente, pode-se falar num conjunto de ações preventivas. No que diz respeito à reabilitação, esta melhora o que está construído, existindo uma beneficiação ou atualização do edifício face aos

conhecimentos atuais na área da construção. Podemos estar perante substituições de materiais e também de tecnologias construtivas.

Com o intuito de avaliar se estamos no campo da manutenção ou da reabilitação foi desenvolvida uma metodologia de inspeção de edifícios aplicada às necessidades deste estudo em concreto, como foi detalhado no capítulo inicial. A metodologia passou por percorrer a caracterização do objeto de estudo no capítulo passado, entrando agora no levantamento de anomalias no presente capítulo. O objetivo deste levantamento passa por expor todas as fragilidades encontradas no edificado, exprimindo as possíveis causas.

3.1.1 ANOMALIAS DECORRENTES DE HUMIDADE

3.1.1.1 GOTAS DE ÁGUA

Localização: A anomalia situa-se na cave do edifício anexo, na extremidade voltada a poente, mesmo por baixo da escadaria de acesso ao edifício no rés-do-chão. As duas zonas afetadas são os tetos dos dois compartimentos assinalados a sombreamento vermelho na planta abaixo (Figura 3.1). Um compartimento serve como arrumos e o outro como zona de apoio ao pessoal da limpeza.

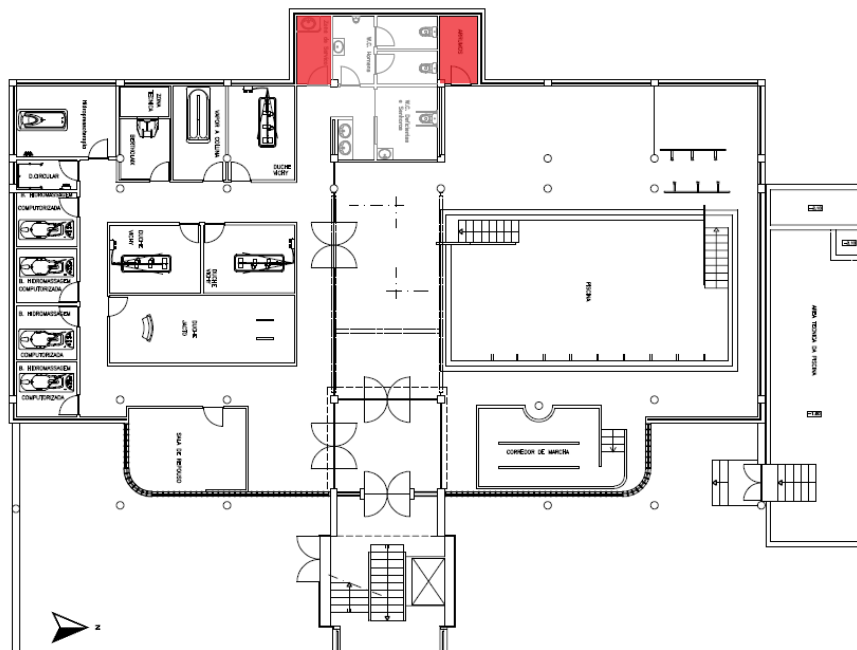


Figura 3.1 – Planta da cave evidenciando os compartimentos

Fotografias: Apresenta-se de seguida o registo fotográfico desta anomalia (Figuras 3.2 a 3.4).



Figura 3.2 – Gotas de água no teto (compartimento do pessoal da limpeza)



Figura 3.3 – Gotas de água no teto (compartimento de arrumos)



Figura 3.4 – Gotas de água no teto (compartimento de arrumos)

Materiais: O revestimento utilizado nos tetos passa por reboco com argamassa de cimento e areia com acabamento areado fino e posterior pintura com tinta de água à base de resinas acrílicas. Nas paredes podem ser mosaicos cerâmicos vitrificados ou tinta plástica.

Manifestações: Com recurso ao flash da câmara foi possível detetar uns pontos reluzentes. Estes pontos são gotas de água que se formam no teto dos dois compartimentos. A sua concentração é mais evidente no teto junto à parede oposta à porta de entrada.

Causas possíveis: A causa mais evidente que se pode apontar para esta anomalia provém do excessivo teor de humidade presente no ar ambiente de todo o piso, onde se localiza a piscina. A cave ao apresentar um ambiente bastante húmido e quente gera a formação de gotas de água através de condensação nos pontos mais frios do piso. Os dois locais assinalados ao se encontrarem numa posição mais afastada na planta e os seus tetos e duas paredes se encontrarem em contacto com o solo fazem destes locais propícios para este fenómeno.

3.1.1.2 VIDRO PARTIDO

Localização: A anomalia localiza-se na cave do edifício anexo (Figura 3.5), mais concretamente nos vãos envidraçados.

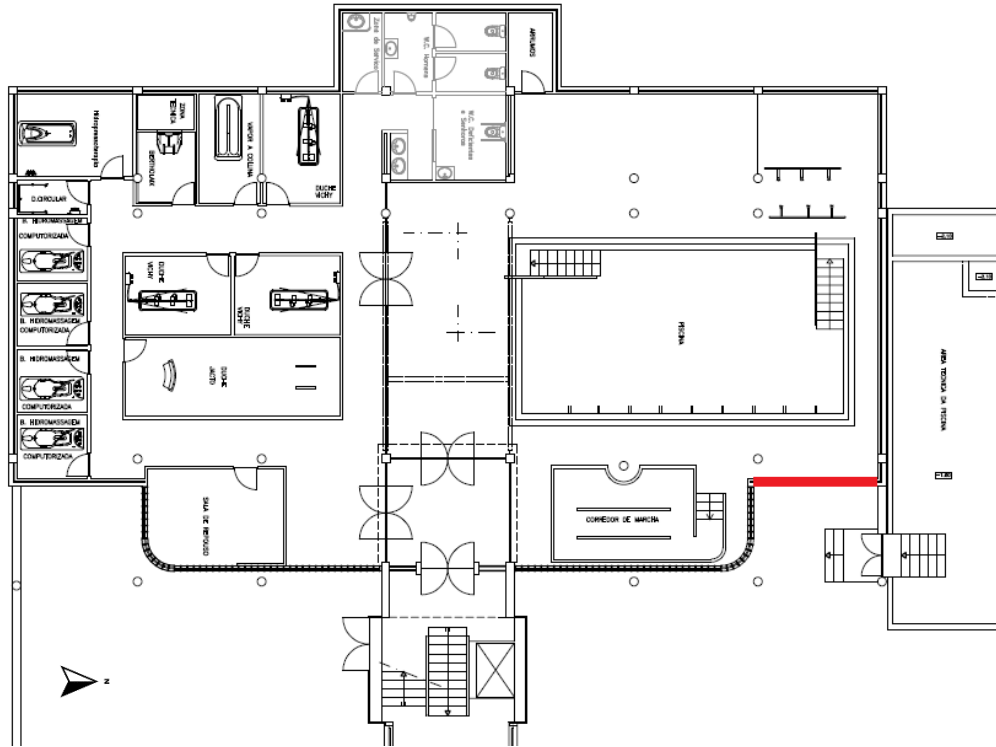


Figura 3.5 – Planta da cave evidenciando os vãos envidraçados

Fotografias: Apresenta-se de seguida o registo fotográfico desta anomalia (Figura 3.6).



Figura 3.6 – Vidro partido (esquerda: 05/03/2020; direita: 11/05/2020)

Materiais: Caixilharias em perfis de alumínio com vidro duplo com 4+5 mm de espessura. As caixilharias apresentam várias tipologias, umas são fixas outras basculantes.

Manifestações: Presença de escorrência nos vidros e nas caixilharias quando a piscina se encontra em funcionamento, no entanto quando se esvazia a piscina esta manifestação já não é visível. É possível analisar que existe um vidro partido nos vãos envidraçados em destaque.

Causas possíveis: Como já referido anteriormente, o andar da cave apresenta um ambiente bastante húmido e quente durante o período de funcionamento das Termas. As janelas, mais em particular o alumínio e o vidro, são elementos de separação entre o ar interior e o exterior, logo são pontos frios. A diferença de temperatura entre os dois ambientes interior e exterior pode ser elevada proporcionando condensações que se manifestam em escorrências de gotas de água pelos vidros. Apesar desta manifestação não constituir uma anomalia representa um sinal de que a ventilação não se encontra nos níveis desejados, tendo em conta o nível de vapor de água formado durante o funcionamento do edifício.

Em casos mais extremos pode ocorrer choque térmico devido a tensões de tração no interior da massa de vidro mais fria, levando à sua rotura. O choque térmico tem várias causas, como por exemplo sombras parciais, aquecimento, absorção do vidro, entre outras. No entanto, neste caso em particular a teoria de choque térmico é um pouco forçada, uma vez que, para acontecer este fenómeno a diferença de temperatura entre os dois ambientes teria de ser extremamente elevada. E claro está, que também depende da tipologia do vidro que estamos a analisar. Uma outra hipótese é a qualidade do vidro não ser a melhor para o ambiente em que está inserido. Porventura, também poderá existir algum defeito nas arestas que se tornam pontos frágeis e suscetíveis de rotura quando sujeitas a tensões provocadas por variações térmicas. Este ao ser um caso isolado, a melhor hipótese aponta para um defeito deste vidro em particular ou de um choque accidental.

3.1.2 ANOMALIAS EM REVESTIMENTOS EXTERIORES

Como iremos abordar um tema semelhante, mas anomalias distintas, é importante referir no início os materiais e as técnicas utilizadas na sua execução uma vez que são as mesmas. Assim sendo, o revestimento exterior é constituído por marmorite lavado tipo CAVAN sobre reboco sarrafado – reboco com acabamento liso – como descrito no projeto.

3.1.2.1 FISSURA

Localização: A anomalia situa-se numa parede da fachada do edifício anexo (Figura 3.7).

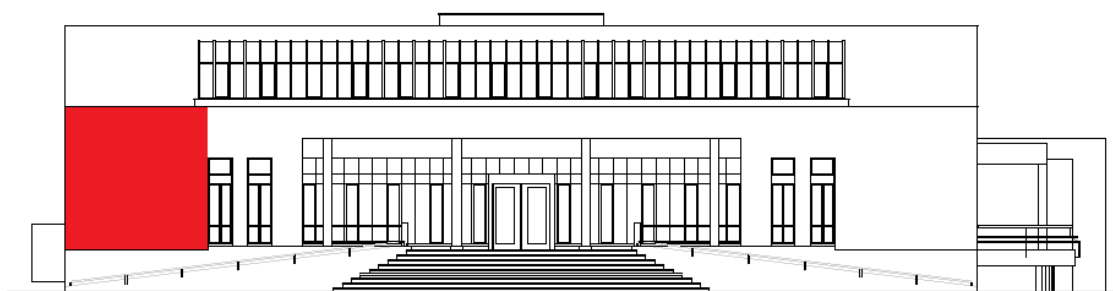


Figura 3.7 – Fachada poente evidenciando a parede em análise

Fotografias: Apresenta-se de seguida o registo fotográfico desta anomalia (Figura 3.8).



Figura 3.8 – Fissura no revestimento exterior

Manifestações: Acima é apresentada a fissura mais evidente no revestimento exterior, como se pode analisar é bastante marcada. No entanto, o revestimento exterior está muito fissurado em várias zonas da fachada e também noutras áreas onde é aplicado.

Causas possíveis: A causa que parece mais plausível, no caso das fissuras, deve-se a forças de retração entre o revestimento exterior de marmorite e o reboco sarrafado (liso) aplicado no tardo do revestimento. No entanto, isto pode dever-se a vários fatores: o tempo de secagem não foi respeitado; as massas não foram misturadas conforme o recomendado; as condições atmosféricas aquando da aplicação não foram as indicadas; as espessuras das massas não foram tidas em conta, entre outros possíveis fatores. Estes fatores são impossíveis de quantificar e avaliar no período de utilização, normalmente a metodologia da fiscalização tem em conta estes parâmetros e verifica-os. Sem os registos da fiscalização é impossível tirar qualquer conclusão relativamente ao modo como foi executado.



Figura 3.9 – Exposição da possível causa (fotografia da obra - cortesia Dra. Lúdia Melo)

Na figura acima (Figura 3.9) é apresentada uma proposta que evidencia a posição da fissura nos limites entre a estrutura de betão armado, pilares e vigas, e a alvenaria de tijolo vazado. Este fenómeno pode ser explicado pela falta de aderência entre os elementos verticais e o reboco, pois este ao ser demasiado liso, sem rugosidades, não permite que o revestimento adira com facilidade. Outra hipótese prende-se com a falta de capacidade que o revestimento apresenta em acompanhar eventuais forças de retração, devido às suas características rígidas. Por último, é importante salientar a dimensão do painel, que nestas condições deveria apresentar juntas ou travamentos que permitissem alguma flexibilidade aos materiais, no entanto, esta opção não foi tida em conta possivelmente por motivos estéticos.

3.1.2.2 DESTACAMENTO

Localização: A anomalia está localizada na fachada do edifício anexo, em zona frontal, por baixo da caixilharia (Figura 3.10).



Figura 3.10 – Fachada poente evidenciando a localização da anomalia

Fotografias: Apresenta-se de seguida o registo fotográfico desta anomalia (Figuras 3.11 e 3.12).



Figura 3.11 – Localização da anomalia



Figura 3.12 – Destacamento do revestimento

Manifestações: A manifestação desta anomalia é semelhante em vários pontos, pois apenas se caracteriza por locais pontuais sem revestimento exterior deixando à vista o reboco liso.

Causas possíveis: Como foi possível descrever acima, esta anomalia encontra-se numa zona protegida de pouca ou quase nenhuma circulação. No entanto, é de admitir que poderá sofrer impactos quando se está a proceder à limpeza da caixilharia, por exemplo. Esta é uma situação difícil de prever.

Tanto quanto é possível saber, na fachada a espessura aparenta ser mais ou menos semelhante à da amostra acima apresentada (Figura 3.13), entre 2 a 3 mm de espessura, o que demonstra que neste local e próximo a ele a espessura deverá ser semelhante. No entanto, não é possível afirmar o mesmo relativamente à restante área onde é usada esta massa de marmorite. Poderá haver zonas onde a espessura é demasiado elevada e outras onde não é respeitada a espessura mínima. Este fator de incerteza eleva a probabilidade de a espessura ser uma causa de anomalia pois só com ensaios seria possível ter alguma certeza e mesmo assim não seria tão preciso como uma sondagem direta no local.



Figura 3.13 – Amostra do revestimento aplicado

Outra possibilidade prende-se com a falta de aderência entre o reboco e a marmorite, uma vez que a base é demasiado lisa, sendo que a parte de trás do revestimento traz consigo parte do reboco que foi aplicado. Este fator juntamente com uma anomalia que é muito frequente aparecer ligada ao destacamento que é o empolamento. Esta situação agravada por fatores externos como: o clima exterior; possíveis impactos acidentais; métodos de limpeza impróprios, como por exemplo lavagem com máquina de pressão, entre outros que danificam o revestimento exterior.

Certos fatores são impossíveis de verificar ou quantificar, pois maior parte deles deveriam ser avaliados aquando da execução pela fiscalização, mas não existe forma de comprovar se efetivamente foi feito esse trabalho. A melhor hipótese a destacar para esta anomalia são erros de execução, que podem ir desde a colocação até às condições em que foi aplicada.

3.1.2.3 RECOBRIMENTO INSUFICIENTE

Localização: Existem várias anomalias deste tipo, os exemplos que vamos abordar estão localizados no pilar voltado a norte, no peitoril exterior de uma janela também voltada a norte e na varanda voltada a sul, sendo que na varanda a parte mais afetada é aquela que está paralelamente à fachada (voltada a poente). Apesar deste pilar ser o mais afetado, e o que iremos analisar, existem várias manifestações pelos restantes pilares deste tipo (Figuras 3.14 e 3.15).

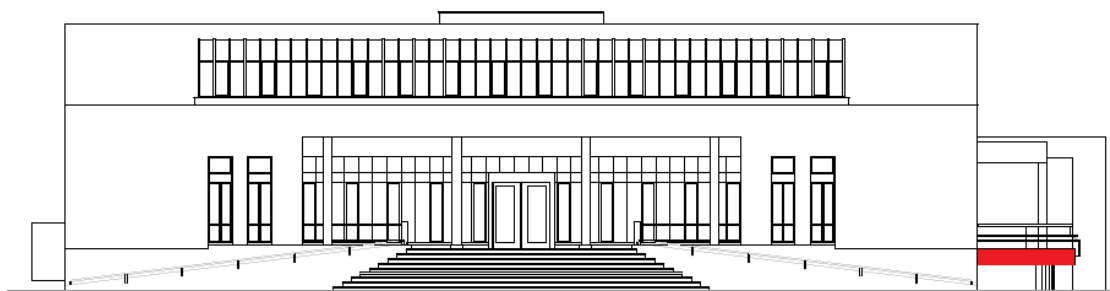


Figura 3.14 – Fachada poente evidenciando a face mais afetada da varanda



Figura 3.15 – Alçado Sul (acima) e Alçado Norte (abaixo) evidenciando as anomalias

Fotografias: Apresenta-se de seguida o registo fotográfico desta anomalia (Figuras 3.16 a 3.20).



Figura 3.16 – Varanda evidenciado a fissura com escorrência de óxidos



Figura 3.17 – Varanda evidenciado a fissura com escorrência de óxidos



Figura 3.18 – Destacamento do betão



Figura 3.19 – Posição do pilar em relação à envolvente



Figura 3.20 – Armadura do peitoril exterior à vista

Manifestações: Destacamento do betão e escorrência de óxidos pelo revestimento exterior, seja ele tinta no caso dos pilares ou marmorite no caso da varanda e do peitoril. Estas expansões provocam não só destacamento como também fissuração das massas.

Causas possíveis: Recobrimento é o nome que se dá à camada extra que tem como função proteger a armadura do betão armado do ambiente exterior não apresentando função estrutural. Esta função é desempenhada pela armadura e pelo betão dentro da área de envolvimento da armadura. No entanto, esta camada deve ser dimensionada consoante o grau de exposição ao meio onde irá ser inserida. Se esta camada for mal dimensionada ou sofrer danos que comprometam a sua função de proteção da armadura, esta deve ser rapidamente reparada pois pode comprometer a função estrutural de todo o elemento onde

está inserida quer sejam pilares ou outro elemento estrutural. Quando a armadura entra em contacto com o oxigénio do meio exterior esta produz uma “capa” que consiste em óxido de ferro, este processo é denominado reação oxidação-redução. Estes óxidos expandem fazendo com que mais armadura esteja exposta ao meio exterior através de fissuração e destacamento de mais camada protetora. Se a armadura não for mais capaz de desempenhar a sua função estrutural esta passa a ser denominada por armadura passiva.

Após esta breve explicação, podemos retirar como causa a espessura reduzida de recobrimento que fez com que em apenas 17 anos de utilização existam tantos problemas relacionados com a oxidação da armadura da envolvente exterior do edifício. Outra causa que também se deve referir parte da possibilidade de uma má execução do betão pois este pode ter sido mal hidrófugado.

3.1.3 ANOMALIAS EM REVESTIMENTOS INTERIORES

3.1.2.1 FISSURA

Localização: No rés-do-chão do edifício anexo, logo após passar as portas de entrada, se se analisar com cuidado é possível ver uma fissura longitudinal em praticamente todo o hall de entrada e sala de espera (Figura 3.21).

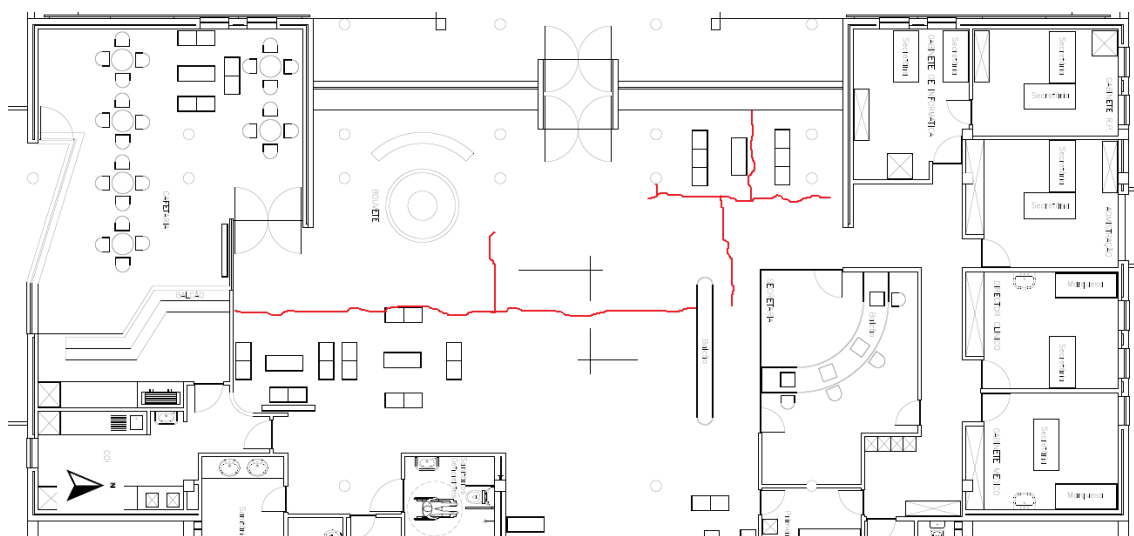


Figura 3.21 – Planta do rés-do-chão evidenciando as fissuras no pavimento

Fotografias: Apresenta-se de seguida o registo fotográfico desta anomalia (Figura 3.22).

