



**FÁBIO JORGE
DIAS MATEUS**

**Termografia em diagnóstico de revestimentos em
azulejo**



**FÁBIO JORGE
DIAS MATEUS**

**Termografia em diagnóstico de revestimentos em
azulejo**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica da Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e do Doutor Luís Filipe Mariz de Matos Ferreira, Investigador da Unidade de Investigação GEOBIOTEC da Universidade de Aveiro.

Aos meus pais.

o júri

presidente

Professor Doutor Carlos Daniel Borges Coelho
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

Doutor Luís Manuel Cordeiro Matias
Investigador Auxiliar do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Professora Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

Doutor Luís Filipe Mariz de Matos Ferreira
Bolseiro Pós-Doutoramento da Unidade de Investigação GEOBIOTEC da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Em poucas palavras deixo o meu profundo e sincero agradecimento a todos os que contribuíram para a realização deste trabalho.

À Professora Ana Velosa pela sua orientação, inspiração, motivação, disponibilidade e partilha de conhecimento.

Ao Investigador Luís Ferreira pela sua coorientação e pelo seu incentivo, estímulo, partilha de conhecimento e constante acompanhamento do trabalho realizado. Sem a sua ajuda não seria possível o cumprimento dos objetivos propostos.

À Câmara Municipal de Ovar (CMO), mais concretamente à Doutora Isabel Ferreira do Atelier de Conservação e Restauro do Azulejo (ACRA) pela sua simpatia, disponibilidade e auxílio nos estudos realizados nas diversas fachadas da Cidade de Ovar, por conceder os azulejos necessário para a realização do trabalho laboratorial e por facultar a sua obra "Azulejos tradicionais de fachadas em Ovar" que me ajudou e inspirou na realização deste trabalho.

Ao projeto de investigação "projeto azulejar - conservação de azulejaria de fachadas" (PTDC/ECM/101000/2008) pela disponibilidade do equipamento e acesso à informação.

À Engenheira Maria Figueiredo e Victor Rodrigues, do laboratório do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, pela disponibilidade e ajuda prestada nos trabalhos realizados no laboratório e pela boa disposição e bom ambiente de trabalho que proporcionaram.

À Empresa DDL Argamassas pelo interesse e acompanhamento do trabalho e pelo fornecimento de material para a realização do trabalho laboratorial.

A todos os meus amigos pela amizade e pelo seu apoio, com um agradecimento especial para a Cátia Alves e para o Filipe Ferreira pela sua compreensão, pela sua paciência e pelo constante incentivo.

Por fim, o meu profundo reconhecimento e agradecimento aos meus queridos pais, Jorge Mateus e Emília Dias, pelo seu amor e amizade incondicional, bem como pelo seu esforço e sacrifício que fazem para me proporcionar um futuro melhor. Sem vocês este trabalho não seria possível.

palavras-chave

termografia de infravermelhos, fachadas históricas, azulejos, argamassa, humidade, capilaridade, temperatura.

resumo

O diagnóstico é uma ferramenta essencial para a preservação do património no geral e do azulejo em particular, sendo que se procedeu ao estudo da funcionalidade das argamassas de assentamento pelo que se utilizou a termografia de infravermelhos como meio de diagnóstico não destrutivo em fachadas históricas com azulejo, com o objetivo de analisar os fluxos térmicos enquanto manifestações de degradações na argamassa de assentamento. Procedeu-se ao registo das degradações antes e depois da remoção de azulejos das fachadas.

Realizaram-se ainda ensaios laboratoriais para permitir uma compreensão dos fenómenos observados em campo. Este estudo baseou-se na execução de um sistema de revestimento para simulação de degradações. Caracterizaram-se os materiais utilizados na execução desse sistema através da realização de ensaios.

O conteúdo deste estudo fornece fortes evidências de que a termografia infravermelha é uma técnica eficaz no diagnóstico de anomalias em fachadas históricas, concretamente da funcionalidade das argamassas de assentamento.

keywords

infrared thermography, historic facades, tiles, mortar, humidity, capillarity, temperature.

abstract

Diagnostic is an essential tool for the preservation of heritage in general and tile in particular. This work proceeded to study the functionality of the nesting mortar by using an infrared thermography as a non-destructive diagnostic tool in historic facades with tile, in order to analyse the thermal fluxes as manifestations of nesting mortar degradation. The registration of degradation before and after tiles removal of the façades was undertaken. Laboratory tests were performed to enable a better understanding of the phenomena observed in the field. This study was based on the execution of a coating system for simulating degradations. The characterization of the used materials during the execution of the system was made through testing. The contents of this study provides strong evidence that infrared thermography is an effective technique in the diagnosis of anomalies in historic facades, specifically the functionality of nesting mortar.

TERMOGRAFIA EM DIAGNÓSTICO DE REVESTIMENTOS EM AZULEJO

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE EQUAÇÕES	IX
ÍNDICE DE QUADROS	X
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. OBJETIVOS	2
2. AZULEJO COMO REVESTIMENTO DE FACHADAS.....	5
2.1. CASO DE ESTUDO: FACHADAS DE AZULEJO EM OVAR	5
2.2. ANOMALIAS FREQUENTES.....	7
2.2.1. DESTACAMENTO E DESPRENDIMENTO DE AZULEJOS.....	7
2.2.2. FISSURAÇÃO	8
2.2.3. DESTACAMENTO DO VIDRADO	9
2.2.4. DEFEITOS DE VIDRAGEM	11
3. TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA APLICADA EM DIAGNÓSTICO DE FACHADAS DE EDIFÍCIOS	13
3.1. INTRODUÇÃO.....	13
3.2. VANTAGENS E INCONVENIENTES DO USO DA TERMOGRAFIA APLICADA EM EDIFÍCIOS	14
3.3. EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS	16
3.4. TERMOGRAFIA EM EDIFÍCIOS	17
4. CAMPANHA EXPERIMENTAL.....	23
4.1. EQUIPAMENTO UTILIZADO	23
4.2. ESTUDOS DE CAMPO	25
4.3. ESTUDO EM LABORATÓRIO	54
4.3.1. PROCESSO CONSTRUTIVO DO SISTEMA DE REVESTIMENTO	54
4.3.2. ENSAIOS REALIZADOS AOS MATERIAIS UTILIZADOS.....	59
4.3.2.1. DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS	60
4.3.2.1.1. RESISTÊNCIA À FLEXÃO	60
4.3.2.1.2. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	61
4.3.2.1.3. CAPILARIDADE E SECAGEM	62

4.3.2.2.	RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS	62
4.3.2.2.1.	RESISTÊNCIA À FLEXÃO	62
4.3.2.2.2.	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	65
4.3.2.2.3.	CAPILARIDADE E SECAGEM	67
4.3.3.	RESULTADOS	75
4.3.4.	OUTROS ESTUDOS LABORATORIAIS REALIZADOS	81
4.4.	ANÁLISE COMPARATIVA DE RESULTADOS.....	83
5.	CONCLUSÕES	85
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
7.	ANEXO A: FICHAS DE CARACTERIZAÇÃO DE EDIFÍCIOS.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. “Adamastor”, Palace Hotel de Buçaco, Jorge Colaço, Fábrica de Sacavém, 1907 (INSTITUTO CAMÕES, 2010).....	1
Figura 2. Representação de Fernando Pessoa de Júlio Pomar (INSTITUTO CAMÕES, 2010).....	1
Figura 3. Azulejo de padrão (Ovar).....	1
Figura 4. Pormenor da fachada de uma antiga farmácia (Ovar).....	6
Figura 5. Descolamento e empolamento de vários azulejos (LNEC, 2011a).....	8
Figura 6. Desprendimento de azulejos na zona do peitoril (Ovar).....	8
Figura 7. Fissuração de azulejos (LNEC, 2011b).....	9
Figura 8. Desprendimento de azulejos devido à fissuração do suporte, agravado pela presença de humidade (Ovar).....	9
Figura 9. Destacamento do vidro na zona das arestas (Ovar).....	10
Figura 10. Desprendimento de azulejos e biodegradação (Ovar).....	10
Figura 11. Espectro de cores. Posição da radiação infravermelha em relação à luz visível (JNCRUZ PHOTO, 2012).....	13
Figura 12. Câmara termográfica Testo 875 (TESTO, 2011).....	17
Figura 13. Câmara Termográfica com tripé (MATIAS, 2011).....	17
Figura 14. Placa de aquecimento (MATIAS, 2011).....	17
Figura 15. Medidor de radiação (MENDONÇA, 2005).....	17
Figura 16. Termómetro de contacto (MENDONÇA, 2005).....	17
Figura 17. Uso da termografia na análise térmica da envolvente de edifícios (MATIAS, 2011).....	19
Figura 18. Uso da termografia na identificação de zonas com humidade. (18a. Imagem real; 18b. Imagem térmica) (MATIAS, 2011).....	19
Figura 19. Uso da termografia para detetar destacamento de revestimentos. (19a. Imagem termográfica; 19b. Imagem real) (MATIAS, 2011).....	19
Figura 20. Uso da termografia para detetar destacamento do vidro de um azulejo (20a. Imagem real; 20b. Imagem termográfica) (MATIAS, 2011).....	20
Figura 21. Uso da termografia para detetar destacamento do vidro de um azulejo. (21a. Imagem real; 21b. Imagem termográfica) (MATIAS, 2011).....	20
Figura 22. Uso da termografia para detetar destacamento do vidro em vários azulejos (22a. Imagem real; 22b. Imagem termográfica) (MATIAS, 2011).....	21

Figura 23. Uso da termografia para detetar destacamento de azulejos com auxílio de uma placa de aquecimento. (23a. Imagem real; 23b. Imagem termográfica) (MATIAS, 2011).....	21
Figura 24. Interface do programa IRSoft da Testo.....	24
Figura 25. Imagem termográfica em que se observa de que forma se processa o aquecimento da placa de aquecimento.	24
Figura 26. Fachada do edifício <i>Testa e Amador</i> em Aveiro.....	25
Figura 27. Imagem termográfica da fachada do edifício <i>Testa e Amador</i> , Aveiro.	26
Figura 28. Identificação de temperaturas baixas na zona do pilar através da termografia (28a. Imagem real; 28b. Imagem termográfica).....	26
Figura 29. Fachada do edifício situado na Rua Visconde de Ovar, Ovar.....	27
Figura 30. Imagem termográfica onde se identificam as temperaturas dos diversos materiais.	27
Figura 31. Imagem termográfica em que se verificam azulejos com pequenas zonas com temperaturas baixas e uma área maior com temperatura alta.	27
Figura 32. Fachada do edifício situado no Largo S. Miguel, Ovar	28
Figura 33. Destacamento de azulejos sob o peitoril da janela.....	28
Figura 34. Destacamento de vidro de azulejos.	28
Figura 35. Imagem termográfica geral da fachada 2.....	29
Figura 36. Fachada do edifício situado no Largo S. Miguel, Ovar	29
Figura 37. Imagem termográfica geral da fachada 3.....	30
Figura 38. Fachada do edifício situado na Rua Alexandre Herculano, Ovar	31
Figura 39. Destacamento de vidro de azulejos.	31
Figura 40. Imagem térmica onde se verificam temperaturas no revestimento sob o peitoril da janela.	32
Figura 41. Fachada do edifício situado na Rua Vasco da Gama, Ovar	32
Figura 42. Imagem termográfica onde se destacam as temperaturas baixas no soco.....	33
Figura 43. Imagem termográfica do pormenor de um azulejo com temperatura mais alta.	33
Figura 44. Fachada do edifício situado no Largo dos Bombeiros, Ovar.....	34
Figura 45. Pormenor com dois tipos de azulejos.....	34
Figura 46. Colonização biológica entre as juntas dos azulejos	34
Figura 47. Imagem termográfica da zona com azulejos diferentes.	35

Figura 48. Imagem termográfica onde se verificam várias zonas do revestimento com temperaturas distintas.	35
Figura 49. Fachada da antiga farmácia situada na Rua Cândido dos Reis, Ovar	35
Figura 50. Empolamento de azulejos e macro organismos.	36
Figura 51. Colonização biológica intensa nas juntas entre azulejos e nas fraturas	36
Figura 52. Imagem termográfica da zona onde com macro organismos.	36
Figura 53. Imagem térmica onde se verifica colonização biológica nas juntas e nas fraturas.	36
Figura 54. Aquecimento do revestimento com a placa de aquecimento.	37
Figura 55. Apresentação da fachada 8, Ovar	38
Figura 56. Análise visual e térmica da fachada. (56a. Imagem real; 56b. Imagem termográfica).	39
Figura 57. Mapeamento das zonas da fachada a estudar utilizando a placa de aquecimento.	39
Figura 58. Imagens termográficas da zona A, onde não se observam singularidades. ..	40
Figura 59. Imagens termográficas da zona B, onde se observam 3 azulejos com temperatura inferior.	40
Figura 60. Imagens termográficas da zona C, em que se observam temperaturas superficiais homogéneas.	40
Figura 61. Azulejos colocados com argamassa de cimento.	41
Figura 62. Representação esquemática do ensaio de percussão. (círculos brancos representam som oco; círculos pretos representam som não oco.).....	42
Figura 63. Apresentação geral da fachada 9, Ovar	42
Figura 64. Análise da zona onde ocorreu o desprendimento de dois azulejos (64a. Imagem real; 64b. Imagem termográfica).	43
Figura 65. Análise da zona da fachada entre a porta e a janela. (65a. Imagem real; 65b. Imagem termográfica).	43
Figura 66. Mapeamento das zonas da fachada a estudar utilizando a placa de aquecimento.....	44
Figura 67. Imagem termográfica onde se observa uma região com temperaturas distintas.	44
Figura 68. Imagem termográfica onde se observa a zona onde ocorreu o desprendimento de dois azulejos e das áreas contíguas.	45
Figura 69. Imagem termográfica da zona F em que não se observam singularidades ...	45

Figura 70. Representação esquemática do ensaio de percussão. (círculos brancos representam som oco; círculos pretos representam som não oco; c representa azulejos repostos com argamassa de cimento)	46
Figura 71. Apresentação da fachada 10 situada no Largo dos Bombeiros, Ovar.....	47
Figura 72. Azulejos com destacamento de vidro.	47
Figura 73. Mapeamento das zonas a estudar utilizadno a placa de aquecimnto.	48
Figura 74. Imagem termográfica da zona G onde se verificam regiões com temperaturas que se distinguem.	48
Figura 75. Imagem termográfica da zona H em que se verificam determinadas áreas com temperaturas elevadas.....	49
Figura 76. Estado das argamassas após a remoção de azulejos na zona C.....	49
Figura 77. Imagem termográfica da zona I onde se observam dois azulejos pontualmente mais quentes.....	50
Figura 78. Imagem termográfica da zona J em que se verificam regioes de três azulejos com temperaturas mais altas.....	50
Figura 79. Pormenor de azulejos com vidro destacado, indicando a possíveis infiltrações de água.....	51
Figura 80. Representação esquemática do ensaio de percussão. (círculos brancos representam som oco; círculos pretos representam som não oco.).....	51
Figura 81. Observação de destacamento de vidro através da termografia.....	52
Figura 82. Observação de azulejos fissurados através da termografia. (82a. Imagem real; 82b. Imagem termográfica).	52
Figura 83. Caixa e cabos condutores de eletricidade. (83a. Imagem real; 83b. Imagem térmica).....	53
Figura 84. Identificação, através da termografia, de um vão de janela existente anteriormente. (84a. Imagem real; 84b. Imagem termográfica).....	53
Figura 85. Diferença de intensidade de radiação vermelha provocada por diferentes emissividades.....	54
Figura 86. Aspeto do suporte construído com adobes aplicados com argamassa hidráulica natural (NHL5 da Secil).	55
Figura 87. Curva granulométrica da areia utilizada na execução da argamassa de assentamento dos adobes.	55
Figura 88. Parede com fitas plásticas colocadas entre o suporte e o reboco.	56
Figura 89. Aspeto da parede após aplicação do reboco.....	56

Figura 90. Parede com fitas plásticas colocadas entre o reboco e o revestimento.	57
Figura 91. Lacuna induzida na argamassa de assentamento do azulejo.....	57
Figura 92. Aspeto final da parede com azulejos antigos e réplicas.....	57
Figura 93. Esquema ilustrativo da parede construída.....	58
Figura 94. Dimensões em planta do reservatório de água.....	58
Figura 95. Evolução da subida da água pela parede.....	59
Figura 96. Ensaio à flexão de um provete.....	60
Figura 97. Provete após ensaio à compressão.....	61
Figura 98. Gráfico comparativo da tensão média de rotura à flexão da amostra DDL aos 28, 60 e 90 dias.....	63
Figura 99. Gráfico comparativo da tensão média de rotura à flexão da amostra CalHid aos 28, 60 e 90 dias.....	65
Figura 100. Gráfico comparativo da tensão média de rotura à compressão da amostra DDL aos 28, 60 e 90 dias.....	66
Figura 101. Gráfico comparativo da tensão média de rotura à compressão da amostra CalHid aos 28, 60 e 90 dias.....	67
Figura 102. Gráfico comparativo da absorção de água da amostra CalHid aos 28, 60 e 90 dias.....	70
Figura 103. Gráfico comparativo da absorção de água da amostra DDL aos 28, 60 e 90 dias.....	73
Figura 104. Absorção de água da amostra de adobe.....	74
Figura 105. Mapeamento das zonas a estudar utilizando a placa de aquecimento.....	76
Figura 106. Imagem termográfica da zona 1 onde se verifica uma região circular, com temperatura elevada. Identificação ténue de uma faixa com temperatura mais alta.	77
Figura 107. Imagem termográfica da zona 2 onde se observa uma área circular, com temperatura que se distingue. Observação de uma ligeira tira com temperatura mais alta.	77
Figura 108. Imagem termográfica da zona 3 onde se verifica uma região circular, com temperatura elevada. Identificação ténue de uma faixa com temperatura mais alta.	78
Figura 109. Imagem termográfica da zona 4 onde se observa uma área circular, com temperatura que se distingue. Observação de uma ligeira tira com temperatura mais alta.	78
Figura 110. Imagem termográfica da zona 5 onde se verifica uma região circular, com temperatura elevada. Identificação ténue de uma faixa com temperatura mais alta.	78

Figura 111. Imagem termográfica da zona 6 em que não se identificam singularidades, além de uma ligeira faixa com temperatura mais alta.	79
Figura 112. Ascensão capilar na parede na parte de trás da parede (112a. Imagem real; 112b. Imagem termográfica).	80
Figura 113. Imagem termográfica apresentando a manifestação da ascensão capilar na parede.	80
Figura 114. Parede de tijolo com revestimento de azulejos novos aplicados com cimento-cola.	82
Figura 115. Imagem termográfica em que se verifica uma faixa vertical com temperatura inferior ao restante revestimento.	82
Figura 116. Utilização da termografia na identificação de anomalias em laboratório e em campo.....	83
Figura 117. Utilização da termografia na identificação de humidade em laboratório e em campo.	84

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1. Resistência à flexão.	61
Equação 2. Resistência à compressão.....	61
Equação 3. Coeficiente de capilaridade.....	62

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Condutibilidades térmicas de materiais comuns em fachadas antigas. (SANTOS, 2006).....	15
Quadro 2. Características da câmara termográfica Testo 875. (TESTO, 2013).....	23
Quadro 3. Resultados do ensaio à flexão da amostra DDL.....	63
Quadro 4. Resultados do ensaio à flexão da amostra CalHid.....	64
Quadro 5. Resultados do ensaio à compressão da amostra DDL.....	65
Quadro 6. Resultados do ensaio à compressão da amostra CalHid.....	66
Quadro 7. Absorção de água aos 28 dias da amostra CalHid.....	68
Quadro 8. Absorção de água aos 60 dias da amostra CalHid.....	69
Quadro 9. Absorção de água aos 90 dias da amostra CalHid.....	70
Quadro 10. Absorção de água aos 28 dias da amostra DDL.....	71
Quadro 11. Absorção de água aos 60 dias da amostra DDL.....	72
Quadro 12. Absorção de água aos 90 dias da amostra DDL.....	72
Quadro 13. Absorção de água da amostra de adobe.....	74

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Portugal, durante 5 séculos, tem vindo a utilizar o azulejo como revestimento de superfícies interiores e de fachadas de edifícios. O azulejo assume um importante papel na divulgação da cultura portuguesa (LUÍS MARIZ, 2012). Em parte dos edifícios históricos portugueses, religiosos ou civis, é comum o azulejo aparecer com função decorativa. É neste contexto que ganha um estatuto de arte (Figura 2), representando histórias (Figura 1) e costumes de várias épocas (Figura 3).