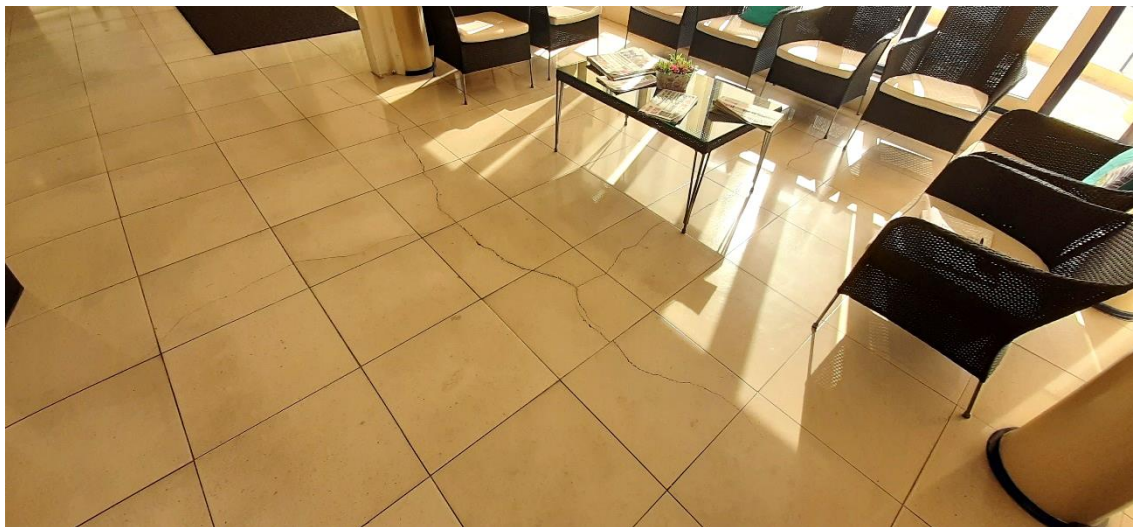


Figura 3.22 – Fissura nos cerâmicos de pavimento

Materiais: Após regularização do pavimento, com betão celular primeiro e depois betonilha, foi assente com cimento cola o mosaico vinílico 30x30 cm tipo MARLEY.

Manifestações: É possível encontrar fissuras espalhadas por todo o hall, contudo destacam-se duas principais e mais expressivas (Figura 3.21). Estas fissuras apresentam maior desenvolvimento no plano longitudinal do hall, tendo também algumas ramificações.

Causas possíveis: Fissuras em cerâmicos podem nos fazer lembrar várias causas, como por exemplo, espessura das juntas reduzida. Contudo, talvez esse não seja o problema, uma vez que pela imagem vemos que a junta até tem uma espessura considerável. Poderá não estar nas juntas, mas no material que foi utilizado para a sua execução. Um cimento-cola pouco flexível não permite variações de tamanho ou posição resultantes de dilatações térmicas das massas que estão por baixo. Isto resulta na fissuração do cerâmico, pois este não tem espaço para libertar as tensões a que está sujeito.

As dilatações de origem térmica são uma causa bastante plausível, dado que o edifício está sujeito a grandes diferenças de temperatura entre o interior e o exterior e até mesmo entre pisos. As diferenças de temperatura nos diferentes pisos dentro dos seus ambientes individuais podem ser bastante elevadas, apesar de ambos os pisos serem aquecidos. Estamos claramente a falar da cave e do rés-do-chão, pois a cave ao conter a piscina pode atingir temperaturas elevadas em relação ao piso superior, provocando dilatações térmicas na laje que separa os dois pisos e consequentemente nos revestimentos que compõem o pavimento do rés-do-chão. Um fator que sustenta este conceito é a posição da piscina em relação às fissuras no pavimento do rés-do-chão. Como podemos analisar na figura abaixo (Figura 3.23), as maiores fissuras encontram-se do lado onde se encontra a piscina. A fissura que se prolonga longitudinalmente no piso fica mais enfraquecida quanto mais se aproxima da parede da cafeteria, apresentando mais expressão do lado direito assim como a fissura apresentada acima (Figura 3.22).

Concluindo com outra possibilidade, esta explica-se através do facto do vão estrutural da laje do rés-do-chão ser bastante considerável, não apresentando juntas/travamentos, o que pode provocar fissuração longitudinal ao longo deste mesmo vão.

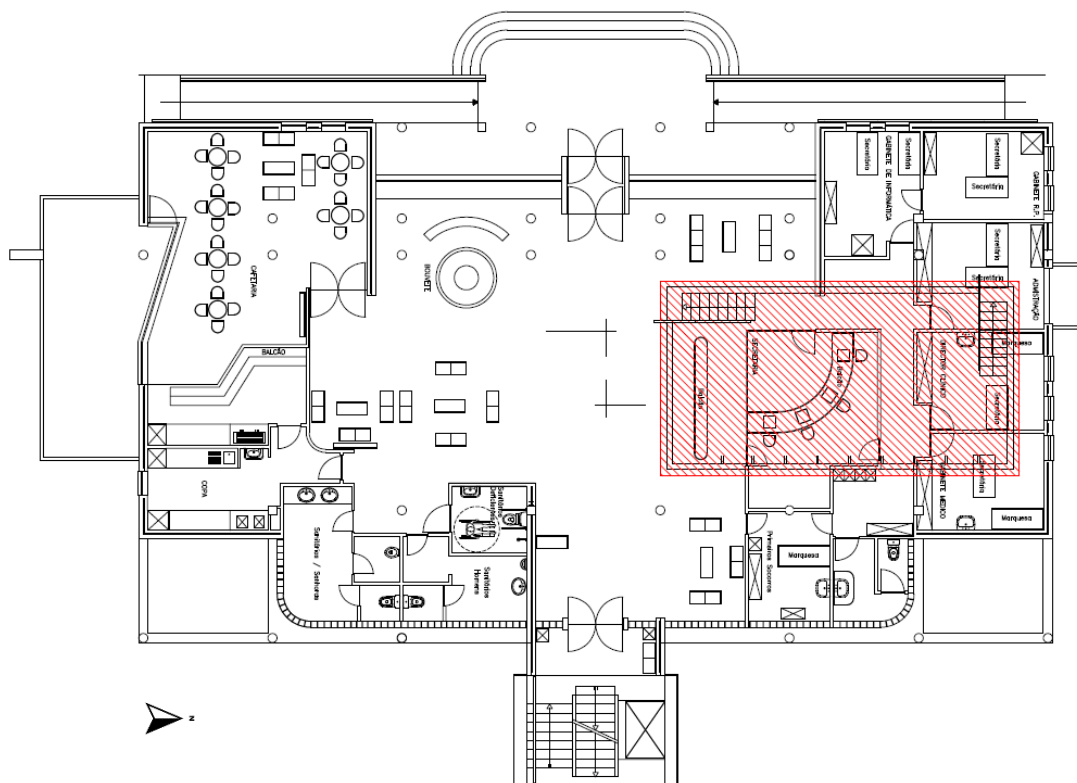


Figura 3.23 – Posicionamento da piscina em relação ao rés-do-chão

3.1.2.2 MANCHA

Localização: A anomalia encontra-se na ligação entre o corpo anexo e o existente, mais concretamente numa parede em contacto com o solo por baixo das escadas. A anomalia é perceptível se vista de frente por quem sai da cave do edifício anexo.

Fotografias: Apresenta-se de seguida o registo fotográfico desta anomalia (Figuras 3.24 e 3.25).

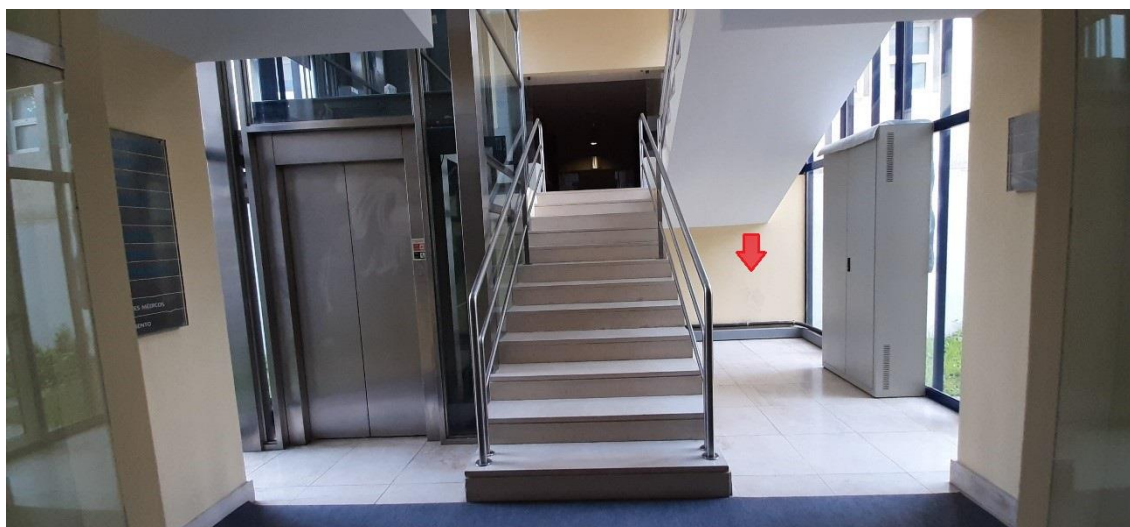


Figura 3.24 – Vista da parede onde se encontram as manchas



Figura 3.25 – Local da anomalia (esquerda 05/03/2020; direita 11/05/2020)

Materiais: A parede após rebocada é pintada com duas demãos de tinta plástica.

Manifestações: Esta anomalia caracteriza-se por pequenas fissuras com indícios de um leve empolamento da pintura, contornadas por manchas mais escuras, alterando a aparência da pintura comparado com a restante área pintada.

Causas possíveis: A causa mais provável desta anomalia é a infiltração de humidade no tardo da parede em causa que se encontra em contacto com o solo. Porventura, durante a construção ocorreu algum erro na execução da impermeabilização e gerou naquele local uma bolsa de água que lentamente degrada a imagem do local.

Como se pode verificar, neste momento a anomalia foi disfarçada, raspando e pintando por cima da anomalia, com uma tinta apresentando as mesmas características da utilizada inicialmente. Isto é muito frequente em anomalias difíceis de solucionar como é o caso das paredes enterradas. No entanto, passado algum tempo a anomalia irá aparecer novamente e terá de se voltar a pintar, não sendo uma solução permanente, mas economicamente mais favorável.

3.1.2.3 FISSURA PISCINA

Localização: Anomalia situada no fundo da piscina, na cave do edifício anexo.

Fotografias: Apresenta-se de seguida o registo fotográfico desta anomalia (Figuras 3.26 e 3.27).



Figura 3.26 – Fissura no fundo da piscina (11/05/2020)



Figura 3.27 – Fissura no fundo da piscina (07/02/2019 – cortesia Eng. Diogo Oliveira)

Materiais: Fundo e paredes da piscina rebocados com argamassa hidrófuga de cimento e areia, posterior assentamento da pastilha vidrada tipo EVINEL com 2x2 cm com cimento cola.

Manifestações: Fissuração bem visível e marcada com desenvolvimento paralelo ao lado maior da piscina, apresentando várias ramificações perpendiculares a esse mesmo lado. É mais fácil de visualizar a fissura após se esvaziar a piscina, pois a água preenche a fissura destacando-a num tom mais escuro, como se pode observar nas fotografias acima apresentadas (Figuras 3.26 e 3.27).

Causas possíveis: A anomalia em questão aparenta ter uma série de causas possíveis, no entanto, não é imediato apontar uma que seja a mais provável. Neste sentido, iremos expor com pormenor algumas possíveis causas levantadas.

Seguindo a informação dos dois projetos (Figuras 3.28 a 3.32), em nenhuma referência aquando da construção da piscina é relatada a utilização de material com função de isolamento térmico (Figura 3.30), logo iremos considerar que este não é utilizado, por questões conservativas. A falta de isolamento térmico no fundo da piscina pode ser um fator para este tipo de fissuração, pois o fundo da piscina não está protegido contra possíveis diferenças de temperatura elevadas entre a água armazenada e o terreno que está em contacto. As diferenças de temperatura, como já mencionada anteriormente, estão sempre relacionadas com dilatações térmicas dos materiais resultando em fissuração.

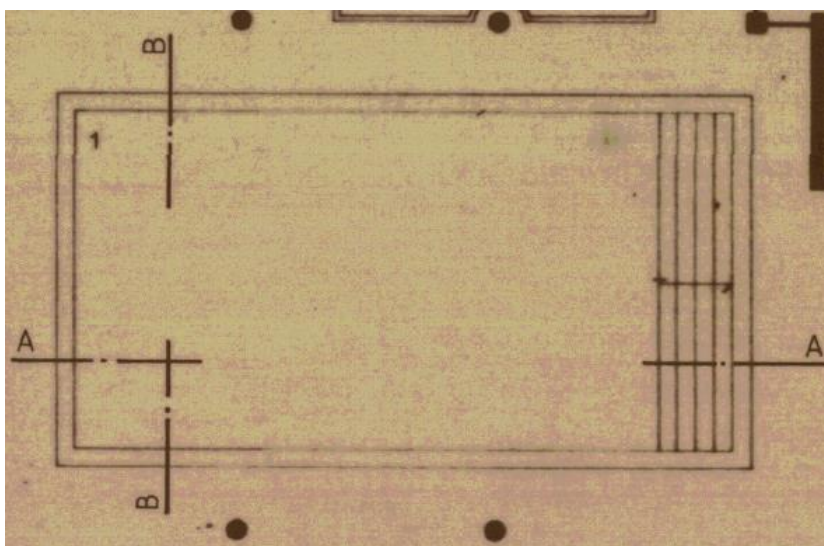


Figura 3.28 – Planta da piscina (projeto de 1993)

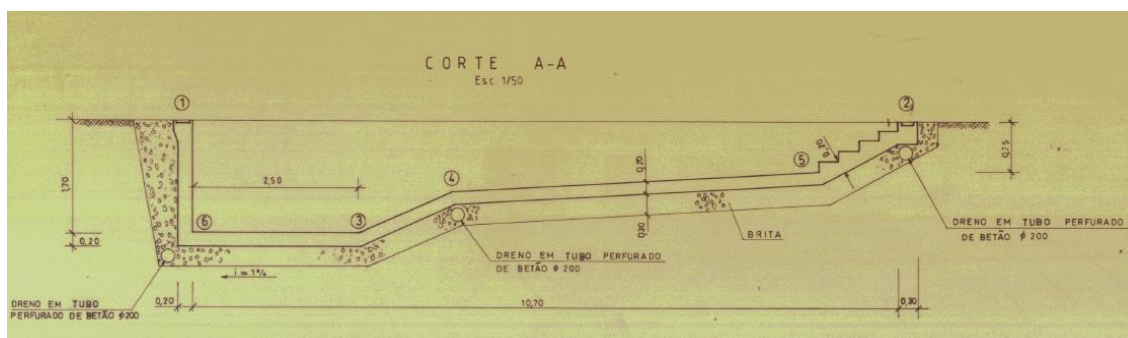


Figura 3.29 – Corte A-A da piscina (projeto de 1993)

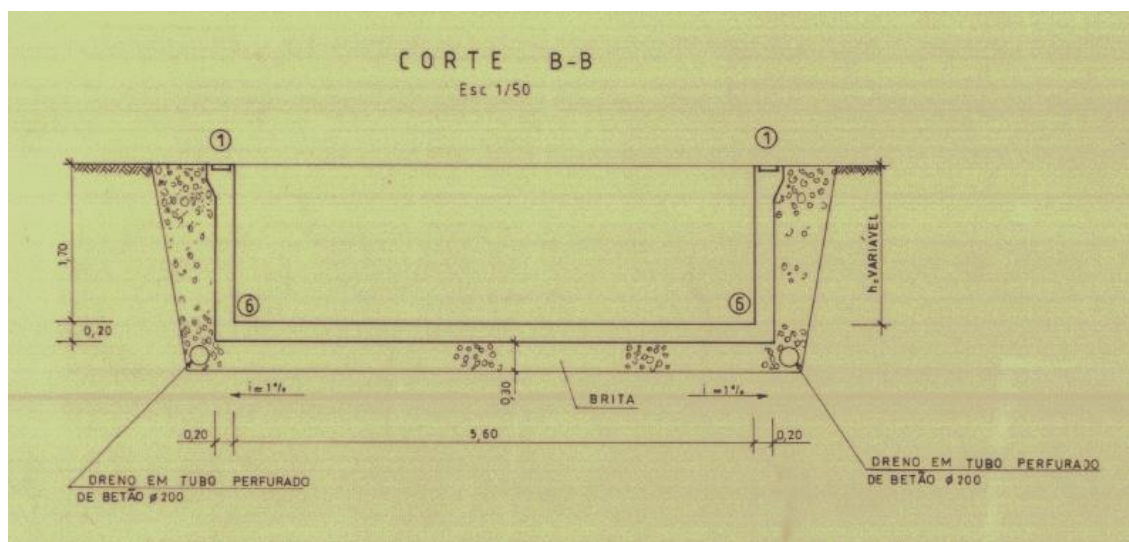


Figura 3.30 – Corte B-B da piscina (projeto de 1993)

Outro fator, mas menos provável, prende-se com o correto dimensionamento da laje de fundação da piscina, não tendo, por ventura, uma espessura adequada para sustentar aproximadamente 70 m³ de água ou o betão utilizado não era de qualidade adequada para a função que era pretendida. Esta dúvida está assente na tipologia da piscina, pois esta está contruída como um paralelepípedo e inicialmente estava projetada para ter uma inclinação do fundo, armazenado menos água. Ora, depois do projeto de 1993 houve uma empreitada para construção da parte de betão armado que ficou concluída em 1997. Após isto, houve o projeto de 2000, mas para construções anexas aos dois edifícios principais e conclusão da obra do edifício anexo, onde se encontra a piscina, retomando na parte de alvenaria e acabamentos. Com isto podemos concluir que das obras de betão armado concluídas parte foram posteriormente demolidas, como é o caso da caixa de elevador, e outra parte foi alterada sem projeto, como é o caso da área técnica da piscina e agora, com esta informação, podemos admitir que a piscina também. O que parece mais provável de ter acontecido foi uma adaptação em obra do projeto de 1993 para a construção que está efetivamente construída. Em termos de diferença de capacidade de armazenamento entre as formas das piscinas existe um aumento de 4 m³ de água, o que se traduz num aumento de 4 000 kg. Porém esta diferença só é significativa se o projeto estiver no limite da capacidade dimensionada, o que não vamos admitir uma vez que, os projetistas têm por hábito, e bem, deixar uma folga considerável quando dimensionam.

Outra hipótese a referir passa pelo correto dimensionamento ao estado limite último de fendilhação. Isto revela que as fissuras que vemos possam ser manifestações normais de um betão em estado de utilização, mas sendo uma piscina um elemento de carácter especial, tanto o dimensionamento como a escolha de um betão adequado fazem toda a diferença na durabilidade do elemento. A fendilhação que ocorre em estado de serviço pode advir de variações de temperatura, como referido anteriormente, assentamentos diferenciais e, por fim, da retração e fluência do betão.

Por fim, pode-se ainda referir que neste tipo de piscinas, em que o solo está preparado para receber água através dos drenos, é muito provável que existam futuros assentamentos da laje de fundo. Assim, apresentando estas circunstâncias, é muito provável que se formem fissuras tal como as vemos nas imagens.

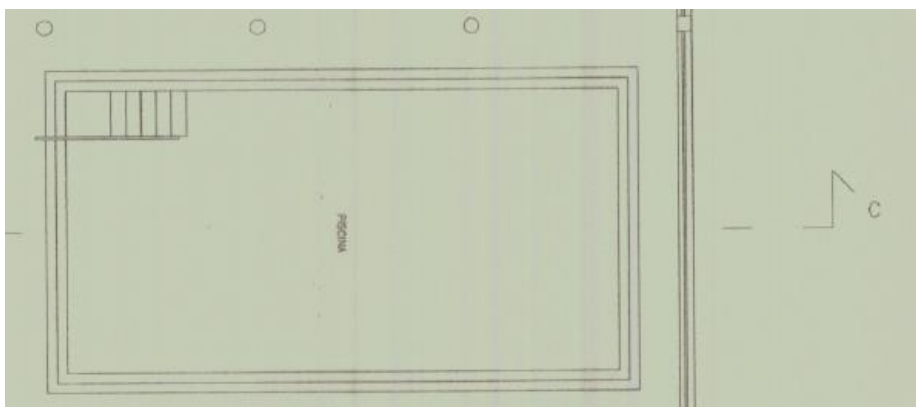


Figura 3.31 – Planta da piscina (projeto de 2000)

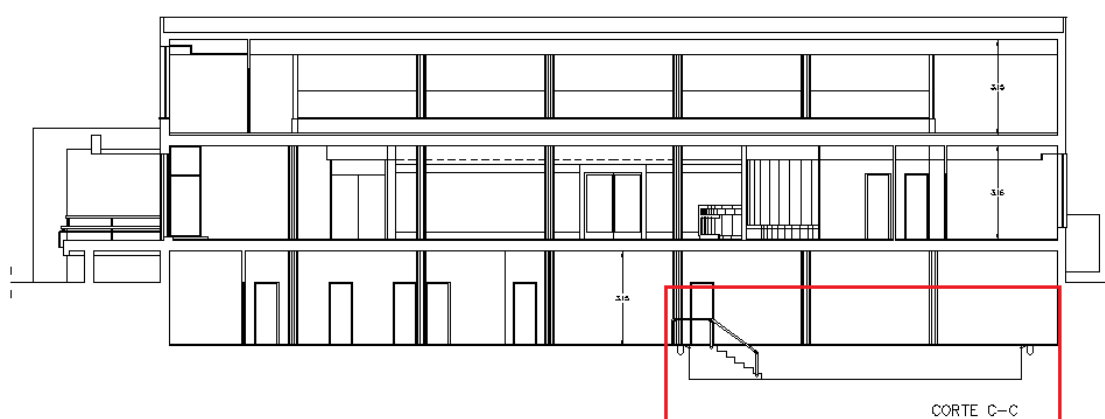


Figura 3.32 – Corte C-C da piscina, vista nascente (projeto de 2000)

3.1.4 ANOMALIAS EM INSTALAÇÕES

3.1.3.1 DESCASQUE DE PINTURA

Localização: Presença desta anomalia em todos os tubos de queda no exterior do edifício anexo.

Fotografias: Apresenta-se de seguida o registo fotográfico desta anomalia (Figura 3.33).



Figura 3.33 – Tubos de queda apresentando descasque de tinta

Materiais: Tubos de queda para as águas pluviais constituídos por tubos em PVC PN3. Devido à falta de informação no projeto sobre a tinta usada para pintar os tubos, podemos assumir que se trata da mesma tinta que foi utilizada para pintar as caixilharias visto ser do mesmo tom de azul. Assim sendo, trata-se de uma tinta de esmalte que neste caso como os tubos não são metálicos não levaram camada de primário ou então, os tubos levaram uma demão de outro tipo de tinta.

Manifestações: Descasque das camadas de proteção e acabamento dos tubos de queda.

Causas possíveis: Existem três possibilidades: o tipo de tinta utilizado é impróprio para aplicação em PVC; esta tinta não resiste em ambiente exterior; a tinta atingiu o final da sua vida útil, pelo que não foi periodicamente reposta como é aconselhado.

3.1.3.2 AVARIAS

Localização: Existem quatro equipamentos que se encontram inoperacionais no objeto de estudo, passo a referir o tipo de equipamentos e a sua respetiva localização:

- UTA da sala de massagem (1º piso – edifício existente);
- Desumidificador da piscina (cave – edifício anexo);
- UTA da sala de ORL (1º piso – edifício anexo);
- Equipamentos de ar condicionado da sala de ORL (1º piso – edifício anexo).

Fotografias: Apresenta-se de seguida o registo fotográfico desta anomalia (Figura 3.34).



Figura 3.34 – Equipamentos de ar condicionado da sala de ORL

Manifestações: Os aparelhos deixaram de operar como seria previsto ou em alguns casos deixaram de funcionar por completo.

Causas possíveis: As causas das avarias relatadas pelos utilizadores são essencialmente duas. A primeira, a falta de manutenção dos equipamentos que resulta em avarias decorrentes da sua utilização ao longo dos anos. Sem manutenção, ou uma revisão periódica, qualquer aparelho mecânico acaba por avariar reduzindo substancialmente a sua vida útil. A segunda, prende-se com o tipo de solução adotada, a escolha dos desumidificadores para a zona da piscina, pensando que assim o problema da humidade ficaria resolvido. No entanto, estes equipamentos não são compatíveis com o ambiente em que estão inseridos, mais concretamente com a água termal. O objetivo dos desumidificadores era minimizar o problema da ventilação insuficiente da cave, contudo esta opção acabou por não resolver o problema como também foi um investimento em vão.

3.1.5 ANOMALIAS POR CORROSÃO

3.1.5.1 ACESSÓRIOS METÁLICOS

Localização: Esta anomalia está presente em todo o edifício, mesmo nos locais onde não é utilizada a água termal diretamente. Nestes locais, as peças metálicas utilizadas maioritariamente no suporte de vãos envidraçados, apresentam leves sinais de corrosão, enquanto que nos locais onde são desempenhados os tratamentos termais as peças apresentam um aspeto totalmente diferente do aspeto inicial devido à corrosão.

Fotografias: Apresenta-se de seguida o registo fotográfico desta anomalia (Figura 3.35).



Figura 3.35 – Exemplos de corrosão em peças metálicas

Materiais: Numa primeira análise ao projeto verificamos que na parte de construção civil aquando da especificação das tubagens, condutas e grelhas estas estão especificadas na sua maioria para apresentarem materiais como o aço inox, com proteção contra a corrosão. Contudo, como a maior parte destas peças estão inseridas na parte de vidraceiro, uma especialidade quase de decoração, friso que as caixilharias e os vidros nelas inseridos pertence à parte de serralharia, tendo esta especialidade mais restrições. Logo, podemos admitir que a especialidade de vidraceiro como não tem qualquer restrição no projeto sobre a exigência destas peças metálicas terem proteção contra a corrosão, mais especificamente serem de aço inox AISI 316, colocaram umas peças comuns feitas de latão ou outro tipo de aço inox menos resistente. Ora, falando de um ambiente sem grandes exigências, estas peças funcionariam perfeitamente e tendo passado 17 anos ainda estariam com o acabamento inicial. Todavia, num ambiente com as características particulares desta água termal não podem fugir à especificação do aço inox AISI 316.

Manifestações: Dependendo do tipo de material e do grau de corrosão poderemos encontrar corrosão de cor alaranjada, preta ou por vezes cinzenta clara.

Causas possíveis: Podemos afirmar que a causa desta anomalia se relaciona com a aplicação de um material incompatível com o ambiente a que está sujeito. Esta é uma anomalia que se compreende visto que o investimento em peças do tipo aço inox AISI 316 e a quantidade que seria necessária iria elevar o orçamento para este material em aproximadamente três vezes mais do que o orçamentado inicialmente. No entanto, em termos de investimento inicial aquando da construção, o orçamento para esta opção corresponderia certamente a uma pequena percentagem do custo total.

3.1.5.2 INSTALAÇÕES

Localização: Este tipo de anomalia encontra-se com facilidade na cave do edifício anexo. Sendo que na restante envolvente estes elementos encontram-se menos danificados ou sem quaisquer sinais de degradação.

Fotografias: Apresenta-se de seguida o registo fotográfico desta anomalia (Figura 3.36).



Figura 3.36 – Exemplos de corrosão em condutas e grelhas situados na cave

Materiais: Conforme especificado no projeto, na cave, as condutas e grelhas devem ser de aço inox, embora não esteja referido o tipo de aço. Num ambiente de condições extremas nunca é aconselhado apresentar materiais sem detalhe na sua especificação, pois pode levar à junção de materiais que não funcionam em conjunto. Por exemplo, se os pregos ou rebites não tiverem o mesmo nível de proteção contra a corrosão, estes ao serem o elemento mais fraco são pontos de fácil corrosão danificando o restante material.

Manifestações: Manchas de corrosão.

Causas possíveis: Exposição de material incompatível com o ambiente em que está inserido.

3.1.6 ANOMALIAS EM COBERTURAS

3.1.6.1 COBERTURA PLANA INACESSÍVEL

Localização: Cobertura plana inacessível do edifício anexo.

Fotografias: Apresenta-se de seguida o registo fotográfico desta anomalia (Figura 3.37).



Figura 3.37 – Anomalias variadas na cobertura plana (07/02/2019 – cortesia Eng. Diogo Oliveira)

Materiais: Constituição da cobertura do interior para o exterior:

- Laje de cobertura maciça em betão armado com 20 cm de espessura;
- Isolamento térmico em lajes de cobertura com betão celular, com 15cm de espessura, formando pendentes;
- Impermeabilização das lajes de cobertura com um sistema de telas elastómeras tipo RENEL dobrando nas paredes, compreendendo: primário betuminoso, telas betuminosas elastómeras com armadura de poliéster (4 kg/m²), feltro de geotêxtil TERRAN e acabamento com camada de areão ligado com betuminoso;
- Isolamento térmico XPS com 4 cm de espessura;
- Seixo ou godo branco.

Manifestações: As manifestações são variadas e vão desde problemas de humidade nos tetos sob a cobertura até aos problemas visíveis na cobertura, como telas levantadas e isolamento XPS à vista ou por vezes destacado.

Causas possíveis: As telas não foram convenientemente seladas pelo que, com o passar dos anos foram-se destacando nas extremidades gerando graves problemas de falta de estanquidade e impermeabilização.

3.1.6.2 COBERTURA TRADICIONAL INCLINADA

Localização: Cobertura inclinada do edifício existente.

Fotografias: Apresenta-se de seguida o registo fotográfico desta anomalia (Figuras 3.38 a 3.40).



Figura 3.38 – Asna da cobertura inclinada (07/02/2019 – cortesia Eng. Diogo Oliveira)



Figura 3.39 – Anomalias nas asnas da cobertura (07/02/2019 – cortesia Eng. Diogo Oliveira)



Figura 3.40 – Telhas partidas e mal posicionadas (07/02/2019 – cortesia Eng. Diogo Oliveira)

Materiais: Madeira utilizada na estrutura da cobertura: asnas, madres, ripas e contraripas. Paredes estruturais em alvenaria de pedra. Telha cerâmica sobre ripas.

Manifestações: Madeira apresenta deformações e por vezes rotura parcial nos locais de apoio (encastramento dos elementos de madeira), junto às paredes de alvenaria. Telhas visivelmente danificadas.

Causas possíveis: Como é possível analisar na figura acima (Figura 3.40), as telhas não estão bem colocadas e em alguns sítios estão em falta ou partidas, devido à falta de manutenção. As telhas são importantes para manter o sótão livre de humidade, pois durante as chuvas se estas estiverem bem colocadas e alinhadas a água não irá entrar e danificar a madeira. Outro aspeto importante refere-se à ventilação que as telhas proporcionam, deixando o edifício libertar os vapores de água que se formam nos pisos inferiores. Assim que os vapores chegam ao sótão, que corresponde a uma zona fria, estes são libertados, não condensando. Deste modo, a madeira está protegida contra o apodrecimento decorrente da exposição contínua a humidades. No entanto, apesar da ventilação estar assegurada, a madeira está exposta à água líquida nos períodos chuvosos, devido às telhas danificadas. Assim, a madeira como está fragilizada corre o risco de ultrapassar a sua capacidade estrutural e sofre roturas precoces, pois partes dos elementos estruturais estão danificados. Neste momento observam-se as manifestações dos primeiros indícios de que necessita de reforço estrutural, juntamente com a reparação e/ou substituição das telhas cerâmicas danificadas.

3.2 MONITORIZAÇÃO

Com vista a conhecer o comportamento térmico do complexo termal foram colocados cinco equipamentos (Figura 3.41) para monitorização da temperatura e da humidade relativa interiores em cinco áreas distintas do edifício. No entanto, só apresentam interesse os dados relativos à temperatura interior registada nos diferentes compartimentos, uma vez que as Termas se encontravam encerradas, tendo suspenso o seu funcionamento logo após a colocação dos sensores. Posteriormente, relacionando a temperatura interior com a temperatura exterior registada na estação meteorológica mais próxima, obtém-se um padrão de comportamento térmico do edifício.



Figura 3.41 – Equipamento de monitorização

Apesar de inicialmente estar prevista a monitorização do edifício em funcionamento, devido à pandemia de Covid-19 que levou ao encerramento das funções de várias instalações por todo o país, os objetivos para este projeto foram ligeiramente alterados. Quer isto dizer que, o edifício foi monitorizado sem funcionamento, estando completamente encerrado desde o dia 14 de março até finais de junho, portanto, durante toda a fase da monitorização. Porém, nem tudo veio por mal, uma vez que se concluiu que a monitorização do edifício nestas condições levaria a uma análise do comportamento térmico somente da parte edificada, o que também é chamada parte passiva, ou seja, sem a contribuição de sistemas.

Estes sistemas podem estar relacionados com aquecimento ou arrefecimento dos espaços, ventilação, entre outros. Neste trabalho também não será contemplada a utilização do edifício, o que engloba variações nos caudais de ventilação, pois os utentes têm a liberdade de abrir ou fechar janelas quando acharem necessário. Outros fatores implicados podem ser: o aquecimento resultante da ocupação dos espaços por metro quadrado; a iluminação; o funcionamento de equipamentos que ao estarem ligados produzem calor, entre outros. Nestas condições, é possível analisar o desempenho térmico do edifício comparando temperaturas externas com temperaturas internas, mas sem as parcelas acima referidas, obtendo dados mais objetivos e simplificados sem uma grande quantidade de variáveis.

A estação meteorológica [7] utilizada para a recolha de dados relativos à temperatura exterior encontra-se em Sanguedo, sendo a mais próxima das Caldas de S. Jorge. Sanguedo também se situa no distrito de Aveiro, mas um pouco mais a Norte. Esta estação apresenta as seguintes coordenadas geográficas: latitude 41.00 °N, longitude 8.51 °W e uma elevação de 167 metros.

A monitorização compreende duas fases, a primeira entre os meses de março, abril e maio, correspondendo a uma transição entre meses mais frios e chuvosos para uma estação mais amena. A segunda fase, mais curta, entre maio e junho, onde se analisam os primeiros dias quentes do ano. A primeira fase do estudo começa no dia 14 de março às 7 horas da manhã, terminando no dia 11 de maio às 9 horas da manhã, já a segunda fase começa no dia 11 de maio às 11 horas da manhã e termina no dia 8 de junho às 2 horas e 30 minutos da tarde. Partindo do princípio que a duração da monitorização se estende por um longo período de tempo (meses), foi estabelecido de antemão que os aparelhos seriam programados para registar a temperatura de 30 em 30 minutos, tendo variações suficientes durante um dia, mas não exagerando nos registos. Como se pretende estudar longos períodos de tempo as variações de temperatura que se sucedem de 5 em 5 minutos, por exemplo, são demasiado pequenas por vezes de meio grau ou um grau, tornando-se insignificantes no conjunto dos resultados.

Os compartimentos monitorizados foram escolhidos com base em inquéritos aos utilizadores, bem como na sua localização dentro do edifício. Os cinco aparelhos foram somente colocados no edifício anexo, estando distribuídos pelos diferentes pisos – dois na cave, dois no rés-do-chão e um no 1º piso. Na perspetiva de obter resultados fiáveis e sem interferências estes equipamentos foram colocados em zonas neutras e protegidas fora do alcance das pessoas, sem circulação, sem exposição solar e distante de prováveis equipamentos em funcionamento ou janelas.

Na cave (Figura 3.42), um dos equipamentos encontrava-se junto à piscina e o outro no interior do compartimento do duche Vichy. Era necessário ter no mínimo dois equipamentos neste piso, pois a cave apresenta várias anomalias que se suspeitam derivar de variações de temperatura e degradação de materiais devido à elevada e constante humidade presente no ar. O compartimento do duche Vichy era um dos mais afetados de entre os restantes da cave, segundo os utilizadores, devido ao tipo de tratamento que era nele desempenhado.

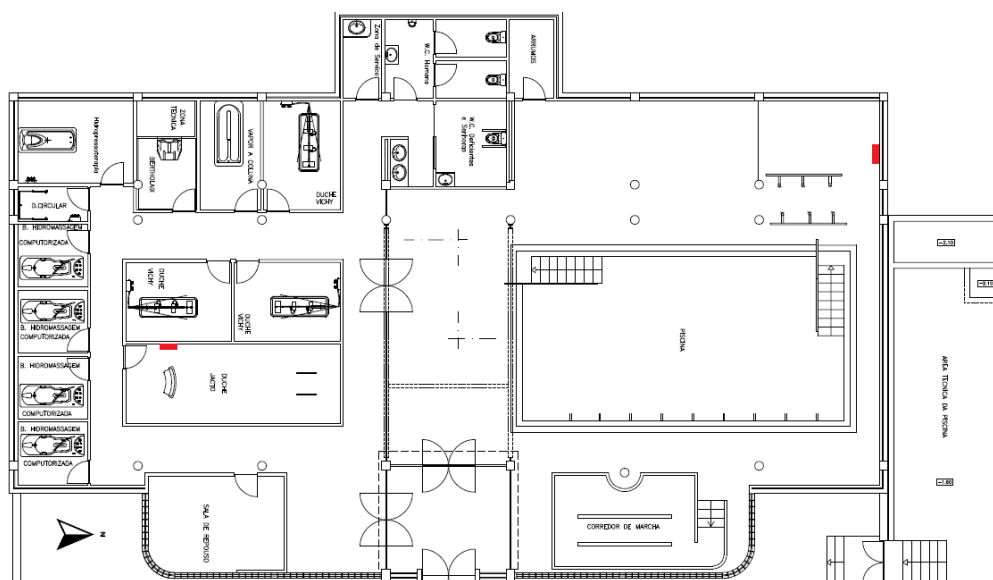


Figura 3.42 – Localização dos equipamentos na cave

No rés-do-chão (Figura 3.43), foi colocado um equipamento na zona central do hall de entrada num dos perfis HEB horizontal, para deste modo avaliar o ambiente da sala e se os vãos envidraçados voltados a poente têm alguma influência na temperatura interior registada em termos de ganhos solares. O outro

equipamento foi colocado num dos gabinetes médicos, uma zona que não apresentava grandes queixas por parte dos utilizadores, mas serviu para comparar o ambiente de um compartimento fechado em relação à envolvente ampla. Os vãos envidraçados voltados a Norte, em geral não levantam grandes problemas de sobreaquecimento, mas pode ser uma zona mais fria e húmida, pois a orientação norte está diretamente ligada a condensações superficiais na fachada devido ao arrefecimento por falta de exposição solar.

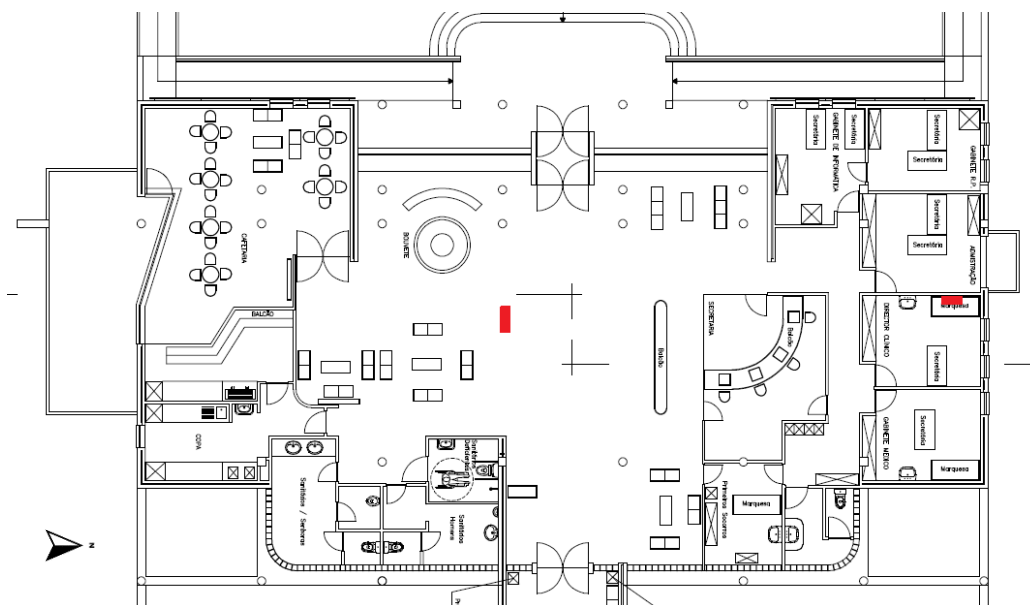


Figura 3.43 – Localização dos equipamentos no rés-do-chão

No 1º piso (Figura 3.44), à semelhança do que se passou no rés-do-chão, foi colocado o seu único equipamento numa zona central da sala de ORL num dos perfis HEB horizontal para avaliar o seu ambiente interior. Os utilizadores manifestaram grande desagrado com o comportamento térmico desta sala em particular, pois relataram picos de sobreaquecimento em dias quentes e até mesmo em dias amenos devido ao facto da orientação dos envidraçados ser a poente.

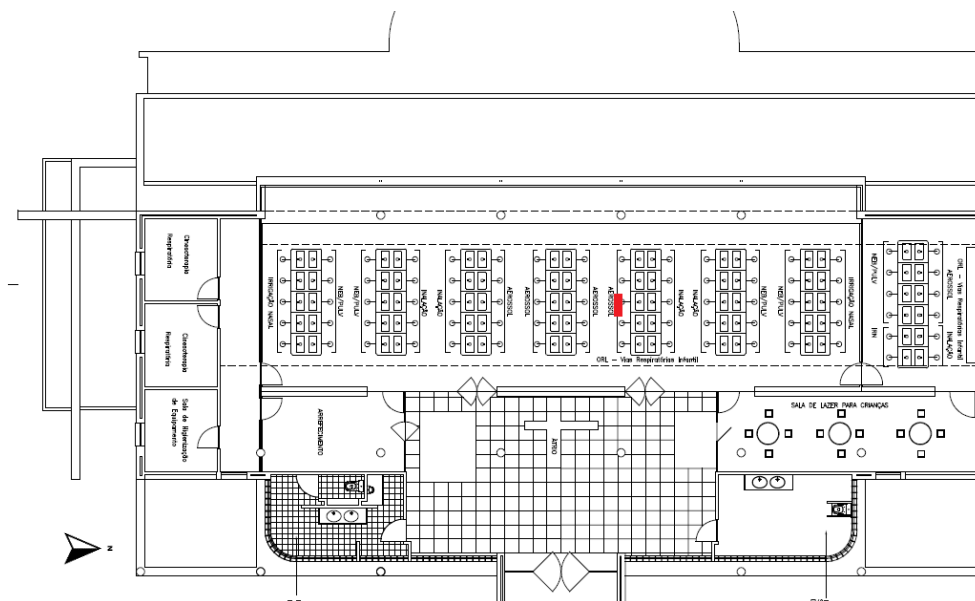


Figura 3.44 – Localização dos equipamentos no 1º piso

Por forma a demonstrar claramente esta informação foram desenvolvidos seis gráficos (Figuras 3.45 a 3.50), um para a temperatura exterior e um para cada local monitorizado, apresentando as temperaturas exteriores, iguais para todos os gráficos, e as temperaturas interiores de cada local respetivamente. Todos os gráficos apresentam a mesma tipologia em que nas ordenadas está representada a temperatura em graus Celsius e nas abcissas está representado o tempo em horas.

De seguida, é apresentada a análise dos gráficos da 1ª fase de monitorização, assim como uma breve análise do gráfico correspondente à temperatura exterior recolhida para esta mesma fase.