Figura 1. “Adamastor”, Palace Hotel de Buçaco, Jorge Colaço, Fábrica de Sacavém, 1907 (INSTITUTO CAMÕES, 2010).



Figura 2. Representação de Fernando Pessoa de Júlio Pomar (INSTITUTO CAMÕES, 2010).



Figura 3. Azulejo de padrão (Ovar).

É na segunda metade século XIX que surge o azulejo em Portugal como revestimento de fachadas. As maiores indústrias de produção concentraram-se na região do Porto e de Lisboa (INSTITUTO CAMÕES, 2010).

Atualmente, o azulejo é procurado devido à sua capacidade de impermeabilização de fachadas de uma forma esteticamente agradável e com um custo razoável.

As técnicas de produção e assentamento dos ladrilhos cerâmicos e das argamassas têm-se vindo a desenvolver ao longo dos anos; ainda assim, é frequente o aparecimento de anomalias. Uma anomalia pode ter uma ou várias causas; os defeitos mais correntes prendem-se com o tipo de material, com o estado do suporte ou com a incorreta execução da técnica de assentamento, bem como com a natureza e a intensidade dos agentes ativos.

Neste sentido, é importante a escolha dos métodos de diagnóstico de anomalias a fim de escolher as soluções mais adequadas na reabilitação deste tipo de revestimento, preservando um bem patrimonial. Os principais métodos de diagnóstico de patologias podem ser destrutivos, semidestruídos ou não-destrutivos.

A termografia de infravermelhos é um método não-destrutivo de diagnóstico. Este método ainda é pouco divulgado na área da deteção de defeitos nas fachadas com azulejo, mas já é utilizado, com êxito, noutras áreas como por exemplo na medicina, astronomia ou para fins de segurança e vigilância.

1.2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como principal objetivo o uso da termografia de infravermelhos como meio de diagnóstico não invasivo de fachadas com azulejos do século XIX e inícios de século XX, procurando uma relação entre os fluxos térmicos e as degradações da argamassa de assentamento, causadas pelas variações de humidade e temperatura.

Pretende-se testar a eficiência e as limitações deste método na identificação de anomalias ocultas em fachadas azulejadas e as causas que levaram ao aparecimento de anomalias já visíveis. Ambiciona-se analisar as degradações antes e depois da remoção dos azulejos do suporte. Essa análise será feita de duas formas, em campo e em laboratório.

Serão realizados alguns ensaios de forma a atingir os seguintes objetivos:

- Concluir, de que forma variam os resultados na análise de uma fachada com argamassa original e de reparação;
- Concluir sobre a utilização de revestimentos tradicionais e contemporâneos em fachadas tradicionais;
- Verificar qual a sensibilidade da análise termográfica à absorção de água pela parede;

Adicionalmente pretende-se:

- Saber de que modo, outros materiais podem influenciar a análise termográfica numa fachada azulejada (por exemplo, elementos metálicos encastrados na fachada);
- Caracterizar os materiais utilizados no sistema a executar em laboratório através de ensaios, como resistência à flexão, resistência à compressão e capilaridade e secagem.

Vários edifícios da cidade de Ovar, com fachadas de azulejadas do século XIX e inícios do século seguinte, foram criteriosamente escolhidos tendo em conta o facto de sofrerem intervenção num futuro próximo. Espera-se assim, fazer um estudo termográfico e obter resultados comparáveis antes e depois da intervenção.

Na parte laboratorial, de forma a simular o efeito da humidade ascensional numa parede, pretende-se executar uma parede dentro de um recipiente com água. Essa parede terá uma face revestida com azulejos antigos e azulejos recentes, esperando-se, assim, a obtenção de resultados comparáveis a partir do estudo termográfico das mesmas.

2. AZULEJO COMO REVESTIMENTO DE FACHADAS

Apesar do azulejo fazer parte da cultura portuguesa há vários séculos, na segunda metade do século XIX, após as invasões francesas, é que este aparece como revestimento de fachadas. Estes são constituídos pela chacota (fração cerâmica) e por uma superfície vidrada.

O azulejo pode ser aplicado em qualquer tipo de parede. O tipo de suporte geralmente varia de local para local, dependendo dos materiais característicos de cada região (VELOSA et al., 2012). Tem como principal função o sustento das camadas seguintes. Em Ovar predominam os suportes construídos em xisto da região e argamassa de cal, saibro e areia.

Os azulejos são assentes sobre uma argamassa que resulta da mistura de agregados, normalmente oriundos do local, com água e com o ligante, geralmente cal aérea, cal hidráulica ou cimento. Atualmente, é comum a adição de adjuvantes e aditivos. Desde os primeiros edifícios construídos em pedra que a argamassa é utilizada, seja com a função de ligante entre materiais ou como função de revestimento, protegendo as construções de agressões externas.

Suplementarmente, poderá existir uma camada de emboço e de impermeabilização ou qualquer outro tipo de elementos que contribuam para o funcionamento ou adorno das fachadas (VELOSA et al., 2012).

2.1. CASO DE ESTUDO: FACHADAS DE AZULEJO EM OVAR

Ovar, cidade-museu do azulejo como é conhecida, é o albergue de um dos maiores patrimónios nacionais de fachadas azulejares. Percorrendo as suas ruas ornamentadas pelas fachadas coloridas, facilmente se percebe que cada casa é uma pequena exposição de arte.



Figura 4. Pormenor da fachada de uma antiga farmácia (Ovar).

A maioria dos azulejos presente nas fachadas Ovarenses foi concebida na fábrica de cerâmica de *A.A. Costa & C^a das Devezas* e na *Fábrica de Louça das Devezas de José Pereira & Filhos* (FERREIRA, 2009). Ambas utilizavam técnicas diferentes na produção dos azulejos, sendo a técnica da estampilhagem usada na primeira fábrica, enquanto na segunda era a estampagem.

A maioria dos azulejos de Ovar tem 14cm x 14cm de dimensão, excetuando os oriundos da 2^a metade do século XIX, com mediadas entre 13cm a 13,5cm e azulejos procedentes das primeiras décadas do século XX com medidas entre os 15cm e 16cm (FERREIRA, 2009).

Em 2000 foi fundado o Atelier de Conservação de Restauro do Azulejo (ACRA) com o propósito de proteger e conservar o património azulejar ovarense. Desde a sua criação até 2010, o ACRA restaurou 96 fachadas (VELOSA et al., 2012).

As fachadas ovarenses orientadas a Norte são aquelas onde se registam anomalias com maior frequência. O elevado número de linhas de água existentes leva à humedificação dos solos, provocando, com naturalidade, o fenómeno de ascensão de água por capilaridade nos edifícios da cidade (FERREIRA, 2009).

Pretende-se fazer um estudo termográfico nas fachadas ovarenses e compreender quais as potencialidades e limitações desta técnica na identificação de anomalias. De seguida serão apresentadas as anomalias frequentemente verificadas nessas fachadas.

2.2. ANOMALIAS FREQUENTES

As causas inerentes ao aparecimento ou desenvolvimento da maioria das anomalias, geralmente verificadas, surgem devido à ação da água, salientando os destacamentos, fissurações e destacamento do vidrado. Surgem ainda outras anomalias que provêm do processo de aplicação do vidrado (defeitos de fabrico). Por vezes, a degradação dos revestimentos resulta da incorreta substituição de azulejos ou preenchimento de falhas com argamassas de cimento.

2.2.1. DESTACAMENTO E DESPRENDIMENTO DE AZULEJOS

A deficiente aderência entre o azulejo e o suporte leva ao descolamento dos ladrilhos, podendo ocorrer a queda ou o empolamento dos elementos afetados (Figura 5).

Os descolamentos dos azulejos devem-se, principalmente, a alterações de temperatura e humidade nas fachadas, assentamento incorreto dos azulejos, aplicação de argamassas incompatíveis com o suporte ou em mau estado e fissuração do suporte.

O destacamento acontece, na maioria das situações, em zonas com grande concentração de humidade proveniente de infiltrações ou da ascensão capilar. É comum o desprendimento acontecer, também, onde ocorre fissuração, seja do suporte ou das argamassas e na zona dos vãos ou varandas (Figura 6).



Figura 5. Descolamento e empolamento de vários azulejos (LNEC, 2011a).



Figura 6. Desprendimento de azulejos na zona do peitoril (Ovar).

As incompatibilidades entre os vários elementos da fachada são o principal motivo da ocorrência de destacamento e fendilhação, uma vez que, provocam o aumento de tensões derivadas da retração e da expansão dos materiais.

As constantes mudanças de temperatura e humidade provocam a variação dimensional diferencial dos azulejos e argamassas, levando a sua deterioração e perda de adesão entre eles. O desprendimento dos elementos surge como última consequência deste fenómeno (FERREIRA, 2009).