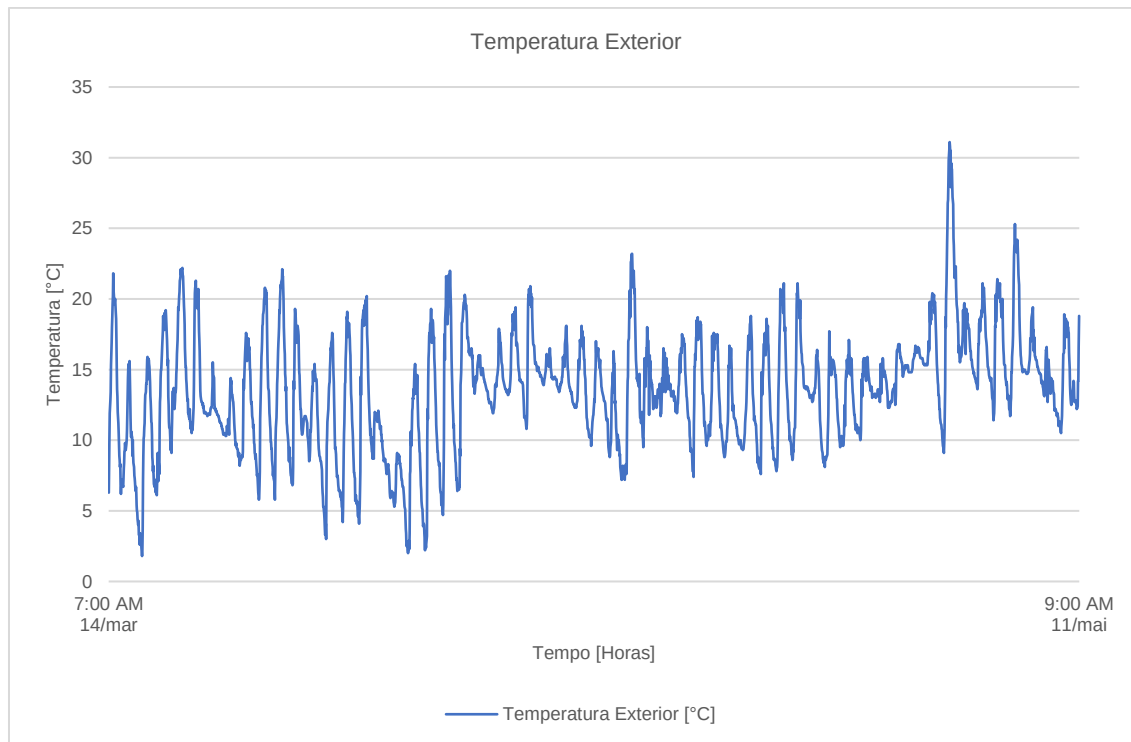


Figura 3.45 – Temperatura exterior Fase 1

Primeiramente, analisando a curva da temperatura exterior (Figura 3.45), observam-se amplitudes muito acentuadas, o que já era de esperar. Tendo em conta que nos meses mais frios as madrugadas apresentam temperaturas baixas na ordem dos 2 a 3 °C, em comparação com o meio dia que pode atingir valores entre 15 a 20 °C. Isto implica amplitudes de valores numa faixa mais alargada. Outra situação a destacar prende-se com o ponto de viragem entre a faixa alargada de amplitudes descrita acima e a formação de uma outra faixa mais apertada. Isto significa que os dias estão a tornar-se mais quentes, com a diferença de temperatura entre o dia e a noite menos acentuada, implicando uma faixa mais apertada de oscilações. Este ponto de viragem situa-se entre os dias 3 a 5 de abril. Em média, as temperaturas dos meses de março, abril e maio correspondem [7] aos valores de 11.9 °C, 12.5 °C e 17.8 °C, respetivamente, apoiando a situação acima defendida.

Passando agora para a análise de cada um dos gráficos, assim como a demonstração de breves conclusões, em primeiro lugar está apresentado o gráfico correspondente à zona da piscina (Figura 3.46).

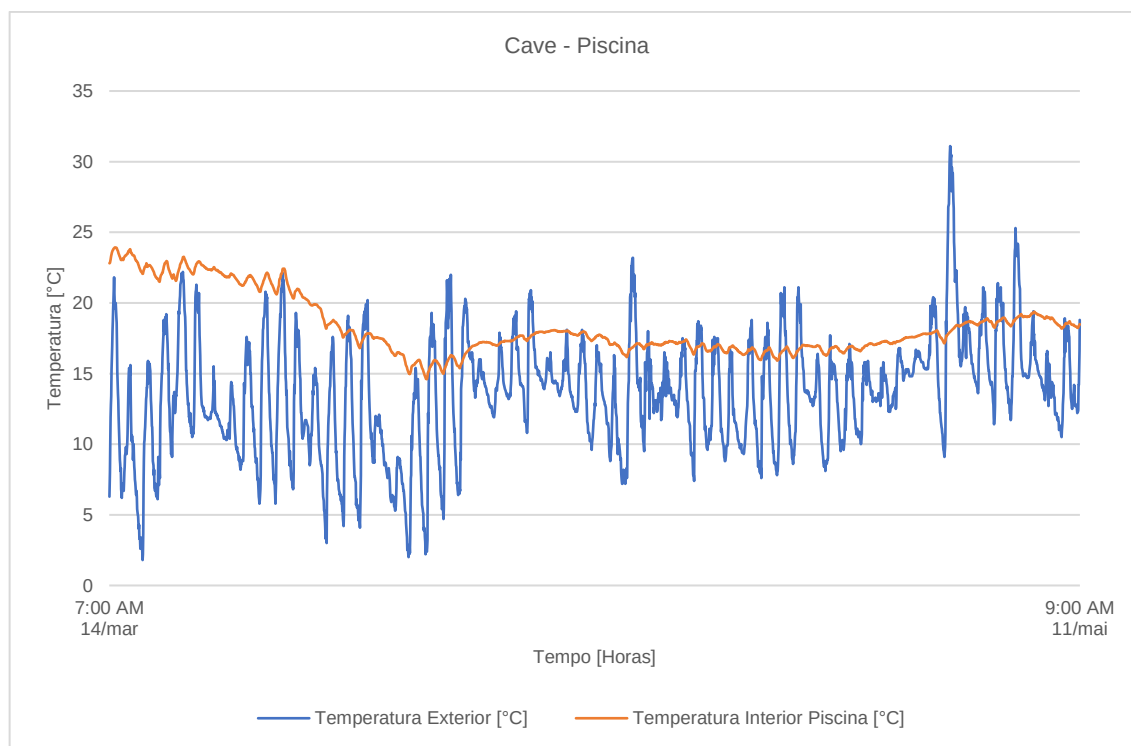


Figura 3.46 – Temperatura exterior vs. Temperatura interior piscina Fase 1

A temperatura interior correspondente à piscina, ou seja, ao seu ambiente próximo apresenta temperaturas altas no início da monitorização, com máximos perto dos 24 °C. Isto demonstra que a piscina nesta altura ainda se encontrava cheia e em funcionamento, no entanto, logo após o edifício encerrar funções a piscina entrou em processo de esvaziamento. Desde o dia 14 de março começou a esvaziar e no início de abril já se encontrava praticamente vazia, relacionando-se com as temperaturas mais baixas registadas, na ordem dos 14,5 °C. A cave, embora sendo um piso semienterrado, apresenta uma elevada inércia térmica devido ao solo que rodeia o espaço, fazendo com que a energia térmica se dissipe lentamente a par das baixas temperaturas exteriores registadas. Pela análise tende-se a crer que se as baixas temperaturas exteriores continuassem, talvez ainda fossem alcançadas temperaturas mais baixas do que 14,5 °C. No entanto, com o aquecer dos dias a temperatura interior foi estabilizando entre os 16 e os 18 °C.

De seguida, apresenta-se o gráfico correspondente ao compartimento do duche vichy (Figura 3.47).

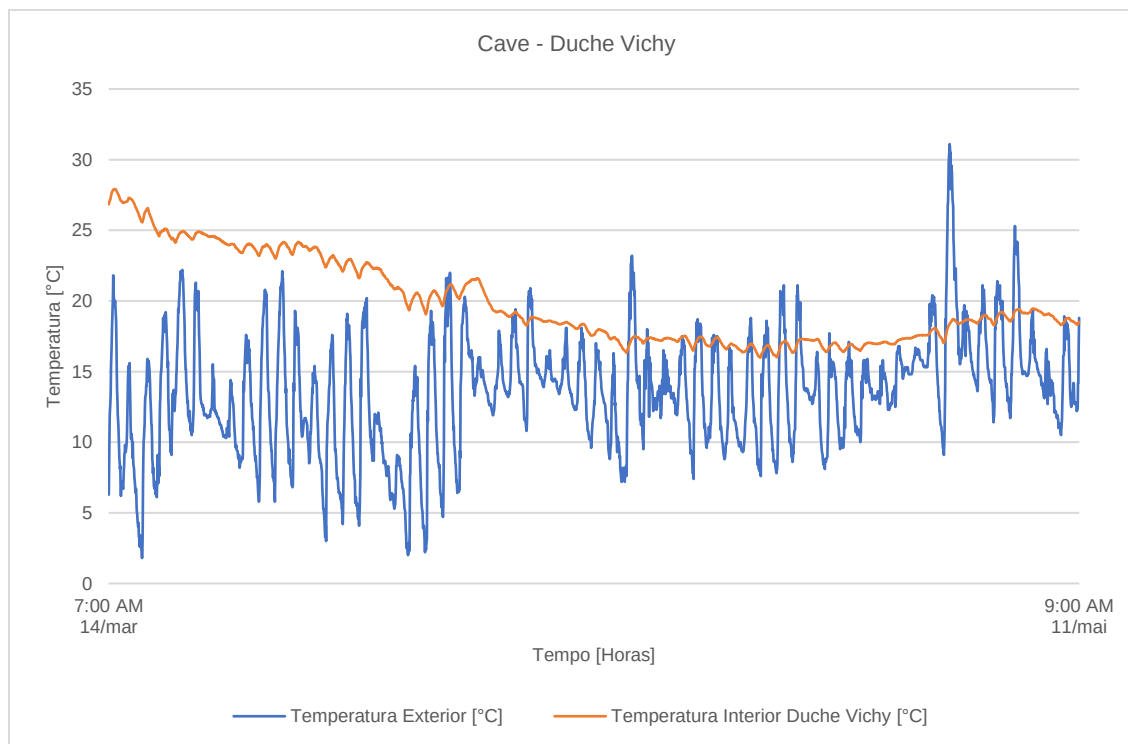


Figura 3.47 – Temperatura exterior vs. Temperatura interior duche vichy Fase 1

À semelhança da curva da piscina, a curva da temperatura interior do compartimento do duche vichy também decresce no final do mês de março embora apresente temperaturas de partida mais elevadas. Quer isto transmitir que, estando o edifício em funcionamento a zona da cave está sujeita a temperaturas e humidade bastante elevadas devido à utilização da piscina. Isto agrava-se quando se pretende analisar um compartimento fechado do tipo do duche vichy, pois quando este entra em funcionamento verifica-se uma elevada produção de vapor de água no interior. Relacionando agora a descrição anterior com a envolvente desfavorável e a inércia térmica da cave, resulta numa lenta dissipação da energia térmica produzida, fazendo com o que compartimento conserve durante alguns dias as temperaturas elevadas. Após o início de abril as temperaturas estabilizam, assim como no gráfico da piscina, entre os mesmos valores de 16 e 18 °C.

Passando agora para o rés-do-chão, o primeiro gráfico a analisar corresponde à zona da entrada (Figura 3.48).

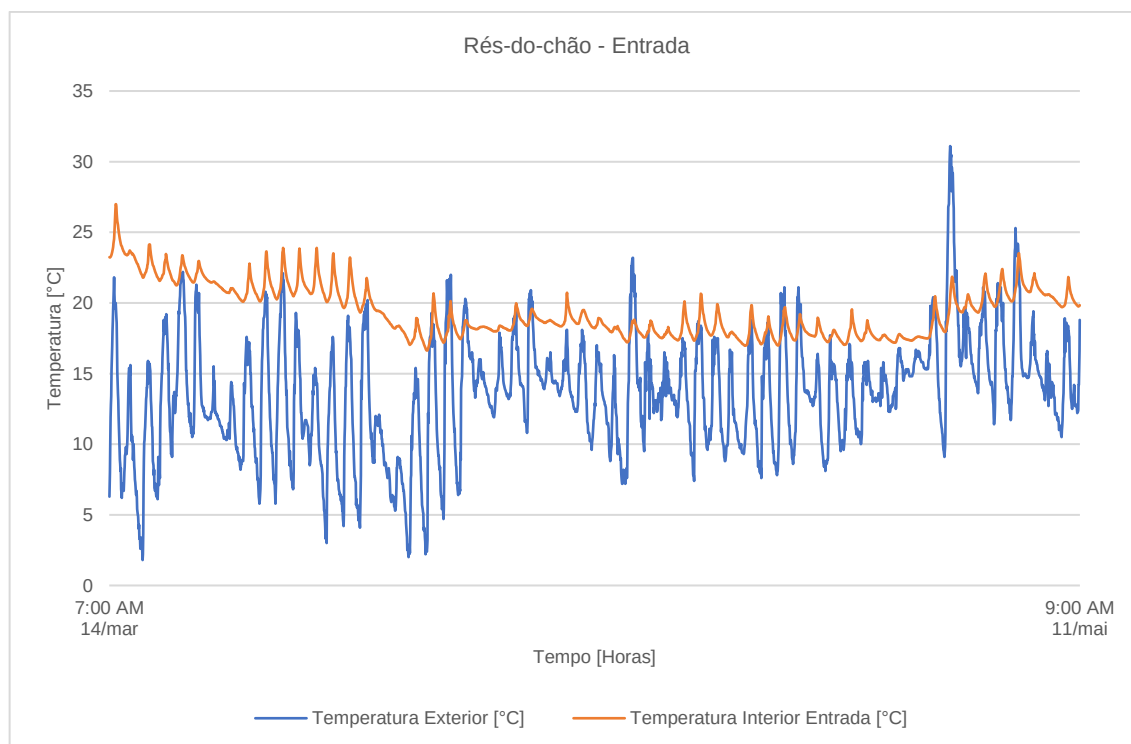


Figura 3.48 – Temperatura exterior vs. Temperatura interior entrada Fase 1

A zona da entrada apresenta a mesma tendência para o sobreaquecimento, à semelhança do 1º piso que já se encontra diagnosticado pelos utilizadores. Contudo, é menos perceptível no rés-do-chão do que no 1º piso, uma vez que o rés-do-chão corresponde a uma zona administrativa e apresenta equipamentos de ar condicionado nos gabinetes, no hall de entrada e no bar ou cafetaria. Em contrapartida, no 1º piso o problema é agravado pelas altas temperaturas da água termal durante os tratamentos e consequente vapor de água, mas também por não haver equipamentos de ar condicionado em funcionamento neste piso, pois estão danificados devido à exposição com a água termal. O efeito do sobreaquecimento está demonstrado no gráfico através dos picos da curva correspondente à temperatura interior da entrada, cujos máximos correspondem a períodos do dia da parte da tarde, ou seja, depois de algumas horas de exposição solar enquanto o sol se desloca para poente os ganhos solares tornam-se significativos nestes espaços. Resultado da exposição solar durante a tarde a entrada retém a temperatura, conservando-a por longos períodos, pois a temperatura mínima registada durante toda a monitorização foi de 16,6 °C no dia 2 de abril, coincidindo com o dia em que a temperatura mínima exterior foi de 2,2 °C.

De seguida, está apresentado o gráfico correspondente ao gabinete médico situado no rés-do-chão (Figura 3.49).

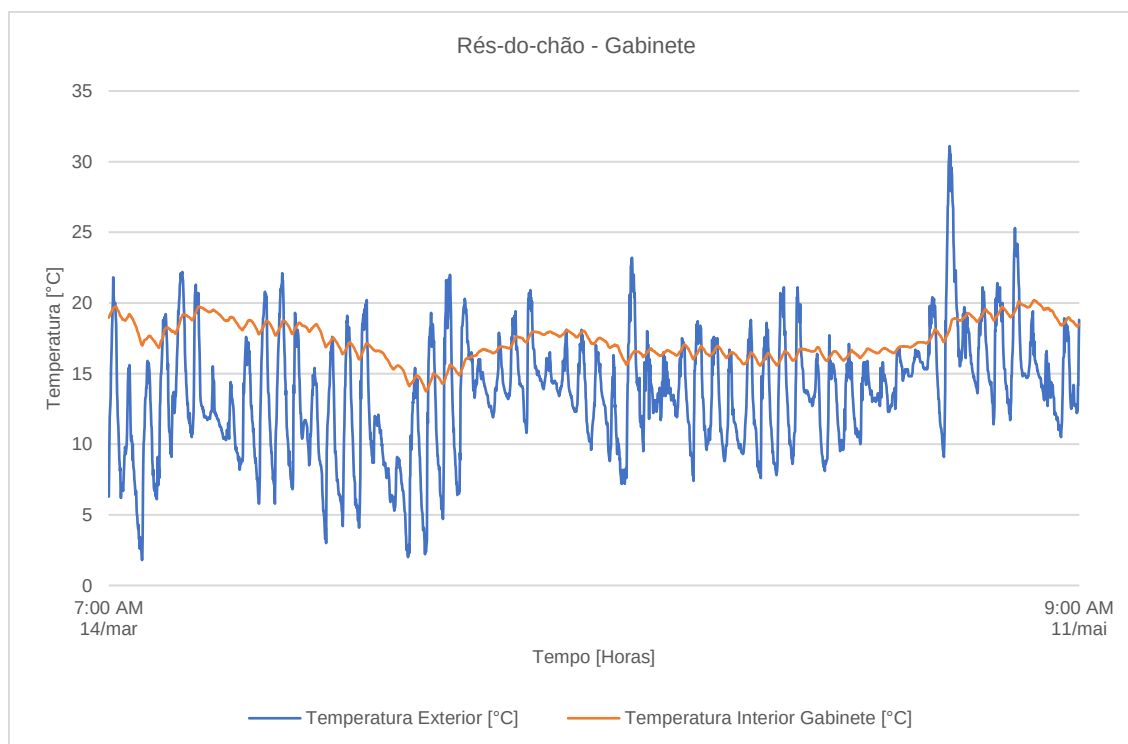


Figura 3.49 – Temperatura exterior vs. Temperatura interior gabinete Fase 1

Este gráfico demonstra aquilo que já era de esperar nesta zona: poucas oscilações; variação máxima de 5 °C; diminuição da temperatura interior quando a temperatura exterior se apresenta baixa por longos períodos de tempo e vice-versa. A capacidade do edifício de reter energia térmica durante longos períodos de tempo é muito eficiente no inverno e uma mais valia, no entanto, esta situação no verão pode tornar-se extremamente desconfortável se não for bem gerida.

Por último, o gráfico apresentado corresponde à sala de ORL situada no 1º piso (Figura 3.50).

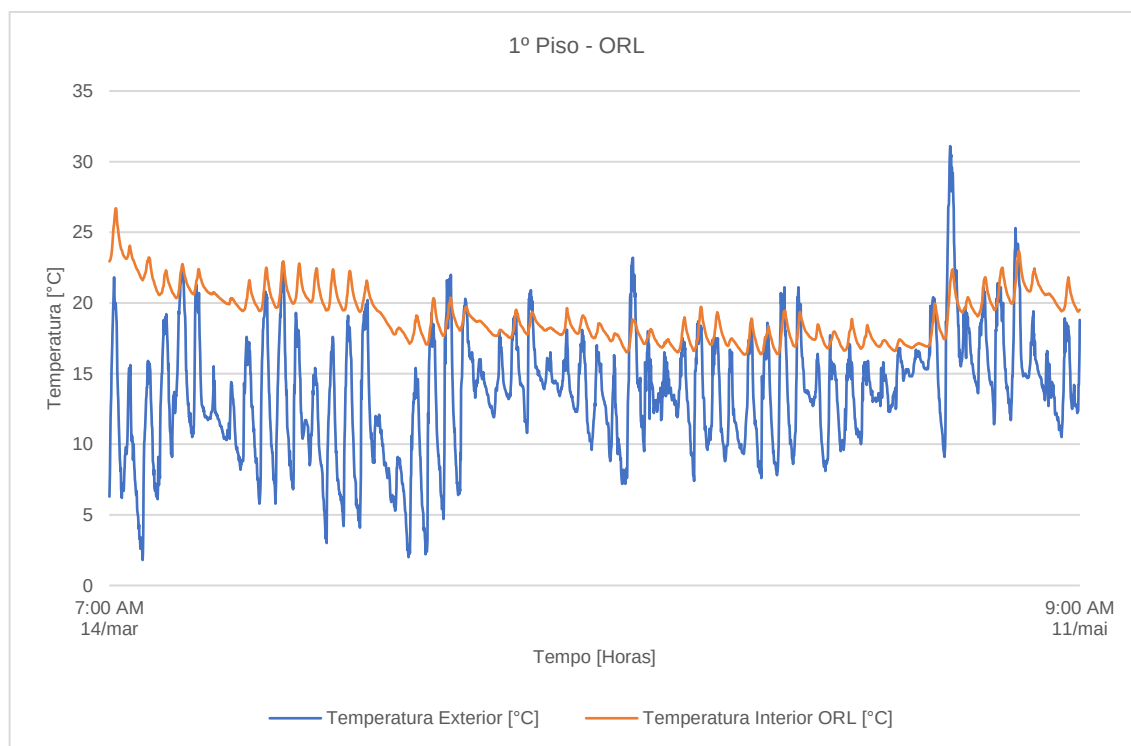


Figura 3.50 – Temperatura exterior vs. Temperatura interior ORL Fase 1

Em conformidade com a informação acima relatada aquando da análise do gráfico correspondente à entrada, o 1º piso apresenta tendência para o mesmo problema de sobreaquecimento, quer isto dizer que também apresenta picos da temperatura interior analisados no gráfico da entrada. Analisando, por exemplo, o dia 24 de março que corresponde ao dia com a temperatura interior da sala de ORL máxima de entre um conjunto de picos similares e ainda por se tratar de um dia pouco afetado pelo encerramento do edifício, tendo passado 10 dias. Na entrada são verificados os valores máximos e mínimos de 24 e 20 °C, respetivamente, enquanto que no 1º piso são registados os valores máximos e mínimos de 23 e 20 °C, respetivamente. Com esta pequena comparação observa-se que tanto o rés-do-chão como o 1º piso apresentam problemas de sobreaquecimento e apresentam sensivelmente a mesma ordem de grandeza. Assim conclui-se que sem a ajuda de sistemas ou equipamentos anexos, como se verifica quando o edifício está em funcionamento, o desconforto térmico provocado pela orientação a poente da fachada e a elevada percentagem de vãos envidraçados dos dois pisos faz com que as temperaturas interiores se estabeleçam elevadas e na mesma ordem de grandeza.

Quanto à 2ª fase da monitorização, de seguida é apresentada a análise dos seis gráficos (Figuras 4.51 a 4.56), um correspondente à temperatura exterior e cinco restantes, um para cada local monitorizado.

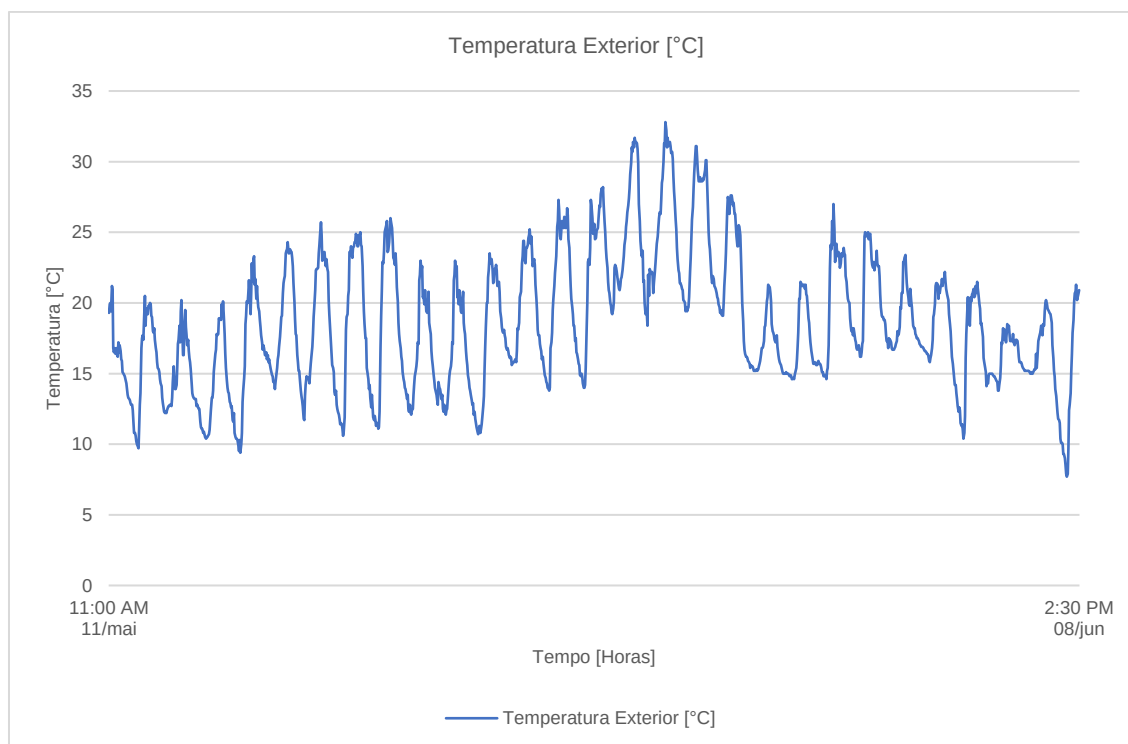


Figura 3.51 – Temperatura exterior Fase 2

Analisando o gráfico da figura acima representada (Figura 3.51), a segunda fase de monitorização compreende menos tempo de recolha de dados, logo os gráficos apresentam as oscilações mais separadas em comparação com os gráficos anteriormente analisados. À partida, existe a perceção de que esta fase contempla dias mais quentes do que a fase anterior, o que irá ser vantajoso para comparar o comportamento dos diferentes espaços monitorizados. E por sua vez, permitir analisar a influência nos espaços da entrada e do 1º piso, pois são mais propícios ao sobreaquecimento.

De seguida, está apresentado o gráfico correspondente à piscina (Figura 3.52).

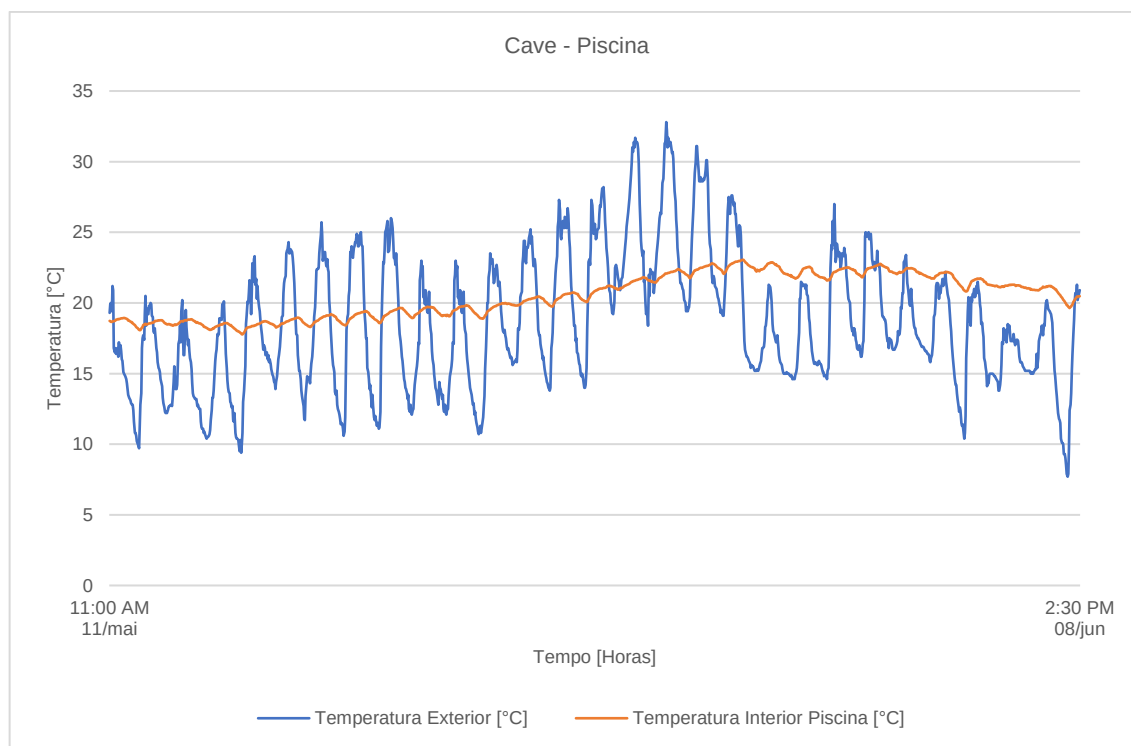
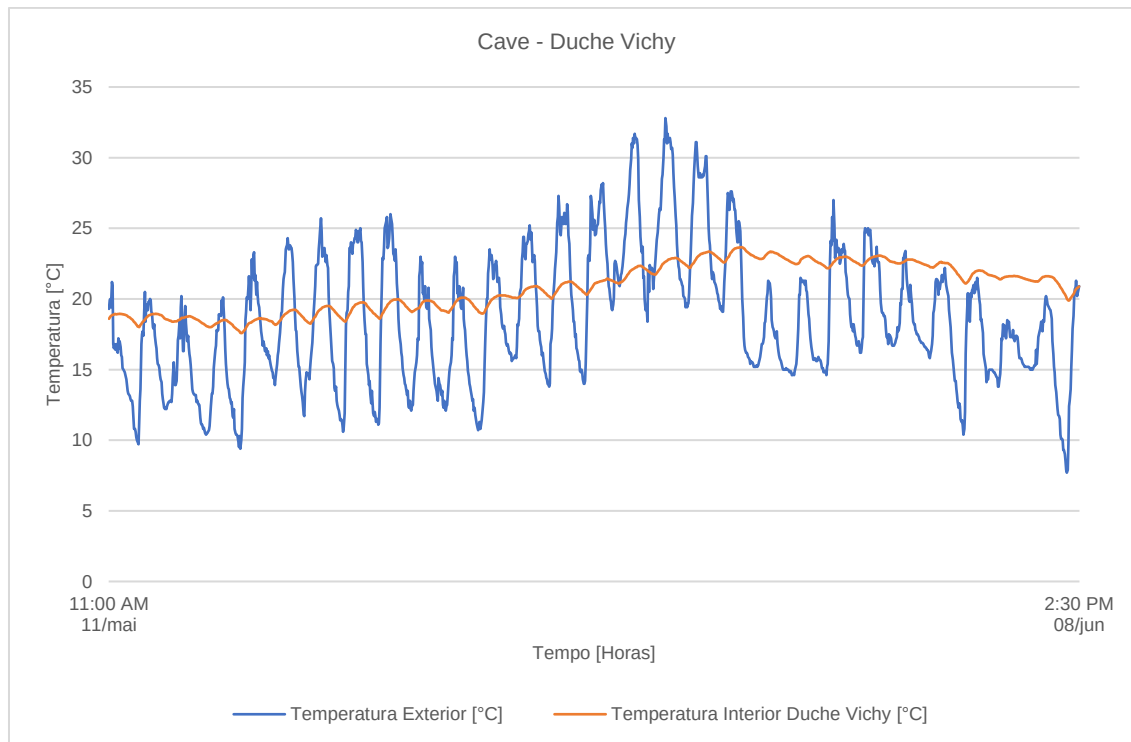


Figura 3.52 – Temperatura exterior vs. Temperatura interior piscina Fase 2

De acordo com as observações feitas na primeira fase de monitorização, pode-se concluir que o edifício estando encerrado consegue estabilizar com mais facilidade as temperaturas da cave, rondando os 18 °C, uma vez que a piscina se encontra vazia. Contudo, apesar de ser um piso enterrado também sofre aumento de temperatura interior quando no exterior se verificam temperaturas altas, estabilizando agora nos 22 °C. Claro está, que se estivéssemos perante as concentrações de humidade normais durante o funcionamento, estes dados seriam afetados, não sendo uma análise muito relevante em termos práticos. No entanto, permite concluir que a inércia térmica do edifício é alta, o que implica que as oscilações das temperaturas interiores relativamente às variações de temperaturas exteriores sejam menores.

De seguida, é analisado o gráfico do duche vichy (Figura 3.53).



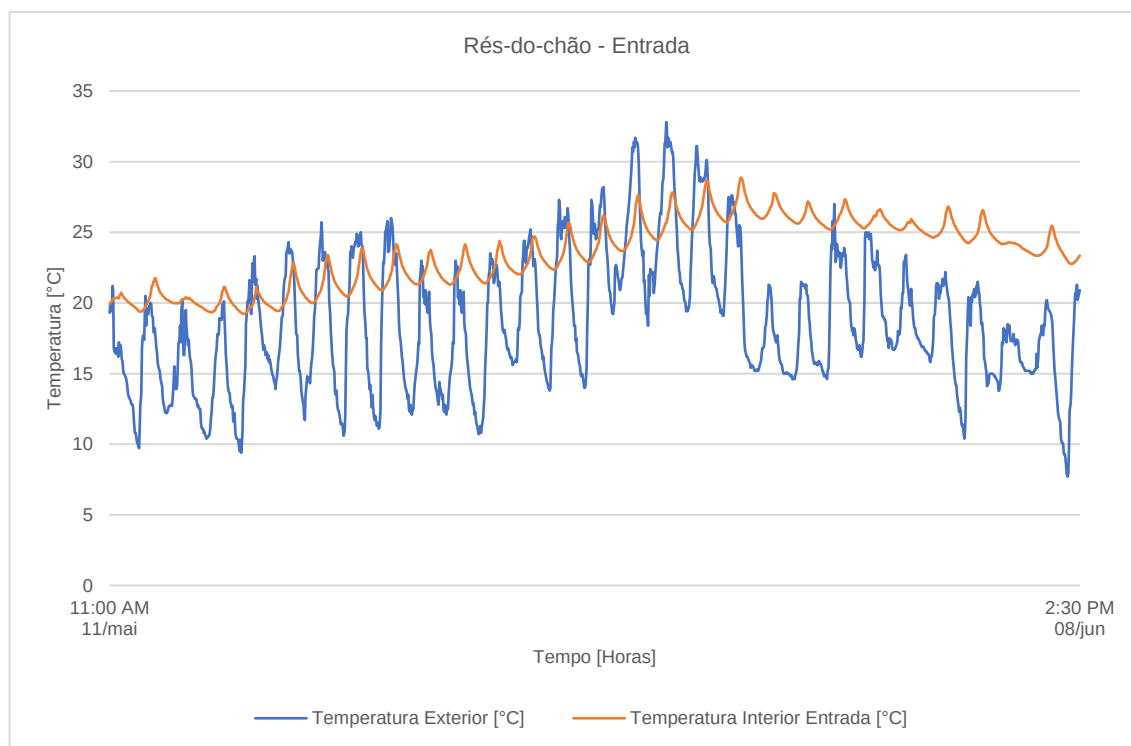


Figura 3.54 – Temperatura exterior vs. Temperatura interior entrada Fase 2

Como já era de esperar, nos dias mais quentes verifica-se uma subida das temperaturas interiores para valores acima de 25 °C, concluindo-se que se está perante uma situação de sobreaquecimento. No entanto, como a entrada é uma zona abrangida por equipamentos de ar condicionado estas temperaturas durante o funcionamento serão bastante atenuadas.

Também no rés-do-chão, o gráfico que se segue corresponde ao gabinete médico (Figura 3.55).

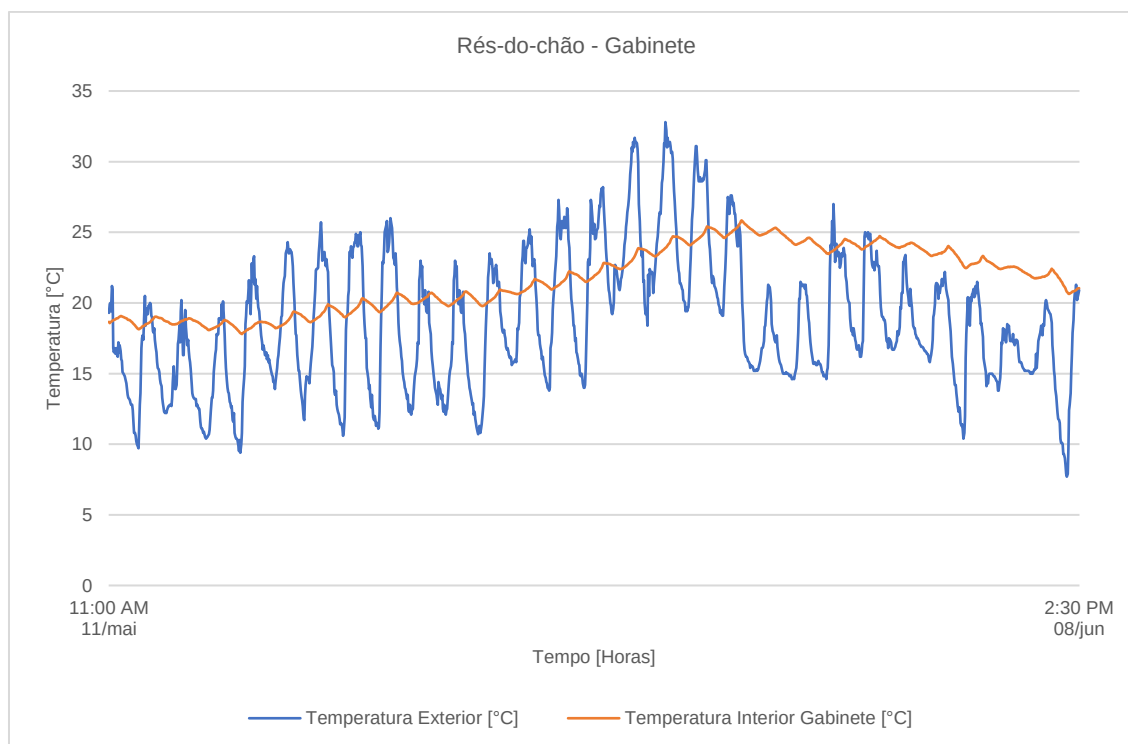


Figura 3.55 – Temperatura exterior vs. Temperatura interior gabinete Fase 2

O compartimento do gabinete entra no limiar do sobreaquecimento, como se pode analisar no gráfico acima, mas por questões anteriormente abordadas, este não é um compartimento que suscite grandes problemas.

Por fim, de seguida é apresentado e analisado o gráfico da sala de ORL (Figura 5.56).

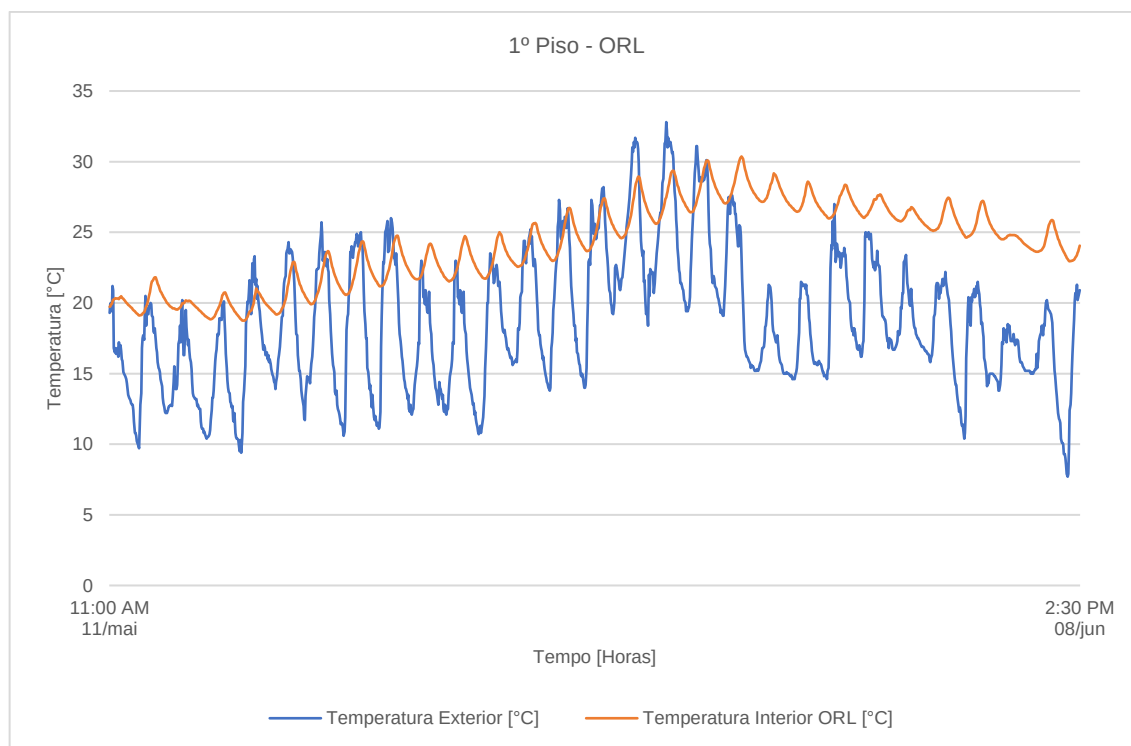


Figura 3.56 – Temperatura exterior vs. Temperatura interior ORL Fase 2

Se anteriormente era possível existirem dúvidas sobre qual dos espaços era o mais afetado em questões de sobreaquecimento, com a análise deste gráfico estas dúvidas desaparecem. Nos dias de maior calor, sensivelmente no final do mês de maio, o piso da ORL ultrapassa os 30 °C de temperatura interior, enquanto que a entrada apresenta um valor máximo de 28 °C para o mesmo período. Admitindo-se assim, que devido às características deste piso é urgente uma intervenção nas instalações ou até mesmo o estudo de viabilidade de sistemas, pois, para além deste fator externo, as temperaturas interiores podem ter aumentos consideráveis devido aos tratamentos desempenhados neste piso.

Após a análise dos resultados das duas fases da monitorização pode concluir-se o seguinte, acerca do edificado e do seu comportamento térmico:

- Os espaços com grandes vãos envidraçados voltados a poente, apresentam um significativo risco de sobreaquecimento;
- As temperaturas interiores registadas são elevadas em certos dias, o que leva a crer que, em funcionamento, existirá ainda um aumento significativo da temperatura em relação à registada, pois não foram contabilizados equipamentos de uso termal, ocupação, iluminação, computadores, entre outros ganhos térmicos;
- Devido aos espaços mais afetados pelo sobreaquecimento, o consumo de energia pelo ar condicionado será certamente significativo.

3.3 FATURAS DE ELETRICIDADE E GÁS

Nas Termas de S. Jorge as companhias de gás e eletricidade associadas ao edifício são a GALP e a EDP, respetivamente. De modo a realizar uma análise completa ao edifício do ponto de vista do funcionamento e da componente energética é essencial ter acesso às faturas de gás e eletricidade, de forma a compreender a ordem de grandeza dos gastos anuais da estância termal, bem como o comportamento nos picos de funcionamento. Os únicos equipamentos associados ao gás são as duas caldeiras para aquecimento da água termal e aquecimento ambiente do edifício através de radiadores. Já a eletricidade está associada a tudo o resto, como por exemplo, equipamentos eletrónicos, iluminação, equipamentos de vigilância/segurança do edifício, bem como, equipamentos mecânicos.

Com o intuito de concentrar a informação recolhida por forma a que seja mais expedita a sua interpretação foram desenvolvidos três gráficos. Para isto, foram compilados três anos de faturas (2017, 2018 e 2019) de cada companhia para assim poder ter maior certeza nas conclusões retiradas. Primeiro foi concretizada a comparação dos três anos para cada companhia, correspondendo aos dois primeiros gráficos (Figuras 3.57 e 3.58). Nestes gráficos, o eixo das abcissas corresponde ao tempo em meses e o eixo das ordenadas corresponde ao custo em euros por cada mês de faturação. Analisando, em primeiro lugar, o gráfico da faturação da GALP (Figura 3.57) é possível retirar as seguintes conclusões.