A maioria dos casos de descolamento de azulejo dá-se ao nível da interface azulejo argamassa, principalmente, em presença de humidade. Os destacamentos, devidos a problemas na argamassa, devem-se geralmente a fissuras do suporte ou da argamassa, argamassa de assentamento incompatível com o emboço ou com o suporte e diferente comportamento de aderência em diferentes tipos de azulejo (FERREIRA, 2009).

2.2.2. FISSURAÇÃO

A fissuração pode surgir de maneiras diferentes, fendilhação do suporte, principalmente em zonas de grande concentração de tensões, por exemplo, na proximidade de vãos de janelas e portas (Figura 7), ou dos azulejos e argamassa de assentamento. As fendas manifestam-se no elemento com menor resistência. Este fenómeno acontece de um

modo mais frequente quando a fachada está sujeita à ação da água, podendo mesmo levar ao descolamento dos azulejos (Figura 8). Da mesma forma que acontece o descolamento, a fissuração ocorre devido a variações de temperatura e humidade.



Figura 7. Fissuração de azulejos (LNEC, 2011b).



Figura 8. Desprendimento de azulejos devido à fissuração do suporte, agravado pela presença de humidade (Ovar).

A fendilhação está, muitas vezes, ligada à incorreta seleção, mistura e dosagem dos componentes das argamassas ou à utilização de argamassas incompatíveis com o suporte. Para evitar fenómenos de fissuração e destacamento é importante que a argamassa apresente bom comportamento físico (por exemplo, comportamento face à água), boa compatibilidade química e bom comportamento mecânico (por exemplo, resistência, aderência e elasticidade).

Na cidade de Ovar, a fendilhação surge, na maioria das vezes, devido ao uso de elementos metálicos embutidos nas fachadas de azulejo e ao uso de cimento na recolocação ou no preenchimento de juntas. O cimento apresenta incompatibilidade com os materiais tradicionais, pois detém diferentes coeficientes de dilatação térmica, elevada rigidez e impermeabilidade (FERREIRA, 2009).

2.2.3. DESTACAMENTO DO VIDRADO

No caso particular da cidade de Ovar, o destacamento de vidro dá-se nas fiadas de azulejo mais próximas do soco devido à atuação simultânea da humidade proveniente do solo e do calor originado pela radiação solar. A combinação destes fenómenos leva à

deterioração do vidrado e promove o desenvolvimento de agentes de origem biológica e à infiltração, migração e cristalização de sais solúveis.

Como os azulejos estão sujeitos a maiores variações de temperatura que o suporte, estes sofrem dilatações a que o suporte não fica sujeito, provocando tensões entre os azulejos ou entre azulejos e argamassa e levando à rotura. Quando existe compressão de juntas, o destacamento do vidrado começa por acontecer junto das arestas (Figura 9).

A degradação das fachadas é frequentemente acelerada pelo aparecimento de micro e macro organismos (Figura 10), que aparecem com frequência em zonas húmidas das fachadas. A biodegradação surge geralmente em fendas ou onde o vidrado está deteriorado, zonas estas, que promovem a entrada e fixação da água.



Figura 9. Destacamento do vidrado na zona das arestas (Ovar).



Figura 10. Desprendimento de azulejos e biodegradação (Ovar).

A humidade promove a migração de sais solúveis nas fachadas, contribuindo assim para a ocorrência de eflorescências e criptoflorescências. Os sais também podem ter outras origens, como a poluição atmosférica, sais agregados nos materiais de construção ou origem marítima, uma vez que há argamassas feitas, certamente, a partir da areia do mar.

Devido ao aumento de volume que os sais apresentam, com a perda de humidade (cristalização), desenvolvem-se tensões que levam à deterioração do vidrado ou do corpo cerâmico e conseqüente destacamento. As eflorescências podem ser de origem calcária, devido aos carbonatos presentes nas argamassas, ou causadas por sulfatos de *magnésio, potássio e/ou sódio*. Em edifícios localizados junto à costa ou utilizados

como armazéns de peixe salgado ou sal é comum a manifestação de cloretos (FERREIRA, 2009).

2.2.4. DEFEITOS DE VIDRAGEM

Os defeitos de vidragem levam ao agravamento da degradação dos azulejos. As deficiências mais frequentes são a *fendilhação*, o *vidrado picado*, as *alterações do brilho e da cor e as machas e as repetências* (FERREIRA, 2009).

- Fissuração do vidrado (*Craquelê*)

Durante o arrefecimento, o vidro retrai mais do que a pasta cerâmica provocando a fendilhação do vidrado. As fendas são geralmente *finas* e seguem direções aleatórias.

- Vidrado picado

Esta anomalia manifesta-se pelo aparecimento de furos de pequenas dimensões na superfície do vidrado.

- Variação de brilho e de cor

De um modo geral, estas alterações devem-se, à qualidade ou deficiente aplicação do colorante, à temperatura e ambiente durante a cozedura e à espessura do vidrado, já que um excesso de vidro leva ao aparecimento de sais, provocando mudanças de cor e brilho.

- Manchas de cor no vidrado

As manchas de cor devem-se à incorporação de impurezas no vidro durante o processo de produção ou durante a cozedura. No caso particular de Ovar, as manchas são geralmente amarelas devido à presença de titânio, crómio ou chumbo.

- Repetências

Este defeito acontece normalmente nas extremidades dos azulejos e manifesta-se deixando a chacota visível devido ao afastamento do vidrado. As causas que levam a este acontecimento prendem-se com a elevada tensão superficial do vidrado, baixa temperatura na execução da chacota, aplicação de uma camada de vidro com elevada

espessura ou existência de sais solúveis ou sujidade na pasta cerâmica (FERREIRA, 2009).

3. TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA APLICADA EM DIAGNÓSTICO DE FACHADAS DE EDIFÍCIOS

A termografia de infravermelhos tem vindo a ser utilizada com sucesso em várias áreas da Engenharia Civil, nomeadamente na análise do estado de conservação de pavimentos rodoviários e estruturas de betão armado. Tem, também, demonstrado excelentes resultados noutras áreas, como por exemplo na área da medicina, meteorologia, astronomia, na indústria, combate a incêndios entre outras. Pretende-se com este trabalho utilizar a termografia como meio de diagnóstico de anomalias em fachadas históricas.

3.1. INTRODUÇÃO

A radiação infravermelha é a zona do espectro que está entre a luz visível e as micro-ondas (Figura 11).

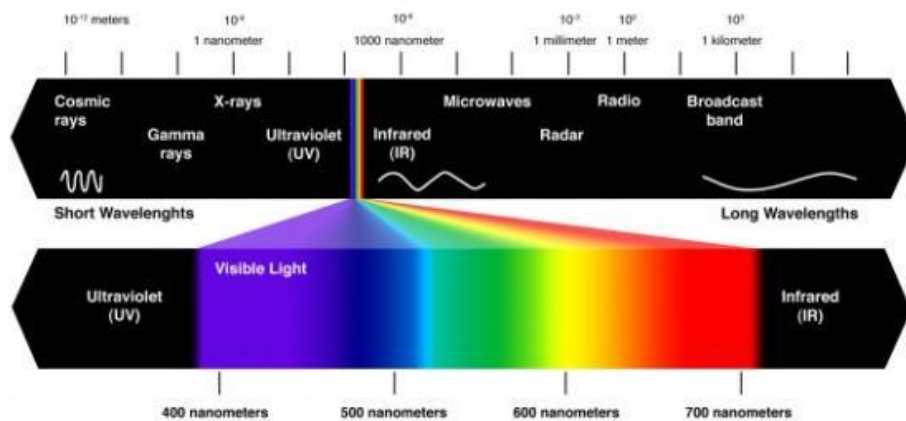


Figura 11. Espectro de cores. Posição da radiação infravermelha em relação à luz visível (JNCRUZ PHOTO, 2012).

Todo o objeto, com temperatura superior a zero absoluto (-273°C), emite radiação térmica. Os raios infravermelhos constituem parte dessa radiação, sendo apenas uma pequena percentagem visível ao olho humano. A radiação varia consoante a capacidade de emissão e a temperatura a que está sujeito determinado corpo, sendo o aumento da radiação proporcional ao da temperatura.

A termografia de infravermelhos é uma técnica que permite captar, com a ajuda de uma câmara termográfica, a radiação infravermelha, sendo possível identificar as diferentes temperaturas em qualquer superfície.

O estudo termográfico pode ser feito de forma qualitativa ou quantitativa. A análise qualitativa é apenas a verificação das diferentes temperaturas superficiais, identificando-se, assim, a anomalia. Uma análise quantitativa requer a quantificação das temperaturas superficiais. Para isso é necessário inserir no *software* próprio determinados fatores como a temperatura ambiente, humidade, emissividade e distância entre a câmara e o objeto (SOUSA, 2010).

Embora a termografia de infravermelhos seja um método simples, há certos fatores que devem ser tomados em conta, de forma a permitir a obtenção de resultados fiáveis e conclusões acertadas.

3.2. VANTAGENS E INCONVENIENTES DO USO DA TERMOGRAFIA APLICADA EM EDIFÍCIOS

A câmara de termográfica é um aparelho seguro, apenas regista a radiação, mas não emite radiação de qualquer tipo.

No diagnóstico de anomalias, este método permite a avaliação do estado de conservação das fachadas sem ser necessário qualquer contacto entre o aparelho e o elemento em estudo, considerando-se assim, um método não destrutivo. Uma vez que o contacto não é necessário, torna-me mais seguro a inspeção em zonas em que o risco seja elevado (por exemplo queda de azulejos), protegendo, assim, o operador e o material de inspeção.

Sendo desnecessária qualquer tipo de fonte luminosa, é possível realizar medições diurnas e noturnas. Zonas obscuras são também facilmente identificadas (CLARK et al., 2003).

Ao contrário de outros métodos, que apenas conseguem fazer uma análise pontual, a termografia faz uma análise geral, sendo possível localizar varias anomalias num único termograma.