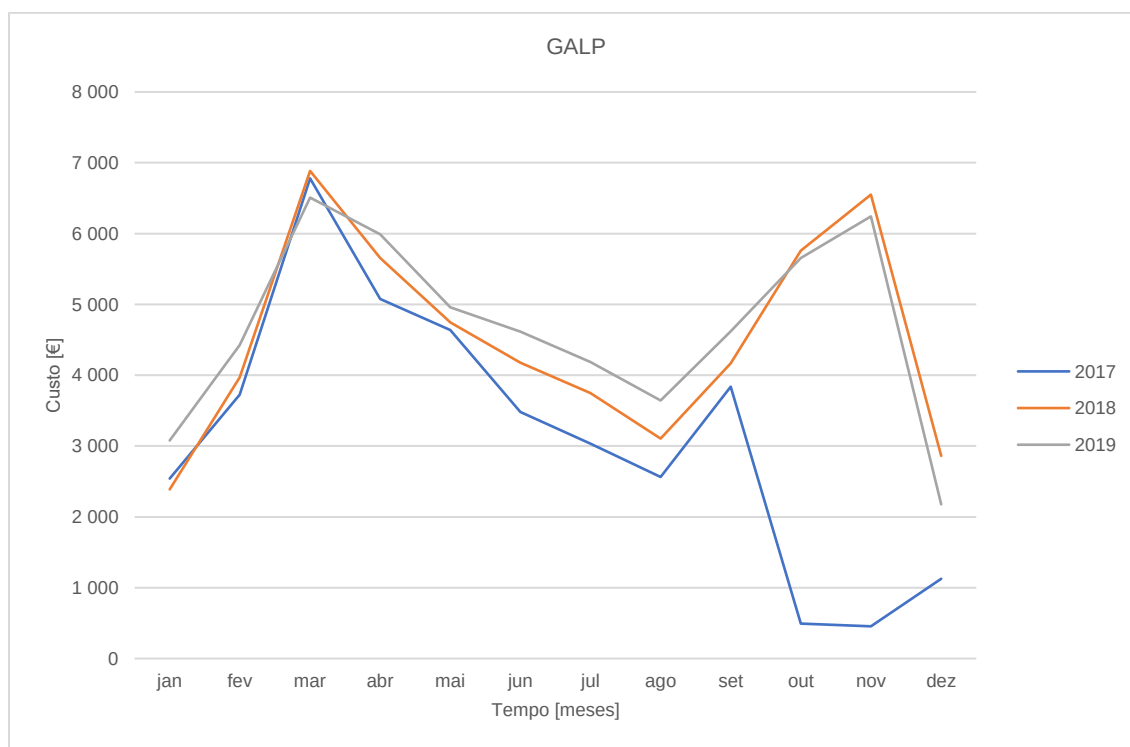


Figura 3.57 – Faturação da GALP

Pela análise do gráfico acima apresentado, o que mais se destaca são os picos de funcionamento, nos meses do início da época termal (março) e nos meses mais frios (novembro). Nos meses em que o edifício se encontra fechado, dezembro e janeiro, as curvas apresentam um decaimento acentuado. Em agosto também se observa uma acentuada depressão o que pode traduzir, sendo este o mês de maior calor, uma menor utilização do aquecimento central do edifício. Outra observação possível de ser referida passa-se na curva de 2017 onde existe uma parte da curva com um comportamento fora do

normal, o que pode significar um ano atípico ou um erro na leitura efetuada pelo contador, pelo que esta situação irá ser desprezada.

De seguida, é possível encontrar a análise do gráfico da faturação da EDP (Figura 3.58), do qual se resumem as breves conclusões apresentadas.

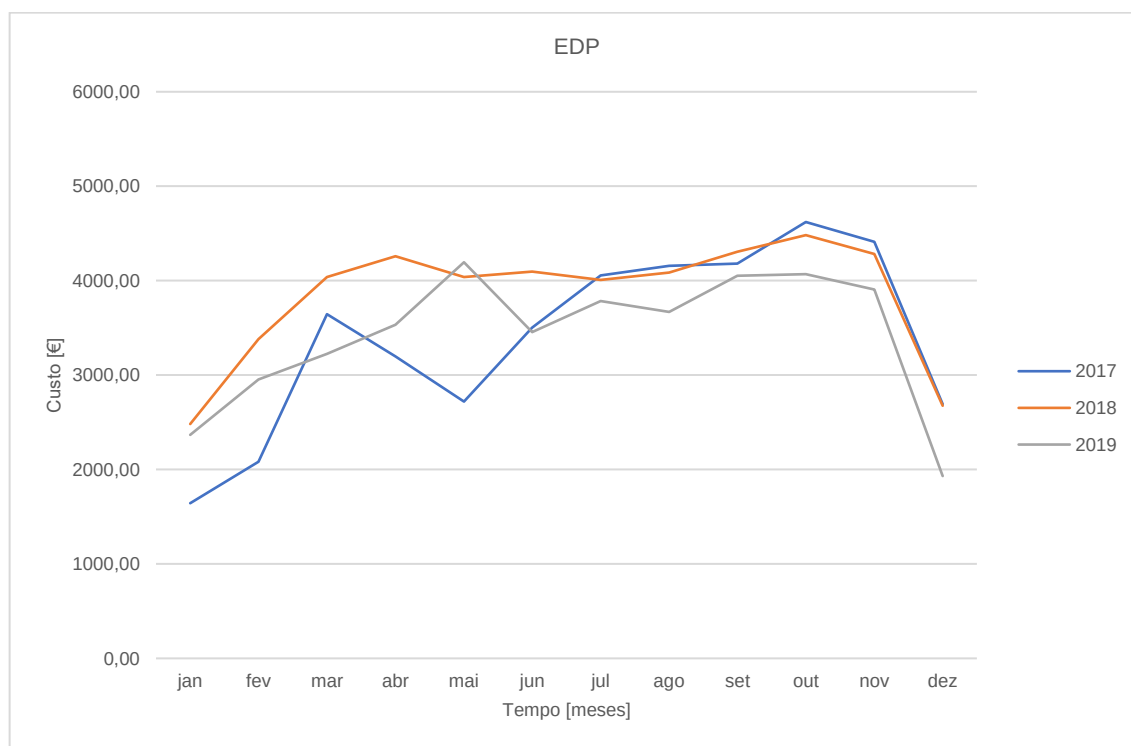


Figura 3.58 – Faturação da EDP

Analisando agora o gráfico correspondente à faturação da EDP, verifica-se um comportamento mais similar, sem grandes picos, durante o período de funcionamento. O que revela que os equipamentos associados à eletricidade estão sempre operacionais quer sejam meses mais quentes ou mais frios. Nos meses de dezembro e janeiro, à semelhança do gráfico anterior também se observam descidas acentuadas nos valores faturados, o que implica que o edifício se encontra fechado e praticamente sem equipamentos operacionais, como era de esperar.

Apresentadas as conclusões relativamente aos encargos anuais por parte das Termas de S. Jorge relativamente às duas fontes de energia, de seguida, foi elaborado um último gráfico (Figura 3.59) que tem como objetivo demonstrar o consumo em kWh da energia cujo encargo anual é maior, ou seja, da GALP. Assim, neste gráfico, o eixo das abcissas corresponde ao tempo em meses, enquanto que o eixo das ordenadas corresponde ao consumo mensal em kWh de gás natural.

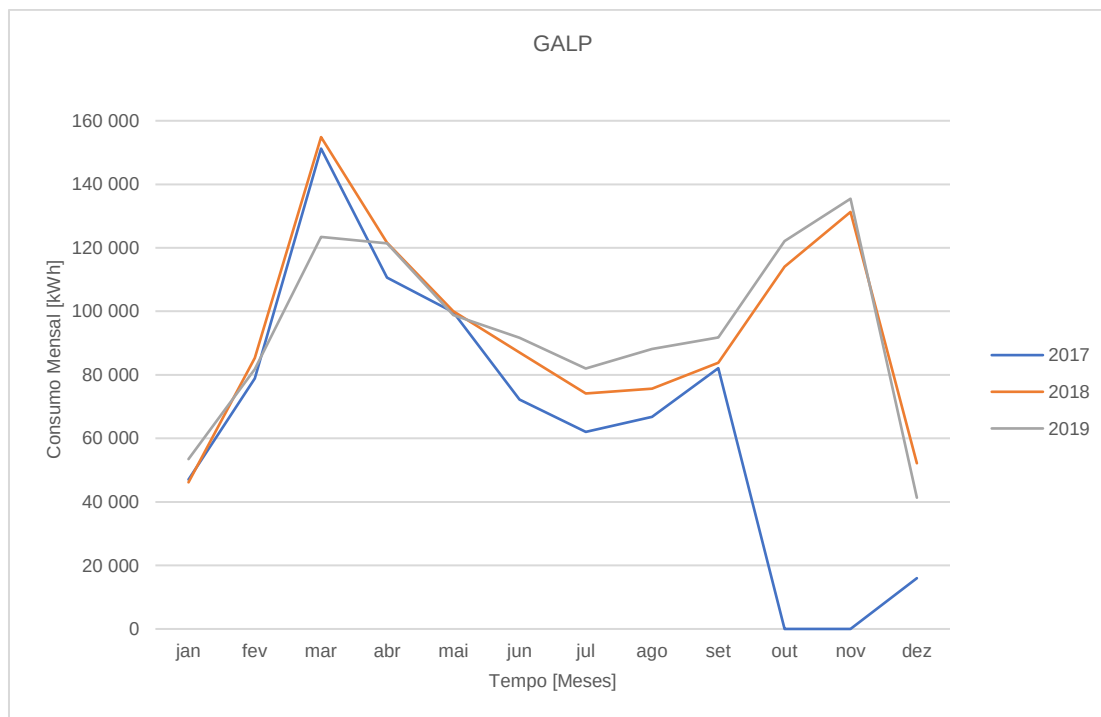


Figura 3.59 – Consumo mensal GALP

Deste modo, a principal conclusão diz respeito ao consumo de gás natural ser bastante significativo e mais expressivo nos meses onde é necessária maior quantidade de água termal quente (picos de funcionamento), mas também quando é necessário o aquecimento dos espaços, como referido anteriormente. Sobretudo, revela-se importante para estudos futuros na medida em que é necessário conhecer este tipo de dados para assim poder analisar as melhores opções para implementação de sistemas que possam melhorar a eficiência energética do complexo termal, tornando-o mais independente energeticamente. Neste caso em concreto, essencialmente menos dependente de gás natural para aquecimento da água termal.

Porventura, uma solução de painéis solares iria resolver o problema das faturas de gás elevadas, uma vez que, o edifício apresenta o seu pico de funcionamento nos meses com maior exposição solar. A cobertura do edifício anexo, sendo plana, apresenta a melhor situação em termos de dimensionamento, pois a orientação e a inclinação dos painéis não se encontram limitadas. A solução de painéis solares é uma fonte de energia renovável muito utilizada, apesar do investimento inicial, pelo que é essencial uma análise técnico-económica de sistemas. No entanto, estes estudos não são objetivos do trabalho, mas sim uma compilação de possíveis propostas de solução.

A função dos painéis solares pode incidir no aquecimento ambiente do edifício como também, em conjunto com os termoacumuladores, pode representar uma grande percentagem, entre cerca de 60 a 70%, na contribuição do aquecimento da água termal. Por outras palavras, a função que as duas caldeiras de gás natural desempenham pode ser parcialmente substituída por uma fonte de energia renovável. A restante parcela, pode ser desempenhada por outra fonte de energia renovável, como por exemplo bombas de calor ou, a melhor opção seria continuar com as duas caldeiras a gás, como estão a funcionar eficazmente ainda podem desempenhar funções até ao final da sua vida útil. Estes dois equipamentos, painéis solares e caldeiras a gás, a funcionar em conjunto apresentam elevadas taxas de eficiência e deste modo, o encargo com a fatura de gás seria reduzido substancialmente.

4

ANÁLISES EM SOFTWARE

4.1 MODELAÇÃO

O edifício anexo, correspondente à ampliação das Termas de S. Jorge, foi alvo de um estudo mais aprofundado com recurso ao *software* Design Builder, uma ferramenta que permite avaliar o comportamento térmico do edifício. Para isto, foi desenvolvida a modelação do edifício alvo, com vista a obter simulações que permitissem concluir e validar certas propostas no âmbito do conforto térmico.

Por forma a validar as simulações obtidas com recurso a esta ferramenta primeiro, foi desenvolvido um ficheiro climático recorrendo a um ficheiro climático existente de uma estação meteorológica localizada no Porto. Neste ficheiro foram editadas as temperaturas exteriores (*dry bulb temperature*) entre os dias 14 de março e 8 de junho com os valores medidos na estação meteorológica de Sanguedo, a mesma estação utilizada para análise dos dados da monitorização, sendo esta a mais próxima das Termas de S. Jorge, como referido anteriormente. Para esta edição foi utilizado um pequeno *software* chamado Elements (Figura 4.1), onde é possível editar ficheiros existentes ou criar novos para posteriormente serem utilizados em *softwares* de análise térmica como é o exemplo do Design Builder.

The screenshot shows the 'Elements' software window for 'PRT_Feira.epw'. It includes a menu bar (File, Edit, Tools, View, Window, Help) and a status bar with site information: Site Name: PORTO, Latitude: 41.23, Longitude: -8.68, Time Zone: 0, Elevation: 73. Below this are tool buttons (Offset, Scale, Normalize, Normalize By Month) and a 'Variables to Hold Constant' dropdown. The main area is a table with 10 columns: Date/Time, Dry Bulb Temperature [C], Wet Bulb Temperature [C], Atmospheric Pressure [kPa], Relative Humidity %, Dew Point Temperature [C], Global Solar [Wh/m2], Normal Solar [Wh/m2], Diffuse Solar [Wh/m2], and Wind Speed [m/s]. The table contains 17 rows of data for the year 2002, from January 1st to January 14th. At the bottom, there are 'Columns' management buttons (Add, Remove, Move Left, Move Right) and a 'Units' section with radio buttons for SI and IP.

Date/Time	Dry Bulb Temperature [C]	Wet Bulb Temperature [C]	Atmospheric Pressure [kPa]	Relative Humidity %	Dew Point Temperature [C]	Global Solar [Wh/m2]	Normal Solar [Wh/m2]	Diffuse Solar [Wh/m2]	Wind Speed [m/s]
2002/01/01 @ 00:00:00	4.8	4.04	101.9	89	3.15	0	0	0	2.5
2002/01/01 @ 01:00:00	4.6	3.78	101.9	88	2.79	0	0	0	3
2002/01/01 @ 02:00:00	4.3	3.42	101.9	87	2.33	0	0	0	2.6
2002/01/01 @ 03:00:00	3.8	2.94	101.9	87	1.83	0	0	0	1.5
2002/01/01 @ 04:00:00	3.4	2.55	101.9	87	1.43	0	0	0	0
2002/01/01 @ 05:00:00	3	2.1	101.9	86	0.87	0	0	0	0
2002/01/01 @ 06:00:00	0	0	101.9	100	0	0	0	0	0
2002/01/01 @ 07:00:00	1	1	102	100	0.98	0	0	0	2
2002/01/01 @ 08:00:00	2	1.39	102	90	0.51	21	0	21	0
2002/01/01 @ 09:00:00	5	4.09	102	87	3.02	124.07	179	86	0
2002/01/01 @ 10:00:00	8	5.26	102	66	2.04	245.65	402	114	0
2002/01/01 @ 11:00:00	8.8	5.97	101.9	66	2.81	334.24	505	131	1.5
2002/01/01 @ 12:00:00	11	6.08	101.9	47	0.1	372.42	438	183	0
2002/01/01 @ 13:00:00	11	6.08	101.8	47	0.1	350.68	418	177	0
2002/01/01 @ 14:00:00	11	6.97	101.7	56	2.57	273.07	451	114	2.1

Figura 4.1 – Software Elements

Posteriormente, foi iniciada a modelação em 3D do edifício, tendo em conta a informação relativa aos materiais de construção que efetivamente estão inseridos no edifício, assim como as tecnologias construtivas aplicadas. Esta informação encontra-se detalhada no terceiro capítulo, cujo objetivo seria a futura inserção no *software*. Para efeitos térmicos todos os elementos construídos tinham de apresentar as mesmas características do edifício real, para isto foram utilizadas camadas ou elementos construtivos que já constavam do programa. Por vezes, durante a modelação certos elementos não faziam parte da biblioteca do programa, pelo que tiveram de ser inseridas manualmente, para corresponder ao que efetivamente tinha sido utilizado no edifício. Certos exemplos que se podem referir são o caso dos vãos envidraçados com acrílicos e as lajes de pavimento e de cobertura, onde foram inseridos um a um os materiais por forma a representar as diferentes camadas.

A modelação do edifício consistiu na produção de três blocos correspondentes aos três pisos, um bloco adiabático correspondente à ligação entre o edifício existente e o edifício em estudo, que na figura seguinte está representado a vermelho. Este bloco adiabático simula as condições reais do edifício, assim sendo estabelece uma barreira onde não se verificam trocas ou fluxos de calor. Posteriormente, foram introduzidos vários blocos, observados a verde nas figuras seguintes, que pretendem simular o terreno em volta do edifício (Figura 4.2). Numa das seguintes figuras é possível ver as traseiras do edifício onde é possível observar o piso da cave que é de um piso semienterrado (Figura 4.3).

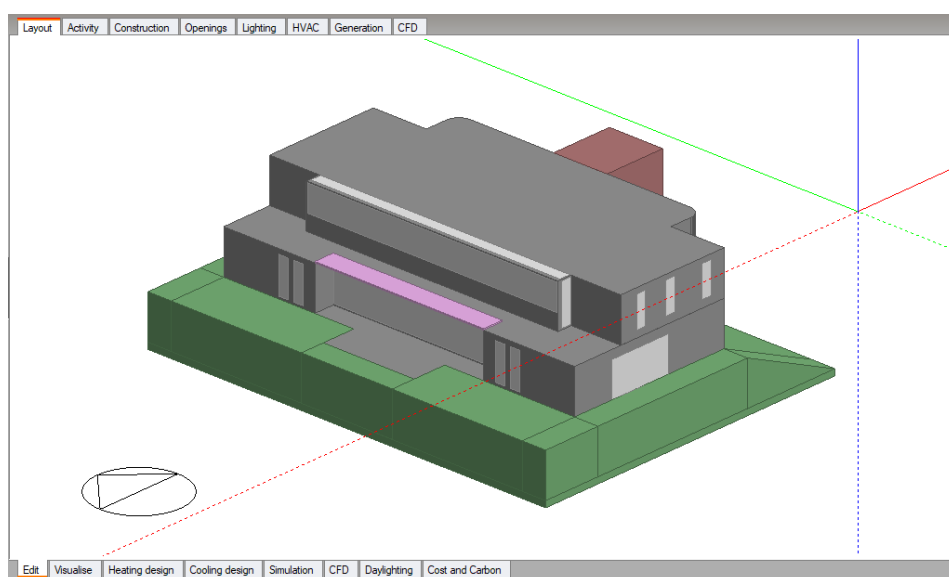


Figura 4.2 – Fachada

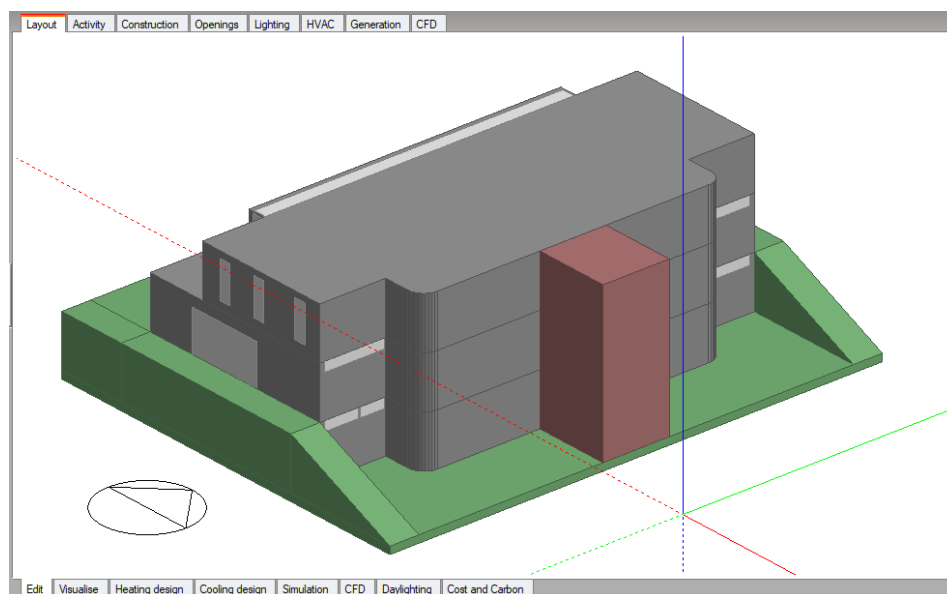


Figura 4.3 – Traseiras

Depois de finalizada a modelação, o edifício pode ser apresentado de duas formas, uma através de uma imagem foto-realística (Figura 4.4) onde se podem observar as texturas dos materiais inseridos, enquanto que a outra forma se apresenta como um modelo gráfico (Figura 4.5). Esta última opção revela-se ser uma mais valia durante a modelação, pois permite visualizar se os elementos construtivos estão corretamente inseridos nos locais.