Uma câmara termográfica é bastante precisa detetando oscilações de temperatura inferiores a 0,1°C. Este equipamento, de pequenas dimensões, é facilmente transportável, tal como todos os acessórios necessários à inspeção.

Apesar da simplicidade do método, este não deve ser realizado e nem os seus resultados analisados por pessoas sem formação em termografia e sem conhecimentos na área, a fim de evitar uma interpretação deficiente do problema.

A temperatura não é o único parâmetro que influencia a imagem termográfica, mas também a emissividade e a condutividade térmica.

A emissividade é a capacidade de um material emitir radiação infravermelha, quando dois materiais distintos se encontram no mesmo plano de focagem, poderão não se obter, com exatidão, as suas temperaturas relativas, uma vez que a emissividade difere consoante o material (CLARK et al., 2003). Por exemplo, dois azulejos iguais pintados com cores diferentes e à mesma temperatura têm emissividades desiguais, logo emitem diferente radiação infravermelha. Isto poderá levar a uma análise de resultados errónea, pois o termograma representará os dois azulejos com diferentes temperaturas

A condutibilidade térmica representa a quantidade de energia térmica que um material é capaz de conduzir. Diferentes materiais, como azulejos, materiais pétreos, argamassa ou materiais plásticos, quando sujeitos à mesma temperatura ambiente, têm condutividades distintas. No Quadro 1 são apresentadas as condutibilidades térmicas de alguns materiais comuns nos edifícios antigos.

Condutibilidades térmicas	
Material	W/(m. ⁰ C)
granito	2,80
xisto	2,20
material cerâmico	0,34
betão normal	1,65
argamassas e rebocos tradicionais	1,30
argamassas e rebocos não-tradicionais	0,80
PVC	0,17
aço	50
alumínio	230
cerâmica vidrada/grés cerâmico	1,30

Quadro 1. Condutibilidades térmicas de materiais comuns em fachadas antigas.

(SANTOS, 2006)

Quando utilizada no exterior, a termografia está sujeita a fatores adicionais como a presença de pontes, árvores, esgotos e aterros (CLARK et al., 2003). Em situações em que se esteja na presença de cabos elétricos estes poderão influir no termograma – no caso de cablagens aéreas será eventualmente necessário limitar a altura máxima do ensaio.

Além das características do material, têm de se considerar as condições em que se encontra o objeto em estudo, nomeadamente a temperatura, tipo e estado da sua superfície e acabamento. São relevantes, também, as condições em que o corpo está inserido, como a temperatura ambiente, presença ou não de sombra e condições meteorológicas. O sol intenso aumenta a temperatura superficial, enquanto o vento, se intenso, poderá diminuir essa temperatura. A chuva, além de baixar a temperatura superficial, pode mudar as condições de emissividade. Na montagem do equipamento há determinados cuidados a ter, uma vez que diferentes ângulos e diferentes distâncias entre a câmara e o objeto podem originar resultados diferenciados. Assim sendo, quando se efetuam medições em diferentes espaços temporais, é extremamente importante que a câmara termográfica esteja exatamente na mesma posição.

3.3. EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

A câmara termográfica (Figura 12) é um aparelho que, após a captação e conversão da radiação infravermelha numa imagem térmica, permite, através de cores, conhecer com exatidão a temperatura superficial do objeto.



Figura 12. Câmara termográfica Testo 875 (TESTO, 2011).



Figura 13. Câmara Termográfica com tripé (MATIAS, 2011).

Além da câmara termográfica existem alguns aparelhos que podem auxiliar na medição termográfica. Além da utilização do tripé para fixar a câmara (Figura 13), os acessórios mais comuns são as placas de aquecimento por contacto ou radiação (Figura 14), os medidores de radiação (Figura 15) e os termómetros de contacto (Figura 16), que servem para medir a emissividade.



Figura 14. Placa de aquecimento (MATIAS, 2011).



Figura 15. Medidor de radiação (MENDONÇA, 2005).



Figura 16. Termómetro de contacto (MENDONÇA, 2005).

3.4. TERMOGRAFIA EM EDIFÍCIOS

A termografia de infravermelhos é uma técnica não destrutiva que permite uma avaliação de um determinado material sem o destruir ao interferir no funcionamento normal do edifício de que faz parte (BARREIRA et al., 2007).

Atualmente são várias as aplicações da termografia de infravermelhos em edifícios. Já utilizada na identificação de locais propícios ao aparecimento de condensações, na deteção de infiltrações e fissuras, mas é na análise das condições térmicas das envolventes de edifícios que esta técnica tem vindo a ser utilizada com sucesso.

Este método, além de ser usado para identificar patologias ainda não manifestas, pode ser, também, utilizado para identificar a origem causadora de patologias já visíveis (MENDONÇA, 2005). O método da termografia de infravermelhos pode ser acompanhado com outras técnicas, de forma a obter resultados mais precisos.

Com *software* adequado, faz-se uma análise dos termogramas realizados na inspeção termográfica e retiram-se as conclusões que permitem indicar medidas adequadas para a correção e/ou prevenção da patologia em causa.

Sendo um método não destrutivo, económico e de rápida utilização, pode ser utilizado em várias fases da construção, permitindo encontrar anomalias na fase execução, mas permite, também, uma monitorização de uma anomalia recentemente reparada (BARREIRA, 2004).

Na análise térmica de envolventes de edifícios, as variações da temperatura superficial nas zonas onde o isolamento térmico é inexistente ou executado incorretamente são facilmente identificáveis, através das variações acentuadas de cor visualizadas no termograma (Figura 17). As zonas húmidas numa parede possuem, geralmente, temperaturas inferiores às secas, permitindo, através da análise da imagem térmica, a identificação desses locais, pois a variação de temperaturas é claramente evidente (Figura 18).

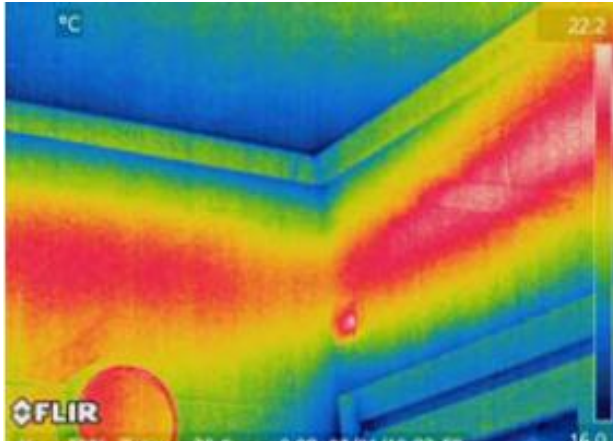


Figura 17. Uso da termografia na análise térmica da envolvente de edifícios (MATIAS, 2011).

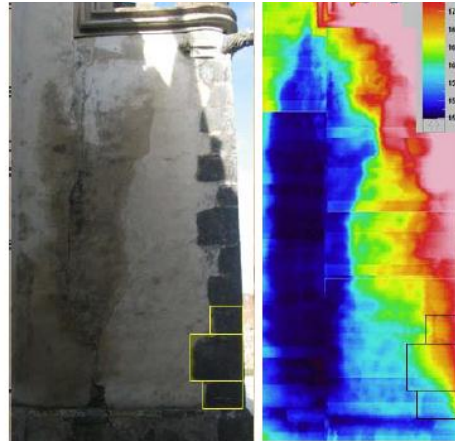


Figura 18. Uso da termografia na identificação de zonas com humidade. (18a. Imagem real; 18b. Imagem térmica) (MATIAS, 2011),

Os destacamentos dos revestimentos são, também eles, identificáveis com recurso à termografia, devido aos espaços vazios na interface suporte e revestimento (Figura 19).

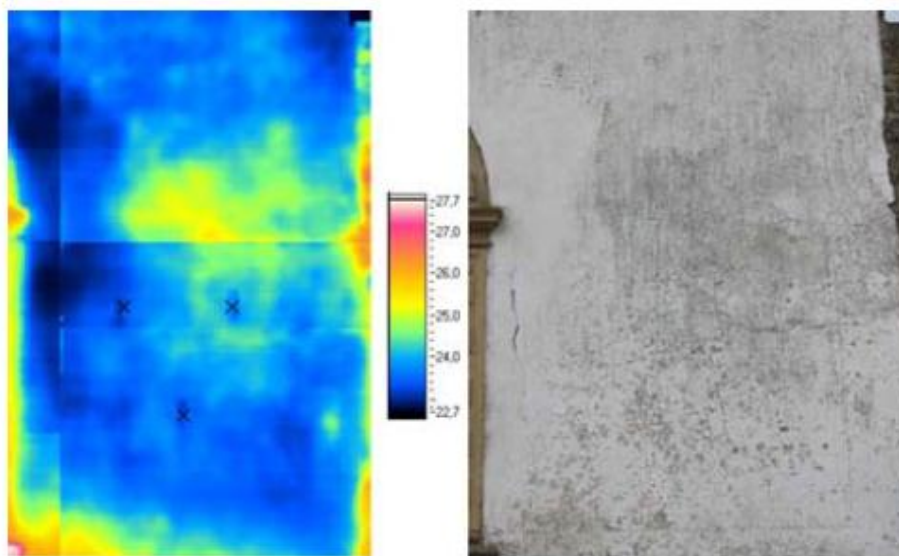


Figura 19. Uso da termografia para detetar destacamento de revestimentos. (19a. Imagem termográfica; 19b. Imagem real) (MATIAS, 2011).

A análise termográfica permite a identificação de várias anomalias em fachadas revestidas com azulejo, tanto ao nível do azulejo em si como ao nível das argamassas de assentamento. Este método já foi testado com sucesso na deteção do destacamento do vidro dos azulejos (Figura 20, Figura 21, Figura 22).

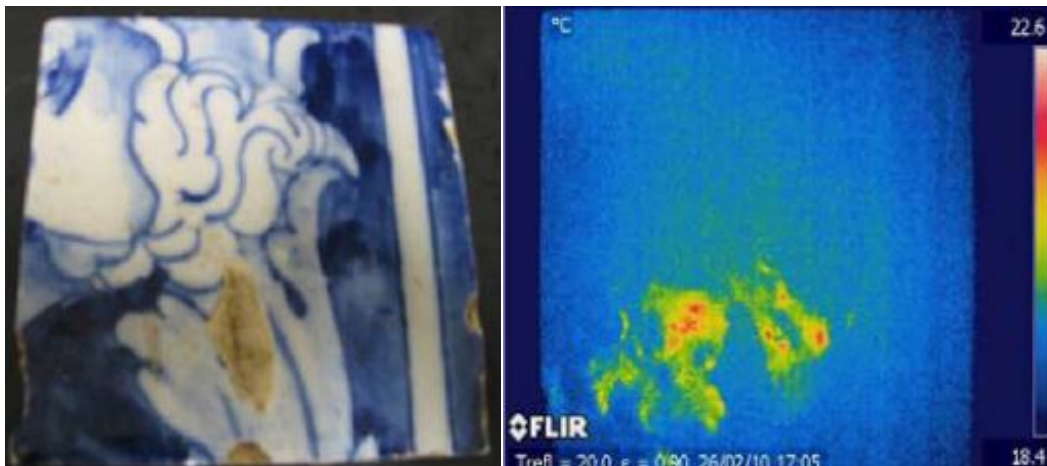


Figura 20. Uso da termografia para detetar destacamento do vidro de um azulejo (20a. Imagem real; 20b. Imagem termográfica) (MATIAS, 2011).

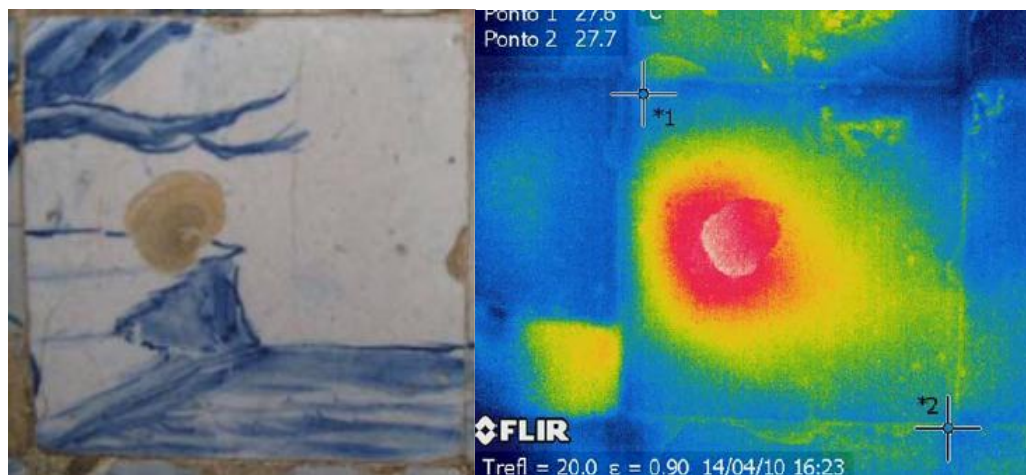


Figura 21. Uso da termografia para detetar destacamento do vidro de um azulejo. (21a. Imagem real; 21b. Imagem termográfica) (MATIAS, 2011).

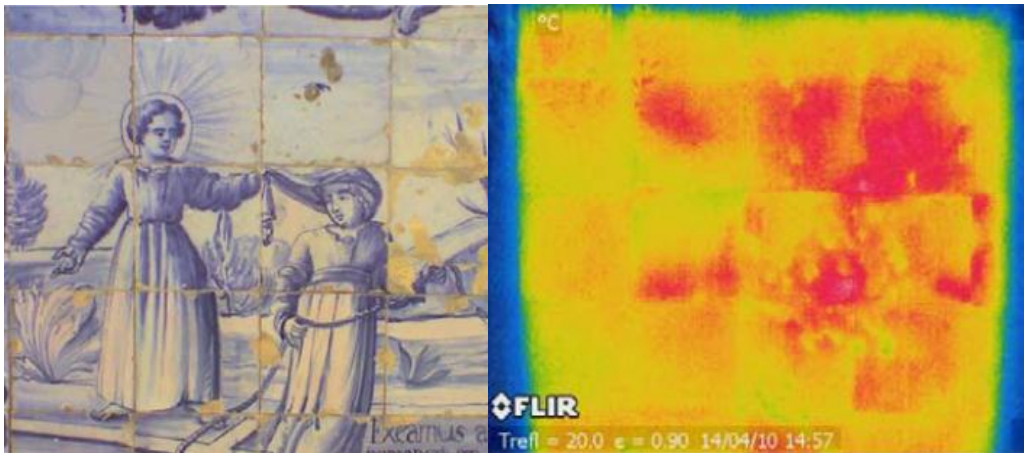


Figura 22. Uso da termografia para detetar destacamento do vidro em vários azulejos (22a. Imagem real; 22b. Imagem termográfica) (MATIAS, 2011).

Nem sempre as condições meteorológicas são favoráveis ao uso deste método, sendo, por vezes, necessário o aquecimento artificial, com recurso a uma placa de aquecimento (Figura 23), da zona que se pretende fazer o estudo, permitindo obter resultados comparáveis de medições realizadas em diferentes espaços temporais.

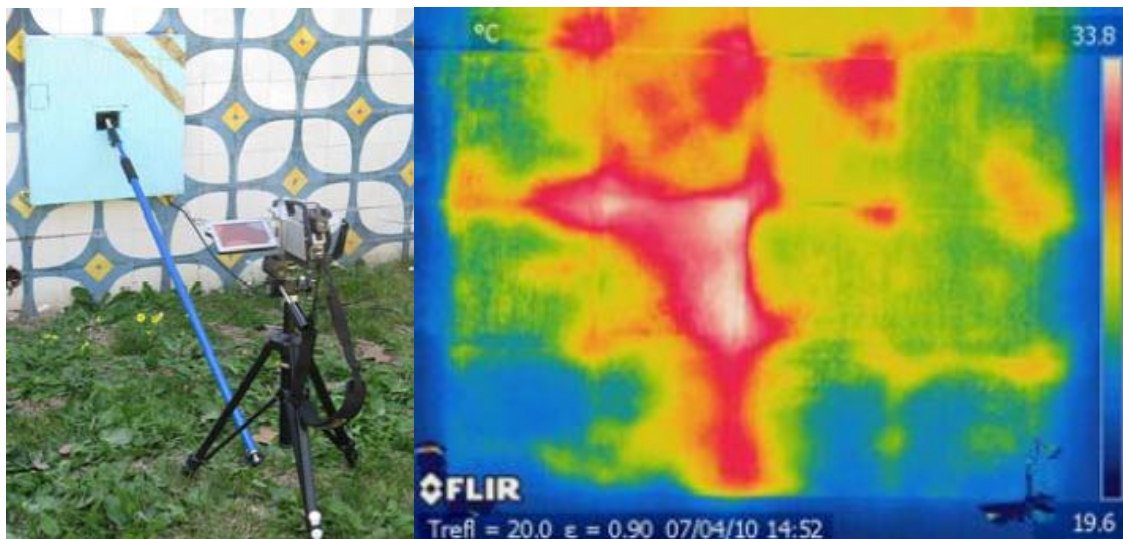


Figura 23. Uso da termografia para detetar destacamento de azulejos com auxílio de uma placa de aquecimento. (23a. Imagem real; 23b. Imagem termográfica) (MATIAS, 2011).

4. CAMPANHA EXPERIMENTAL

Pretende-se com este capítulo apresentar os estudos termográficos desenvolvidos em várias fachadas históricas de Ovar e os estudos desenvolvidos em laboratório fazendo-se um confronto entre os resultados, procurando-se compreender as potencialidades e limitações desta técnica.

4.1. EQUIPAMENTO UTILIZADO

Durante a campanha experimental utilizou-se uma câmara termográfica, Testo 875, com as características descritas no Quadro 2. Utilizou-se a emissividade *standard* para materiais de construção, 0,94.

Características da câmara termográfica Testo 875	
Saída da imagem por infravermelhos	
Tipo de detetor	FPA 160 x 120 pixels, a.Si
Sensibilidade térmica (NETD)	< 80 mK a 30 °C
Campo de visão/distância mínima de focagem	32° x 23° / 0.1 m (lente standard)
Resolução geométrica (IFOV)	3.3 mrad (lente standard)
Atualização da imagem	9 Hz
Gama espectral	8 a 14 µm
Saída da imagem visual	
Tamanho da imagem / distância mínima de focagem	640 x 480 pixels / 0.4 m
Apresentação da imagem	
Visualização da imagem	3.5" LCD com 320 x 240 pixels
Paleta de cores	4 (ferro, arco-íris, azul-vermelho, tons de cinza)
Medição	
Gama de temperatura	.-20 °C a +100 °C / 0 °C a +280 °C (pode ser alterada)
Exatidão	±2 °C, ±2% do v.m.
Emissividade / temperatura refletida	0.01 a 1 / manual
Condições ambiente	
Gama de temperatura de funcionamento	.-15 °C a +40 °C
Gama de temperatura de armazenamento	.-30 °C a +60 °C
Humidade ambiente	20% a 80% sem condensação
Especificações físicas	
Peso	aprox.. 900 g
Dimensões (L x W x H) em mm	152 x 108 x 262

Quadro 2. Características da câmara termográfica Testo 875. (TESTO, 2013)

Foi usado o programa informático IRSoft da Testo, que permite a análise, processamento e arquivo das imagens capturadas pela câmara termográfica. A interface principal do *software* é apresentada na Figura 24.