Figura 4.4 – Rendered view

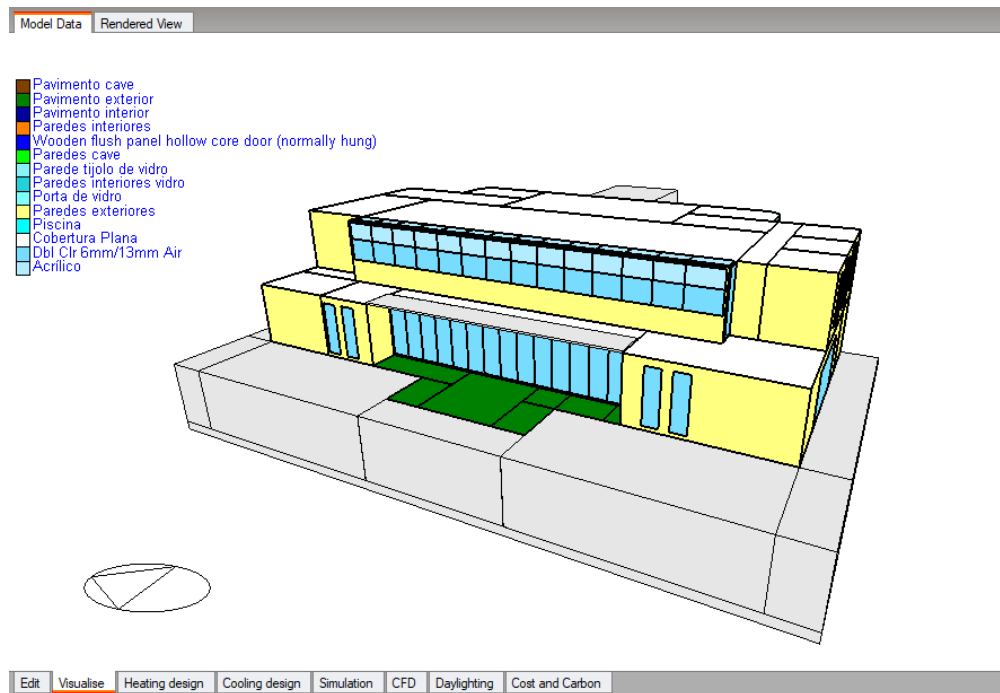


Figura 4.5 – Model Data

Atentando ao nível de cada piso é possível observar os diferentes elementos construtivos inseridos em cada bloco, como por exemplo paredes interiores, janelas, entre outros. A distribuição no espaço de cada compartimento em cada piso foi conseguida através de plantas retiradas do AutoCAD que por sua vez foram inseridas no programa, para assim ser possível modelar conforme construído. Ao nível da cave foi inserida uma superfície que pretende representar a piscina, assim como os diferentes compartimentos onde se realizam os tratamentos termais (Figura 4.6 a 4.8).

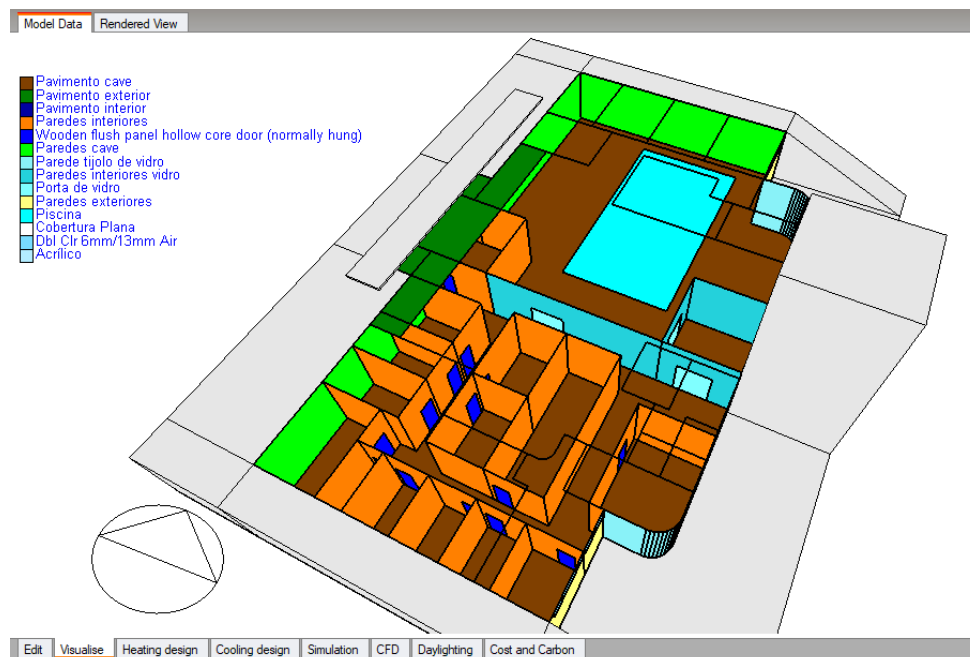


Figura 4.6 – Modelo da cave

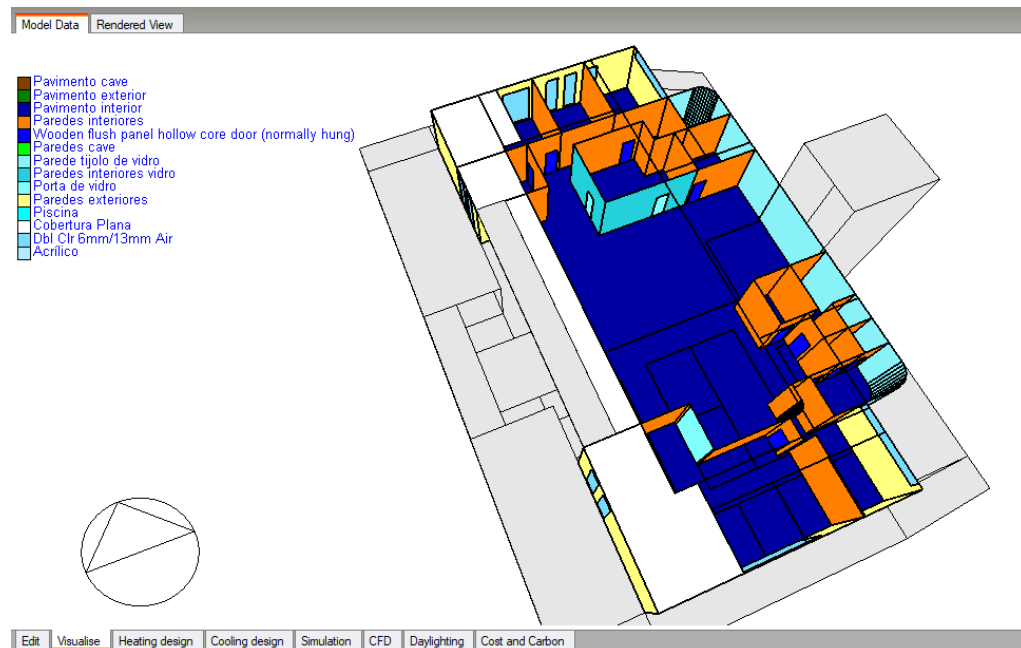


Figura 4.7 - Modelo do rés-do-chão

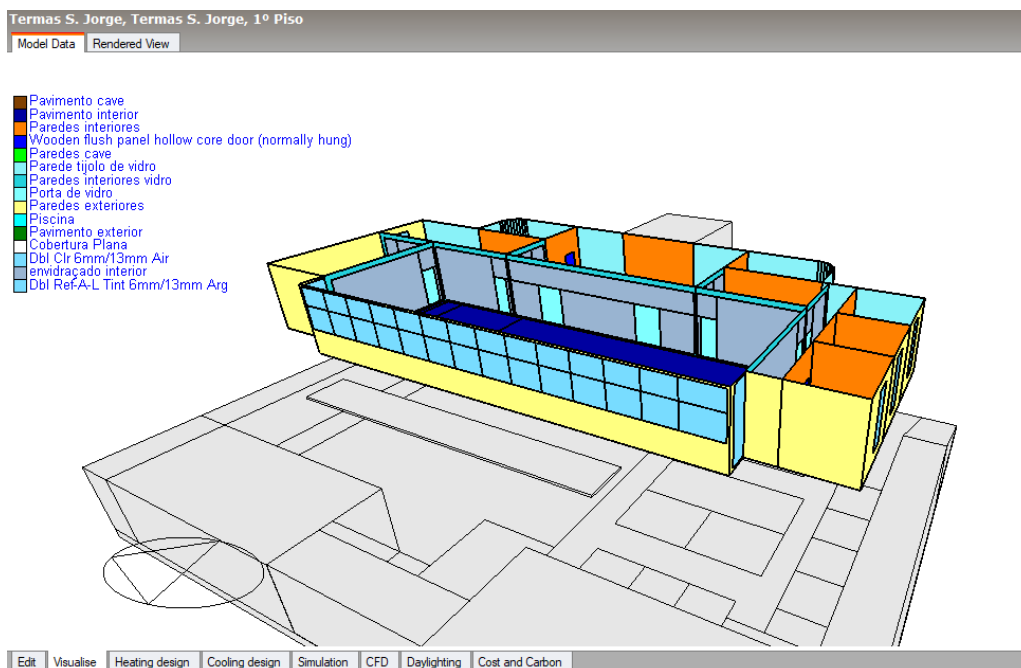


Figura 4.8 – Modelo do primeiro piso

4.2 SIMULAÇÃO

Inicialmente estava prevista a simulação de todo o edifício em estudo, no entanto, tratando-se de um edifício termal, a calibração do programa para a simulação de uma piscina interior, dependia da criação de certos artifícios, que tornariam o processo bastante moroso [8]. Neste contexto, optou-se por simular o 1º piso do edifício anexo, pois trata-se daquele que possui mais problemas de desconforto térmico, nomeadamente de sobreaquecimento. Os resultados das simulações foram, posteriormente, restringidos à sala de ORL, local onde efetivamente existem os problemas de sobreaquecimento, segundo as conclusões retiradas da monitorização. Destes resultados, foram utilizadas as temperaturas interiores e os ganhos solares através dos envidraçados exteriores da sala de ORL para, deste modo, apresentar as conclusões que de seguida irão dar forma às propostas de solução da segunda parte deste trabalho no âmbito da térmica de edifícios.

Assim, realizaram-se várias simulações, de onde se obteve vários conjuntos de valores de temperaturas interiores presentes na sala de ORL. Os resultados mais expressivos foram selecionados e dispostos na figura seguinte (Figura 4.9), para deste modo poder compreender melhor o comportamento térmico da sala em questão.

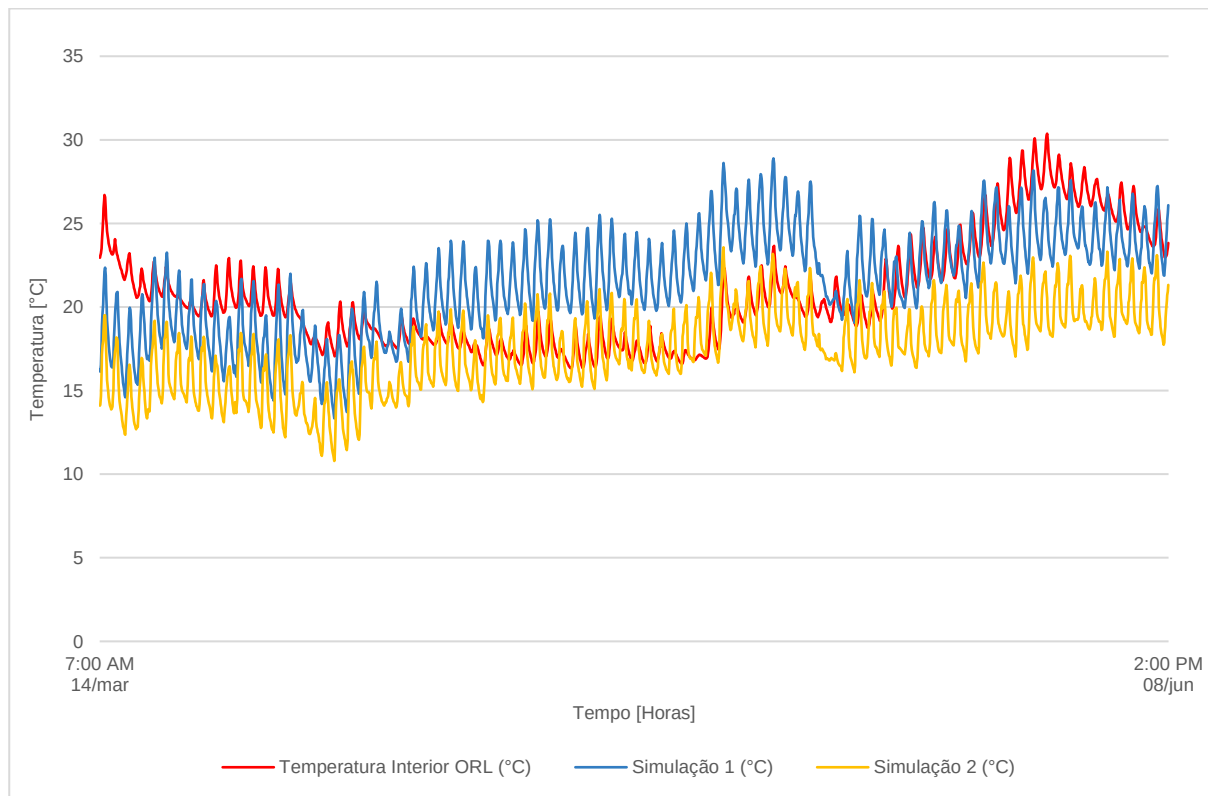


Figura 4.9 – Resultados das simulações da sala de ORL

Analisando o gráfico acima é possível observar três curvas, das quais a curva a vermelho diz respeito à curva da temperatura interior da sala de ORL retirada da monitorização e as restantes são fruto de simulações no Design Builder. A simulação 1 corresponde à tentativa de validação dos resultados, por comparação entre os valores obtidos pelo programa e os dados compilados das duas fases da monitorização. Esta simulação revela uma aproximação razoável dos resultados em termos de

configuração da curva. No entanto, numa situação ideal o edifício deveria ser considerado no seu conjunto, mas devido à impossibilidade de simular o edifício completo como explicado acima, apenas foi simulado o 1º piso, apresentando assim um erro associado a esta opção. Este facto pode levar a conclusões erróneas, pelo que se deve ter cuidado com as suas interpretações. Um aspeto de salientar prende-se com as temperaturas iniciais registadas pela monitorização serem ligeiramente elevadas devido ao edifício estar em funcionamento. O início da monitorização coincidiu com o período anterior ao encerramento das instalações das Termas de S. Jorge, pelo que a piscina ainda se encontrava em funcionamento, elevando assim as temperaturas interiores registadas.

Outro aspeto não passível de controlo consiste no facto da estação meteorológica mais próxima distar alguns quilómetros da localização do complexo termal, o que pode induzir a um erro significativo relativamente à radiação solar e consequentes ganhos solares para o edifício. Um exemplo da importância deste fator pode ser explicado por uma situação em que na estação meteorológica esteja com algumas nuvens no céu, enquanto que nas Termas isto pode não se verificar, e vice-versa.

A simulação 2, por sua vez, diz respeito à análise realizada que teve como intuito provar que a redução do fator solar dos vidros implicaria uma diminuição substancial dos ganhos solares e logo, das temperaturas registadas no interior da sala de ORL. Nesta simulação foram substituídos todos os vidros das caixilharias localizados na varanda da sala de ORL, bem como os acrílicos dispostos, em parte na zona frontal e a outra metade na cobertura, simulando assim os redondos em acrílico que existem na realidade. Deste modo, reduziu-se o fator solar dos vãos envidraçados da sala de ORL de 0,703 para 0,136, o que culminou numa diminuição dos ganhos solares, através dos envidraçados exteriores, de 21 093,95 kWh para 816 kWh, com efeito imediato nas temperaturas interiores da sala de ORL. Esta avaliação corresponde ao somatório dos ganhos solares num período de 14 de março a 8 de junho, o mesmo período da monitorização. Em contrapartida diferente do período da simulação que começa a 1 de janeiro e termina a 30 de junho, para que a simulação esteja compreendida num intervalo maior e assim não interfira no algoritmo do programa. Conclui-se ainda que esta alteração resulta numa diminuição de cerca de 26% dos ganhos solares, comparando as duas simulações.

Analisando uma outra perspetiva, foi selecionado o dia 7 de maio às 17h, pois este corresponde a um dos dias de um período em que a sala de ORL estava com temperaturas elevadas. Assim, permitiu concluir que numa abordagem mais específica é possível reduzir em cerca de 23% os ganhos solares através dos envidraçados voltados a poente, tendo repercussões diretas nas temperaturas interiores registadas.

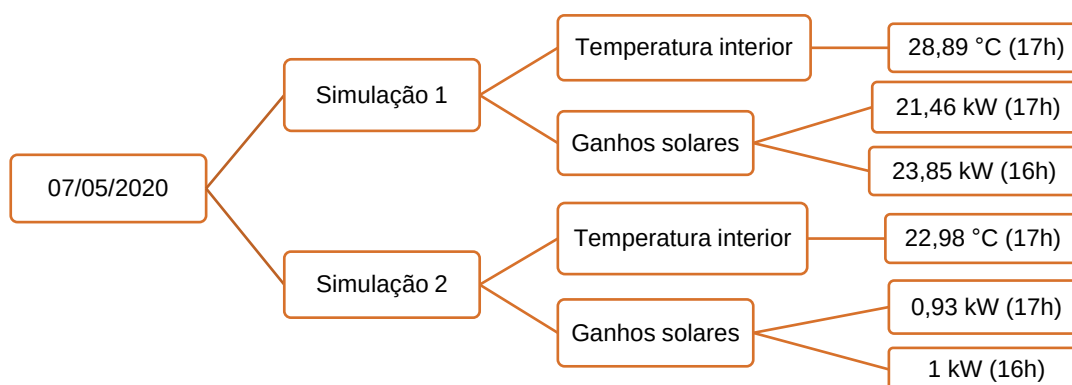


Figura 4.10 – Organograma dos resultados das simulações

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado das simulações efetuadas permitiu provar que apenas reduzindo o fator solar dos vãos envidraçados, se consegue reduzir substancialmente os ganhos solares através dos mesmos e evitar ou minimizar o risco de sobreaquecimento. Como os ganhos solares apresentam relação direta com as temperaturas interiores registadas podem ser um ponto fulcral de análise para resolver problemas de sobreaquecimento, neste contexto outro noutro similar. Nesta análise não está contemplada a alteração das caixilharias, a colocação de dispositivos de proteção solar ou sombreamento, como por exemplo estores ou lâminas de sombreamento exteriores, que seriam medidas complementares a este estudo, podendo ser usadas em simultâneo.

5

PROPOSTAS DE SOLUÇÃO

5.1 RESOLUÇÃO DE ANOMALIAS CONSTRUTIVAS

No terceiro capítulo, foi desenvolvido o levantamento e análise das possíveis causas das anomalias construtivas encontradas no objeto de estudo, de modo a que, no presente capítulo fosse possível expor uma proposta de resolução para cada anomalia, que melhor se adapte a cada situação. Tendo em vista uma análise exigencial, pretende-se aconselhar a melhor proposta de resolução com base nos dados recolhidos em capítulos anteriores, assim como a melhor forma de execução das reparações, eliminando assim os erros e falhas construtivas que deram origem a grande parte das anomalias construtivas encontradas. Apesar de não ser aconselhada uma análise prescritiva, por vezes são enunciados alguns materiais tipo que podem ser utilizados nas reparações e que atualmente se encontram disponíveis no mercado. Estes materiais podem sempre ser substituídos por outros com características semelhantes, sendo referidos apenas a título de exemplo. Para isso, devem compreender certas características, como propriedades químicas, especificações técnicas, acabamento final, qualidade e durabilidade. A organização das propostas de solução foi elaborada à semelhança do terceiro capítulo, listadas em subcapítulos, salvo certas exceções que por terem resoluções semelhantes são desenvolvidas em conjunto para evitar repetições desnecessárias.

5.1.1 ANOMALIAS DECORRENTES DE HUMIDADE

Após a análise das duas anomalias referentes a humidades – vidros ressoados/partidos e gotas de condensação em tetos – a conclusão apontada revela problemas no sistema de ventilação, o que provoca instabilidade da concentração de vapor de água nos espaços. Da mesma forma que afeta a humidade, também afeta a temperatura interior dos espaços, devido à inércia térmica que impossibilita a dissipação normal do calor produzido no interior. Em situação de funcionamento, estes problemas agravam-se, uma vez que o edifício apenas possui um dia e meio encerrado, sem tratamentos, para ter oportunidade de estabilizar o ambiente interior, o que não se revela suficiente. Neste caso, a associação de sistemas de ventilação é essencial, pois como se trata de um piso semienterrado possui poucas janelas e estas só se encontram de um lado, voltadas a nascente. Este aspeto provoca desequilíbrio entre a entrada e a saída de ar, que ocorre do mesmo lado, enquanto que a situação ideal seria o ar novo entrar, varrer os compartimentos e sair pelo lado oposto. Esta situação pode ser criada artificialmente pela associação de equipamentos que insuflam ar novo do lado enterrado, fazendo uma corrente de ar novo que depois de percorrer todos os compartimentos/espacos, saia pelas janelas ou grelhas de ventilação do lado oposto, como já referido. A melhor situação para o controlo dos caudais de entrada e saída, deve ser aquela que não dependa dos utilizadores, por exemplo, as janelas podem ser abertas ou fechadas por quem utiliza os espaços, o que se torna um inconveniente. Numa situação em que os caudais têm de ser definidos,

utilizar equipamentos como por exemplo as grelhas de ventilação, funciona melhor visto que não podem ser removidas ou fechadas, estabilizando os caudais de entrada e saída durante o funcionamento e a renovação de ar dos espaços constante. As grelhas podem ser introduzidas nas paredes exteriores, pertencer ao sistema da caixilharia ou até mesmo junto às caixilharias, através de grelhas retangulares posicionadas no topo superior ou inferior. Esta variedade de soluções permite estudar o que melhor se adapta em termos de estética para o edifício, como também definir um caudal fixo que se pretende extrair ou insuflar ou um caudal variável se estas grelhas forem auto-reguláveis.



Figura 5.1 – Grelha de ventilação [9] (esquerda) e caixilharia com sistema de ventilação [10] (direita)

5.1.2 ANOMALIAS EM REVESTIMENTOS EXTERIORES

5.1.2.1 FISSURA E DESTACAMENTO

O revestimento exterior apresenta várias patologias, dentro das quais se inserem: fissuras, destacamentos e empolamentos. Dada a impossibilidade de reparar ponto a ponto o revestimento, existem duas opções a considerar: i) inspeção geral ao revestimento exterior das fachadas, identificando zonas onde existem fissuras, destacamentos e empolamentos e posteriormente planejar uma intervenção por pano de fachada e neste caso, podem definir-se áreas mais extensas que os pontos onde ocorrem as anomalias, mas sem necessariamente estender a intervenção a toda a área das fachadas; ii) reparação da totalidade da fachada optando por retirar a marmorite de toda a área exterior onde se encontra aplicada, picar e proceder à aplicação de um novo tipo de revestimento, onde se preveja a eventual aplicação de isolamento térmico pelo exterior. Uma questão a ter em conta aquando da intervenção é a utilização de revestimentos contínuos ou a colocação de juntas/travamentos, que permitam a mobilidade dos materiais. Tendo em vista a manutenção da fachada e toda a componente estética a ela associada, é necessário apresentar uma proposta que não comprometa estes pontos. Partindo deste princípio, é necessário estudar dentro das opções disponíveis no mercado a melhor solução que contemple melhorias térmicas e traga também vantagens ao funcionamento e conforto do edifício.

5.1.2.2 RECOBRIMENTO INSUFICIENTE

A presente anomalia merece um cuidado acrescido na sua execução, para que no futuro não volte a levantar problemas deste género nas zonas reparadas. Sempre que um destacamento envolve exposição de armadura significa que a sua componente estrutural pode estar afetada, pelo que na reparação é essencial promover a aderência entre a armadura e nova argamassa que será aplicada. Após algumas pesquisas foi possível encontrar um método de reparação, muito comum no mercado. A ficha técnica dos materiais aconselha a seguinte ordem de trabalhos para preparação do local alvo de intervenção, seguindo-se da aplicação dos produtos:

- Picar o betão ou revestimento na envolvente;
- Decapar a armadura (remover a ferrugem da superfície);
- Limpar a superfície para isenção de poeiras;
- Aplicar revestimento epóxi do tipo SikaTop Armatec – 110 EpoCem [11] para proteção anticorrosiva e aderência entre a armadura e a argamassa de reparação, aplicação a trincha;
- Aplicar argamassa de reparação estrutural da classe R4 (EN 1504-3), do tipo Sika MonoTop – 412 S [12], com uma espessura entre 6 mm e 50 mm;
- Por último, aplicar argamassa de regularização Sika MonoTop – 620 [13], com uma espessura entre 1,5 mm e 5 mm.

5.1.3 ANOMALIAS EM REVESTIMENTOS INTERIORES

5.1.2.1 FISSURA

A conclusão da análise relativamente às fissuras de pavimento nos cerâmicos da entrada do edifício anexo, evidenciou deformabilidade devido a dilatações térmicas do pavimento causadas pelas diferenças de temperatura a que o edifício está sujeito. Não é garantido que no futuro esta anomalia não volte a formar-se, no entanto, aplicar um cimento cola flexível que permita deformabilidades por meio de tensões, sem comprometer a estrutura do suporte e a aderência do cerâmico é um fator positivo que deve ser tido em conta nestas situações. Esta característica pode ser avaliada pelo módulo de elasticidade do produto. Em termos de reparação, o que se sugere passa pela seguinte ordem de operações:

- Retirar os cerâmicos partidos;
- Picar cimento cola velho até à betonilha e limpar o suporte;
- Garantir que o suporte se apresenta consistente, limpo, seco e livre de irregularidades;
- Aplicar cimento cola do tipo webercol flex L [14], com uma espessura limite máxima de 20 mm;
- Assentamento de cerâmicos, podem ser do mesmo tipo dos existentes, com juntas maiores ou iguais a 2 mm;
- Betumação de juntas.

5.1.2.2 MANCHA

A presente anomalia está registada como sendo uma infiltração no tardo da parede exterior, segundo os dados recolhidos e posterior análise desenvolvida no quarto capítulo. Leva a crer que esta é uma situação com duas soluções disponíveis, camuflagem ou selagem das fissuras de onde provém a infiltração. A camuflagem passa por disfarçar de tempos a tempos a anomalia, raspando e pintando a área afetada, mas nunca a resolvendo por completo. No entanto, pode ser equacionada uma outra opção mais invasiva, contudo definitiva. Esta segunda opção requer a remoção de todas as camadas de revestimento até ao reboco da parede, posteriormente, após o local estar limpo e seco, aplicar uma

argamassa de selagem de fissuras e fugas de água do tipo weber.dry stop [15] pressionando contra a parede durante alguns minutos. Depois de seca aplicar o revestimento normalmente.

5.1.2.3 FISSURA PISCINA

A fissura do fundo da piscina é uma anomalia que revela caracter urgente na sua resolução, pois para além da piscina não ser estanque, a fissura pode estar em desenvolvimento o que pode levantar problemas maiores num futuro próximo. O mais indicado seria, no próximo encerramento proceder á sua reparação. Para isto, indica-se de seguida a ordem dos trabalhos necessários a cumprir:

- Remoção da partilha de toda a área do fundo da piscina e também nas paredes se revelar indícios de fissuração;
- Remoção de detritos, limpeza do local e regularização do suporte;
- Aplicar argamassa de selagem de fissuras e fugas de água do tipo weber.dry stop [15] pressionando contra o suporte durante alguns minutos;
- Assentamento da pastilha e betumação de juntas com resina epóxi do tipo weberepox easy [16] recomendada para colagem de revestimento e betumação de juntas em piscinas.

5.1.4 ANOMALIAS EM INSTALAÇÕES

No caso das instalações não há muito a sugerir sem ser a substituição dos equipamentos que não funcionam por outros equivalentes, mas atuais no mercado. Porém, os equipamentos de ar condicionado do 1º piso e os desumidificadores da cave são uma exceção, devido às propostas de solução referidas, estes equipamentos não são necessários. Acrescenta-se ainda que, se estes tipos de equipamentos fossem novamente colocados iriam obter o mesmo fim que os anteriores, pois são incompatíveis com o ambiente em que estão inseridos. Estes tipos de equipamentos poderiam ser fabricados especialmente para esta função, mas não iria compensar em termos financeiros. Logo, o melhor seria investir num eficiente método de ventilação e renovação de ar na cave e em dispositivos de melhoria do conforto térmico do 1º piso. Concluindo, estas soluções apresentam o mesmo objetivo que os equipamentos e acabam por ser uma mais valia financeiramente.

5.1.5 ANOMALIAS POR CORROSÃO

5.1.4.1 PEÇAS METÁLICAS, CONDUTAS E GRELHAS

Os elementos metálicos que se encontram degradados, nomeadamente as ferragens dos envidraçados interiores, necessitam de substituição, devido a imposições estéticas, pelo mesmo material ou por outro material mais resistente. Após contactos com empresas vendedoras deste tipo de ferragens, é possível fazer uma avaliação entre a qualidade do material e o custo associado a esse material. Para isto, utilizei uma peça metálica das portas em vidro comuns no edifício, como referência. De seguida, é apresentada a avaliação em causa:

- Latão = 11,78 €/unidade;
- Aço inox comum = 32,50 €/unidade;
- Aço inox AISI 316 = 42,25 €/unidade.

Deste modo, podemos concluir que o investimento em peças de alta resistência à corrosão é bastante significativo, no entanto, cabe ao dono de obra avaliar se este investimento é proveitoso para o futuro do edifício ou não. Podendo se passar o que já é comum no edifício que passa por trocar um certo número de peças de tempos a tempos, quando acharem mais necessário.

O mesmo se pode aplicar a condutas, grelhas, rebites e/ou parafusos que se encontrem corroídos e que podem causar mau funcionamento dos sistemas, ao mesmo tempo que degradam a imagem do edifício passando uma imagem pouco cuidada.

5.1.6 ANOMALIAS EM COBERTURAS

5.1.5.1 COBERTURA PLANA INACESSÍVEL

A cobertura apresenta um sério problema de impermeabilização. O processo de reparação da cobertura implica ser feito na estação do verão para os materiais a aplicar e o suporte onde serão aplicados estarem completamente secos e limpos, para assim se proceder aos trabalhos. Os passos para a sua reparação serão preferencialmente os seguintes:

- Retirar o godo, o isolamento térmico XPS e as camadas de impermeabilização;
- Assegurar que o suporte se encontra limpo, seco e sem irregularidades;
- Colocar as novas camadas de impermeabilização, agora com maiores sobreposições entre telas e maior comprimento nas dobragens;
- Dobrar a tela na platibanda de forma a ficar sob o rufo, esta sobreposição garante que não se infiltre água na parte de trás da tela;
- Colocar novo isolamento térmico XPS com 4 cm de espessura, de acordo com o projeto inicial, pois este encontra-se degradado devido a uma proteção deficiente;
- Reaplicação do godo existente, pois este encontra-se em bom estado de conservação.

5.1.5.2 COBERTURA TRADICIONAL INCLINADA

A cobertura tradicional de madeira apresenta várias patologias derivadas essencialmente por falta de manutenção. A degradação da madeira, a falta de impermeabilização, indícios de rotura nas ligações entre as asnas e as madres podem comprometer a componente estrutural de cada elemento. Claro está que é necessário um estudo mais aprofundado sobre o estado de conservação da madeira e a realização e ensaios é de extrema relevância para conhecer os esforços que cada elemento suporta, para assim poder estudar melhor a intervenção a seguir. Todavia, este processo sai do âmbito da reabilitação do edificado e entra na área da reabilitação estrutural, que deve ser a primeira área a ser estudada quando se envereda pela reabilitação. Assim, serão enunciadas algumas medidas que deverão ser alvo de um estudo mais cuidado, por um especialista em Estruturas de madeira. Deste modo, de seguida são listadas algumas linhas possíveis de reparação:

- Avaliação das condições de conservação da madeira;
- Tratamento/remoção da madeira apodrecida;
- Reforço estrutural das ligações entre as asnas e as madres em pontos onde se evidencia rotura ou indícios dela, por ventura, reforço com estruturas metálicas;
- Substituição de telhas cerâmicas partidas.

5.2 MELHORIA DO CONFORTO TÉRMICO E DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O complexo termal das Termas de S. Jorge, à semelhança de outros complexos termais, tem de fazer face a encargos elevados no que diz respeito a faturas de energia, sobretudo se necessitarem de aquecer a água termal para realizarem os tratamentos, como é o caso. Para além deste encargo, ainda é obrigatório satisfazer as necessidades de ventilação, renovação do ar interior e aquecimento ou arrefecimento do espaço interior. Neste contexto sugere-se a implementação de várias medidas cujo objetivo passa por melhorar o conforto dos utilizadores, mas sobretudo tornar as Termas de S. Jorge num complexo mais sustentável e autossuficiente com produção de energia para satisfazer as necessidades diárias.

Com vista a resolver os problemas de sobreaquecimento do 1º piso do edifício anexo, em concreto na sala de ORL, devido a fatores arquitetónicos e à orientação a poente do edifício, sugere-se a substituição do arco em acrílico da caixilharia. Para isto foram encontradas duas opções: (i) colocação de caixilharia inclinada com vidros de controlo solar (baixa emissividade); (ii) colocação de um elemento opaco horizontal. No primeiro ponto, pretende-se substituir o arco por um elemento plano, mas mantendo a opção de caixilharia utilizada. Enquanto que no segundo ponto, o arco é substituído por um elemento opaco horizontal que pode ser tanto de betão armado como em estrutura e revestimento metálico, ambas as soluções com isolamento térmico para corresponder às exigências térmicas.

Existem outras três opções para melhoria do conforto térmico na sala de ORL do 1º piso:

- Substituição total ou parcial dos restantes vãos envidraçados por uma solução de vidros de controlo solar (baixa emissividade);
- Dispositivos de proteção solar;
- Sistemas de arrefecimento.

Em destaque é apresentada a solução abordada neste trabalho, em concreto no capítulo sobre as análises em *software*, que passa substituir os vidros existentes por vidros de controlo solar. Em segundo lugar, adotar uma solução de estores, blackouts ou lâminas de sombreamento, todas pelo interior, pois para além de serem soluções reguláveis pelos utilizadores, também não perturbam a estética da fachada, pois não são feitas alterações no exterior do edifício.

Na impossibilidade de recolher dados relativos aos caudais de águas residuais termais que provêm dos equipamentos associados aos tratamentos termais, devido ao encerramento das instalações, nada se pode concluir quanto à eficiência de equipamentos como permutadores e bombas de calor. No entanto, pode-se constatar o facto da irregularidade da quantidade de tratamentos ao longo de um ano, o que se pode tornar num ponto negativo quando se estuda a mais valia destes equipamentos no contexto de uma estância termal. Isto revela uma enorme dependência entre o funcionamento dos tratamentos e a eficiência de tais equipamentos, o que neste contexto não se justifica devido à necessidade constante de aquecimento central do edifício, revelando-se limitador.

A falta de registos por parte das Termas de S. Jorge sobre o número de tratamentos que desempenha por mês ou por ano, também limita o estudo relativo a estes equipamentos, tornando assim a análise vaga e pouco conclusiva.

Deste modo, conclui-se que utilizar painéis solares aliados às caldeiras existentes como equipamentos de apoio se revela a melhor opção. Não só por não depender do número de equipamentos a funcionar e na quantidade de água termal necessária para permutar a sua energia térmica e transformar em energia, mas porque os picos de funcionamento do complexo termal se situam nos meses de grande exposição solar. A época termal desta estância em particular implica que nos meses de inverno, dezembro e janeiro,

as Termas estejam encerradas, no entanto é fundamental que o aquecimento central esteja operacional para que durante o inverno os edifícios mantenham a sua estrutura amena e não desenvolvam grandes diferenciais de temperatura ano após ano. Para isto, as caldeiras podem funcionar sozinhas em regime mínimo para desempenhar esta função. Segundo testemunhos da administração das Termas de S. Jorge, houve um ano em que se procedeu ao teste de desligar as caldeiras durante os meses de encerramento, o que culminou num arrefecimento drástico do edifício, que por sua vez agravou certas anomalias como por exemplo as fissuras apresentadas.

Esta solução não só retira quase metade da dependência do gás natural das Termas de S. Jorge, que demonstra ser o encargo mais relevante neste estudo, superior à fatura da eletricidade, como também, devido ao modo de funcionamento das termas se revela ser um sistema independente e eficiente quando programado para operar com esta dinâmica de funções durante o ano.

5.3 RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Após este estudo, que culminou na análise de todo o material recolhido e também de vários estudos em paralelo, a conclusão mais evidente é o facto desta estância termal precisar urgentemente de intervenção. Prevê-se que no futuro seja ponderada a intervenção ao edifício anexo. Por outro lado, entende-se que seria mais urgente realizar uma intervenção na cobertura inclinada do edifício existente, pois a mesma se encontra com elevados níveis de degradação. No entanto, apesar dos elevados encargos anuais com energia, é possível o edifício continuar em funcionamento estando completamente operacional, tendo como único entrave as anomalias registadas que se podem tornar mais graves e de resolução menos expedita.

Salienta-se que é fundamental uma reabilitação do edificado para promover um futuro sem problemas estruturais, funcionais e mesmo de características estéticas, sendo esta última tão relevante quanto as anteriores.

A otimização da parte edificada com recurso à implementação de sistemas é deveras relevante com vista a melhorar a eficiência energética dos edifícios. No entanto, estes estudos e mesmo a instalação de sistemas só deverão ser equacionados após uma reabilitação substancial do complexo termal. Tem certa lógica uma intervenção com esta ordem de trabalhos, visto que os sistemas devem ser pensados para complementar a parte edificada, melhorando o seu desempenho, e não para colmatar deficiências existentes nos edifícios. Este seria um mau investimento financeiro com repercussões no funcionamento dos sistemas, não resolvendo os problemas existentes, apenas os disfarçando.

6

CONCLUSÃO

6.1 CONCLUSÕES PRINCIPAIS

Realizado o presente trabalho, a autora espera que o mesmo possa representar um contributo válido para a instituição das Termas de S. Jorge, proporcionando assim um documento que poderá servir de base para intervenções futuras com vista à resolução das anomalias construtivas descritas neste trabalho. Conforme se demonstrou, o edifício apresenta um leque de anomalias, de carácter estético e funcional, que têm as origens mencionadas nos capítulos anteriores.

Posto isto, apresentou-se não só soluções de correção destas anomalias, mas também propostas para a melhoria da eficiência energética, inseridas no âmbito de requalificação do edifício termal.

Um dos entraves a uma análise mais precisa foi o facto de existirem muitas incongruências entre a memória descritiva e o que realmente se encontra construído e instalado no edifício, o que dificultou a compreensão e levantamento do mesmo. A título de exemplo, neste contexto era uma mais valia anexar ao processo o registo fotográfico aquando da construção e, se possível, nas várias fases da obra. Assim, mesmo que existam alterações ao projeto, é possível ter em mãos esta informação detalhada o que se revela bastante proveitoso quando existem estudos desta natureza passados vários anos após a construção. Deste modo, foi necessário o cruzamento de informações de vários documentos, arquivos, testemunhos e alguns registos fotográficos existentes aquando da construção, para efetivamente comprovar as tecnologias construtivas executadas e os equipamentos hidráulicos e mecânicos instalados.

O modelo desenvolvido no *software* Design Builder, apesar de não ter sido aproveitado na sua plenitude neste presente trabalho, pode servir de base de trabalho para estudos complementares de natureza térmica e de sistemas mecânicos, na área da eficiência energética.

Concluindo, a autora pensa que os objetivos inicialmente propostos foram ambiciosos, e que dadas as circunstâncias em que o trabalho foi desenvolvido e os contratempos que teve de enfrentar, estes mesmos objetivos foram na sua grande maioria atingidos, alguns beneficiando de uma análise mais aprofundada e mais pormenorizada do que outros. Neste sentido, entende-se que o trabalho realizado pode constituir uma base de trabalho, já razoavelmente detalhada, para eventuais estudos futuros.

6.2 PERSPETIVAS FUTURAS

As possibilidades de melhoria do edifício das Termas de S. Jorge são imensas e neste trabalho foram abordadas algumas áreas das quais é possível intervir para beneficiação do balneário. Deste modo, em complementaridade com o presente estudo térmico, a autora entende que a nível de sistemas mecânicos existem vários estudos que seriam relevantes de ser conduzidos no futuro, com o objetivo de melhorar a eficiência energética do complexo termal, por conseguinte reduzindo os gastos com energia.

Alguns dos estudos que na ótica da autora seriam aconselhados passam pela medição de caudais de águas residuais termais a uma temperatura superior a 30 °C, para estudar a viabilidade da implementação com vista ao reaproveitamento da energia térmica presente nessas águas. Por outro lado, no âmbito dos ganhos solares e de radiação, entende-se que um estudo de dispositivos de proteção solar como a renovação do sistema de estores existente ou a implementação de lâminas de sombreamento pelo interior seriam de relevo, pois ao longo deste trabalho comprovou-se que se trata de um edifício com problemas de sobreaquecimento.

No capítulo 3 demonstrou-se que a fatura com o gás natural representa a maior porção dos gastos anuais com energia, sendo assim uma área de especial interesse para a administração das Termas de S. Jorge. Com vista a complementar as propostas efetuadas anteriormente, a autora recomenda a realização de um estudo de viabilidade da instalação de um sistema de painéis solares, com o objetivo de tornar as caldeiras um elemento secundário na produção de água quente termal, em vez de um elemento principal como acontece atualmente. Posto isto, para a execução de um estudo de viabilidade será necessário o dimensionamento destes sistemas e posterior previsão do investimento inicial e, avaliar as eventuais poupanças no decorrer da sua utilização, de forma a tornar possível uma análise técnico-económica.

REFERÊNCIAS

- [1] < <https://www.galp.com/corp/pt/sustentabilidade> > 10/04/2020
- [2] < <http://www.socturfeira.pt/> > 10/04/2020
- [3] < <https://www.termas-sjorge.com/> > 10/04/2020
- [4] Branco, Jorge; Lourenço, Paulo. Coberturas Tradicionais de Madeira. Caracterização, Inspeção e Classificação. Universidade do Minho, 2014
- < <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/31294/1/Coberturas%20Tradicionais.pdf> >
- [5] Oliveira, Luís [et al.] Manual de Boas Práticas dos Estabelecimentos Termais. Associação das Termas de Portugal, 2009
- [6] Calejo, Rui. Manutenção de Edifício. Análise e Exploração de um Banco de Dados sobre um Parque Habitacional. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Construções, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 1989
- [7] < <https://www.wunderground.com/dashboard/pws/ISANGU2> > 11/05/2020
- [8] P. Rajagopalan and M.M Andamon (eds.), Engaging Architectural Science: Meeting the Challenges of Higher Density: 52nd International Conference of the Architectural Science Association 2018, pp.683–690. 2018, The Architectural Science Association and RMIT University, Australia.
- [9] < <https://pt.topeca.pt/catalogo/ferramentas/grelhas-ventilacao/> > 15/06/2020
- [10] < <http://aluplasto.pt/uploads/pdfProdutos/renson/sonovent.pdf> > 15/06/2020
- [11] < https://prt.sika.com/content/dam/dms/pt01/l/sikatop_armatec_-110epocem.pdf > 15/06/2020
- [12] < https://prt.sika.com/content/dam/dms/pt01/9/sika_monotop_-412s.pdf > 15/06/2020
- [13] < https://prt.sika.com/content/dam/dms/pt01/h/sika_monotop_-620.pdf > 15/06/2020
- [14] < https://www.pt.weber/files/pt/2019-03/FichaTecnica_webercolflexL.pdf > 15/06/2020
- [15] < https://www.pt.weber/files/pt/2019-04/FichaTecnica_weberdrystop.pdf > 15/06/2020
- [16] < https://www.pt.weber/files/pt/2019-05/FichaTecnica_weberepoxyeasy.pdf > 15/06/2020

BIBLIOGRAFIA

Arquivos da Câmara Municipal de Santa Maria da Feira

< <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/31294/1/Coberturas%20Tradicionais.pdf> >

Calejo, Rui. Manutenção de Edifício. Análise e Exploração de um Banco de Dados sobre um Parque Habitacional. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Construções, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 1989

P. Rajagopalan and M.M Andamon (eds.), Engaging Architectural Science: Meeting the Challenges of Higher Density: 52nd International Conference of the Architectural Science Association 2018, pp.683–690. 2018, The Architectural Science Association and RMIT University, Australia.

<https://designbuilder.co.uk/helpv2/Content/_Natural_ventilation_modelling.htm>

<https://designbuilder.co.uk/helpv4.2/Content/Block_and_Zone_Dimensions.htm>

<http://www.oasrn.org/3R/conteudos/areareservada/areareservada7/jose%20aguiar_SBTA_RVMTAC_FINAL.pdf>

Ferreira, Joana. Técnicas de Diagnóstico de Patologias em Edifícios. Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2008/2009 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008