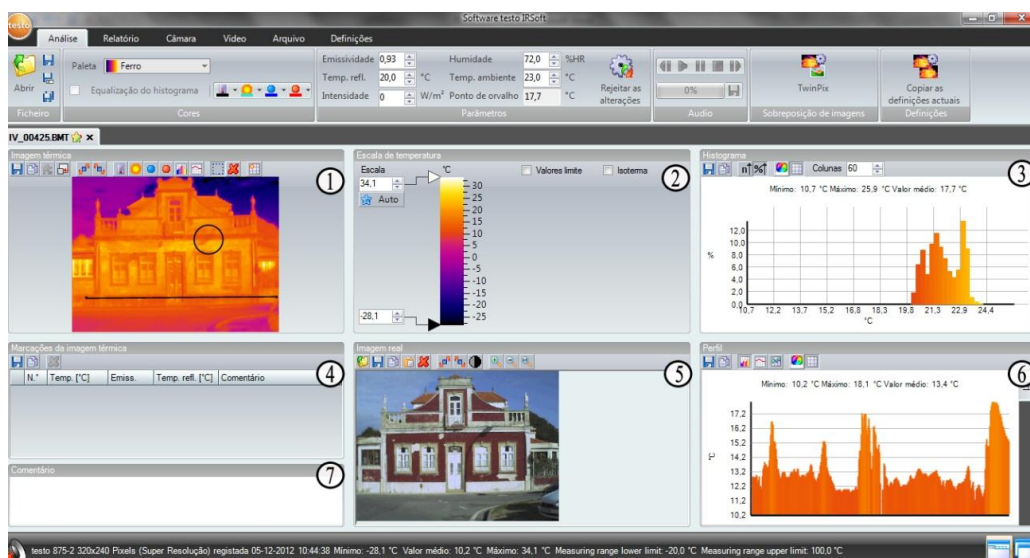


Figura 24. Interface do programa IRSoft da Testo.

O ambiente de trabalho do programa está dividido em 7 áreas. A 1ª mostra a imagem térmica, a 2ª a escala de temperaturas que pode ser regulada, a 3ª apresenta o histograma de uma área selecionada na imagem térmica, a parte 4ª mostra informações sobre pontos selecionados na imagem térmica, como temperatura superficial e emissividade, a secção 5 apresenta a imagem real, a 6 apresenta o perfil de temperaturas de uma linha traçada na imagem térmica e a parte 7 é uma divisão que permite a inserção de comentários.

Durante os estudos de campo e laboratório utilizou-se uma placa de aquecimento plana elétrica (Figura 25) da marca *Adeo Equation*, com potência de 425W, com dimensões 60cm x 60cm e atinge uma temperatura máxima de $72\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

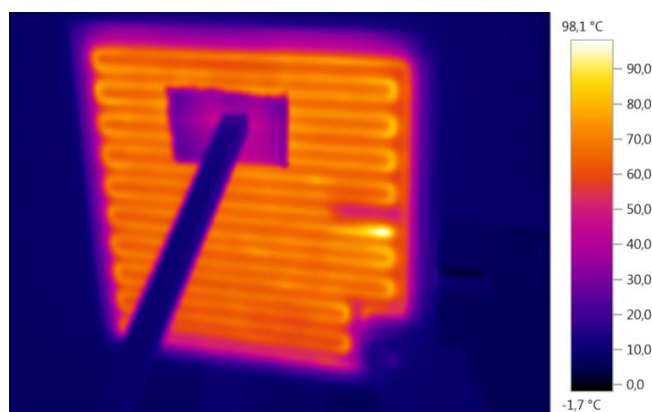


Figura 25. Imagem termográfica em que se observa de que forma se processa o aquecimento da placa de aquecimento.

Para efetuar o aquecimento dos azulejos é conveniente um afastamento entre a placa e o revestimento de cerca de 2.5 centímetros. Para que a câmara capture a totalidade da área aquecida pela placa, o operador deve ter uma distância de recuo de pelo menos um metro e meio.

4.2. ESTUDOS DE CAMPO

Os estudos experimentais de campo realizados tiveram como principal objetivo analisar as potencialidades do uso da termografia, em fachadas antigas de azulejo, no diagnóstico de anomalias causadas por variações de temperatura e humidade. O trabalho de campo foi desenvolvido em edifícios da cidade de Ovar, caracterizados por possuírem fachadas que se pretendiam restaurar brevemente.

Realizou-se o primeiro teste com a câmara termográfica num edifício da cidade de Aveiro (Figura 26).



Figura 26. Fachada do edifício *Testa e Amador* em Aveiro.

A Figura 27 mostra a imagem térmica da fachada principal do edifício: de um modo geral, identificam-se os diversos materiais através das diferentes temperaturas superficiais que reproduzem, mostrando que os elementos de cantaria apresentam uma temperatura inferior em relação aos restantes elementos.

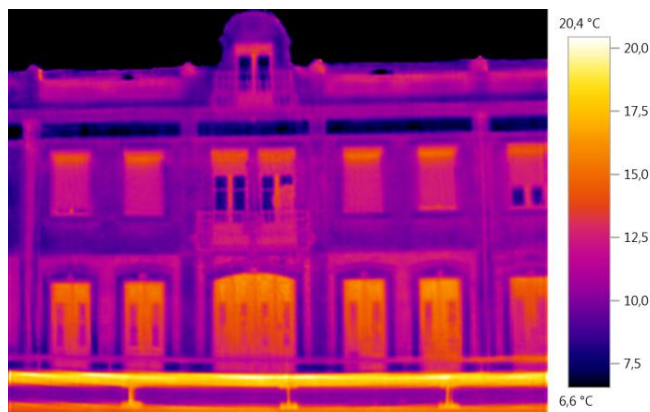


Figura 27. Imagem termográfica da fachada do edifício *Testa e Amador*, Aveiro.

De destacar a zona observada na Figura 28, em que se observam manchas, na vizinhança do pilar e sobre o revestimento de azulejo, com temperaturas mais baixas.



Figura 28. Identificação de temperaturas baixas na zona do pilar através da termografia (28a. Imagem real; 28b. Imagem termográfica).

A zona com temperatura inferior verificada na imagem anterior poderá indicar a presença de humidade, que se poderá infiltrar no revestimento, degradando-o.

Procederam-se os testes nas fachadas de Ovar. A escolha dos edifícios, que de seguida se analisarão, foi feita em virtude do mau estado de conservação que as fachadas ostentavam. Registaram-se as condições atmosféricas, temperatura e humidade relativa do ar. Foram realizadas fichas de caracterização dos edifícios estudados (ANEXO A).

Fachada 1

A primeira fachada (Figura 29), localizada na Rua Visconde de Ovar, orientada a norte, ou seja o sol não incide diretamente nela, foi a primeira a ser examinada. O céu

apresentava-se limpo. A temperatura rondou os 7 °C e a humidade relativa do ar os 93% (FREEMETEO, 2013a).



Figura 29. Fachada do edifício situado na Rua Visconde de Ovar, Ovar.

Visualmente não se identificaram anomalias assinaláveis. Alguns azulejos produziram um som oco quando submetidos ao toque com os nós dos dedos, o que poderá evidenciar o seu destacamento.

Através da câmara termográfica observaram-se as temperaturas distintas dos diversos materiais constituintes da fachada (Figura 30), os materiais pétreos apresentam temperaturas inferiores aos restantes materiais. A Figura 31 mostra alguns azulejos com pequenas zonas em que as temperaturas são inferiores às das áreas contíguas. Na mesma figura observa-se, também, uma zona com temperaturas mais elevadas.

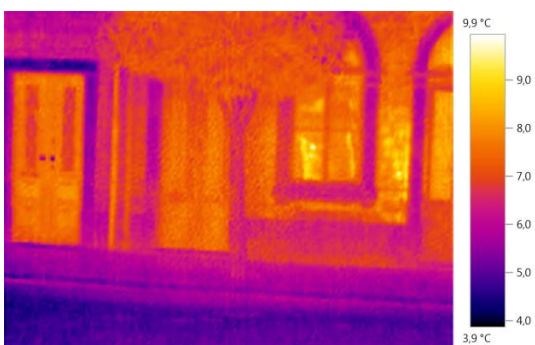


Figura 30. Imagem termográfica onde se identificam as temperaturas dos diversos materiais.

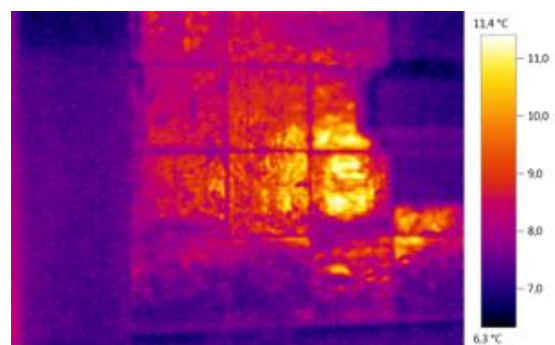


Figura 31. Imagem termográfica em que se verificam azulejos com pequenas zonas com temperaturas baixas e uma área maior com temperatura alta.

As temperaturas distintas entre os vários materiais poderão percecionar possíveis tensões entre eles. A área com temperaturas altas observável na Figura 31 será um reflexo originado por uma fonte de calor situada no lado oposto da rua.

Fachada 2

A Figura 32 mostra a fachada localizada no Largo S. Miguel. Está orientada a sul, o que permite a incidência do sol durante várias horas. O céu estava nublado. A temperatura rondou os 7 °C e a humidade relativa do ar os 93% (FREEMETEO, 2013a).



Figura 32. Fachada do edifício situado no Largo S. Miguel, Ovar

Neste edifício observaram-se anomalias por observação visual, como fissuras, azulejos destacados (Figura 33) e azulejos com destacamento de vidro (Figura 34).



Figura 33. Destacamento de azulejos sob o peitoril da janela.

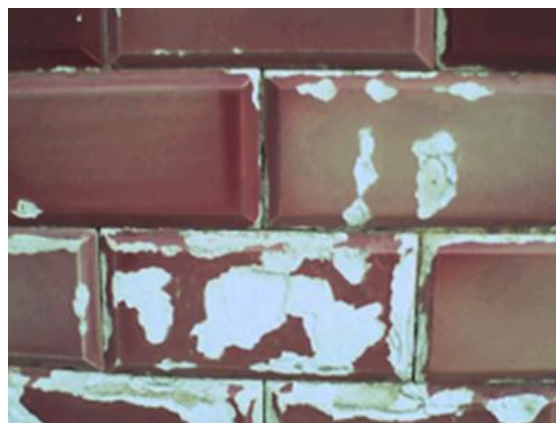


Figura 34. Destacamento de vidro de azulejos.

Através da termografia verificam-se as diferentes temperaturas que os diversos materiais apresentam (Figura 35).

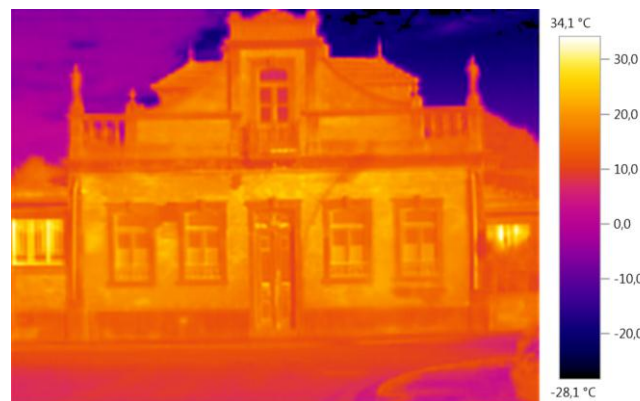


Figura 35. Imagem termográfica geral da fachada 2.

De realçar que a argamassa que ficou à vista após o destacamento dos azulejos apresenta uma temperatura inferior à dos azulejos e semelhante à dos elementos de cantaria.

Fachada 3

A fachada seguinte (Figura 36) localiza-se na mesma rua que a fachada estudada anteriormente, no Largo S. Miguel e partilha também da mesma orientação. O céu estava nublado. A temperatura rondou os 7 °C e a humidade relativa do ar os 93% (FREEMETEO, 2013a).



Figura 36. Fachada do edifício situado no Largo S. Miguel, Ovar

À vista desarmada verifica-se que houve a queda de alguns azulejos e o preenchimento dessas lacunas foi concretizado com cimento.

Recorrendo à termografia (Figura 37), regista-se que o granito do soco regista temperaturas baixas, tendendo a registar temperaturas superiores à medida que as cotas são superiores. As argamassas apresentam temperaturas próximas dos materiais pétreos contíguos. Sobre os vãos ocorre uma temperatura ligeiramente superior nos azulejos.



Figura 37. Imagem termográfica geral da fachada 3.

Analisando a imagem térmica anterior, será provável a presença de humidade proveniente do solo por ascensão capilar na zona inferior e na zona superior, onde se registam temperaturas superiores, poder-se-á assinalar um possível destacamento dos azulejos.

Fachada 4

A fachada seguinte (Figura 38), localizada na Rua Alexandre Herculano, está sujeita à incidência do sol durante algumas horas da parte final da manhã. Durante a inspeção o sol apresentou-se sempre nublado. A temperatura rondou os 7 °C e a humidade relativa do ar os 95% (FREEMETEO, 2013a).



Figura 38. Fachada do edifício situado na Rua Alexandre Herculano, Ovar.

Visualmente, foi possível identificar alguns azulejos com destacamento de vidro (Figura 39) e possíveis azulejos destacados, sob o peitoril da janela, através do som oco produzido quando sujeito ao toque com os nós dos dedos.



Figura 39. Destacamento de vidro de azulejos.

Na zona sob o peitoril da janela (Figura 40), observam-se azulejos com temperaturas relativamente superiores aos azulejos que não estão sob essa zona.

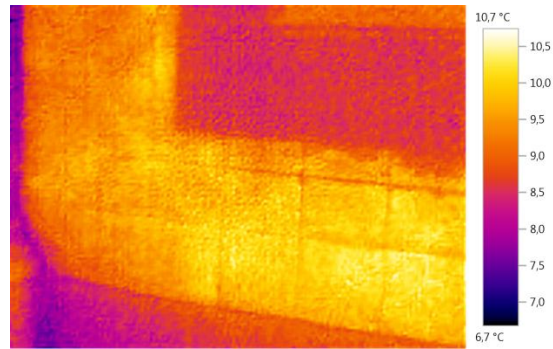


Figura 40. Imagem térmica onde se verificam temperaturas no revestimento sob o peitoril da janela.

As temperaturas registadas nos azulejos sob a janela poderão indicar zona de destacamento, a humidade influenciaria a temperatura (seria inferior) e aqui a temperatura superior está concentrada na zona inferior e não superiormente. Os materiais pétreos apresentam temperaturas baixas.

Fachada 5

A Figura 41 mostra a fachada Figura 29 localizada na Rua Vasco da Gama. A sua orientação não permite a incidência direta do sol em nenhuma hora diária. Durante o estudo, o céu apresentou-se nublado. A temperatura rondou os 7 °C e a humidade relativa do ar os 95% (FREEMETEO, 2013a).



Figura 41. Fachada do edifício situado na Rua Vasco da Gama, Ovar

Neste edifício observaram-se fissuras e azulejos com destacamento de vidro. Sob a janela identificou-se um azulejo que produziu um som oco quando submetido à percussão.

A Figura 42 permite identificar temperaturas baixas no soco, principalmente junto da zona do pilar. Nas zonas contíguas à janela observam-se azulejos aleatórios com temperaturas superiores. A Figura 43 mostra o pormenor de um azulejo, sob o peitoril da janela, com temperatura distinta.

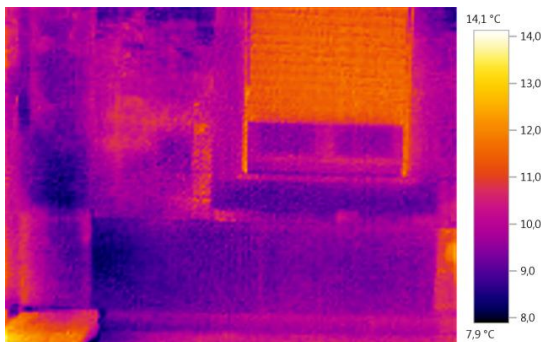


Figura 42. Imagem termográfica onde se destacam as temperaturas baixas no soco.

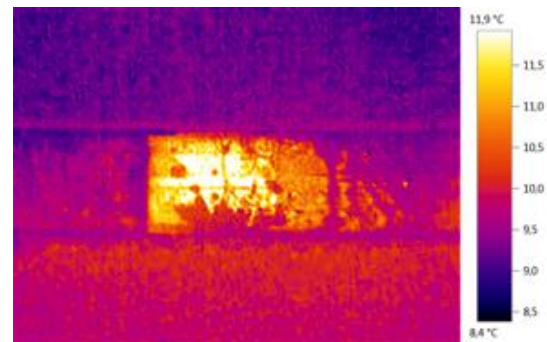


Figura 43. Imagem termográfica do pormenor de um azulejo com temperatura mais alta.

As temperaturas inferiores registadas na zona do pilar poderão indicar a presença de humidade proveniente do solo por ascensão capilar. Os azulejos que registam temperaturas superiores poderão estar destacados, nomeadamente, o azulejo sob o vão de janela e sobre o soco, zona suscetível a infiltrações de água e tensões induzidas pelos vários materiais.

Fachada 6

A fachada seguidamente estudada localiza-se no Largo dos Bombeiros (Figura 44). Essa fachada está sujeita a incidência direta do sol durante a manhã e o início da tarde. Durante o estudo, o céu apresentou-se nublado. A temperatura rondou os 10 °C e a humidade relativa do ar os 87% (FREEMETEO, 2013a).



Figura 44. Fachada do edifício situado no Largo dos Bombeiros, Ovar

À vista desarmada registaram-se azulejos com destacamento de vidro, identificaram-se azulejos diferentes com cores diferentes (Figura 45) e colonização biológica (Figura 46).



Figura 45. Pormenor com dois tipos de azulejos.



Figura 46. Colonização biológica entre as juntas dos azulejos

Através da termografia é passível a identificação dos azulejos diferentes (Figura 47). A Figura 48 mostra azulejos aleatoriamente dispostos com temperaturas altas.

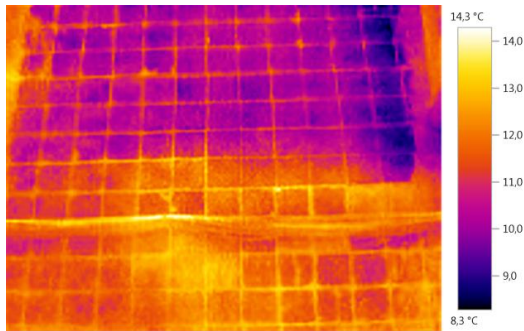


Figura 47. Imagem termográfica da zona com azulejos diferentes.

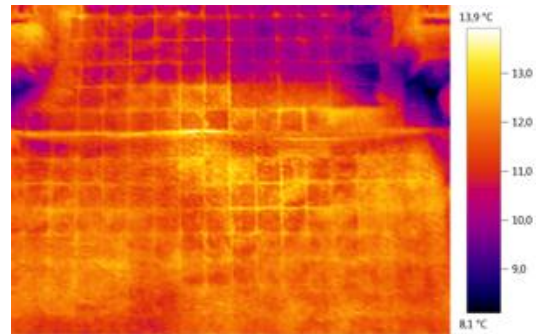


Figura 48. Imagem termográfica onde se verificam várias zonas do revestimento com temperaturas distintas.

Os azulejos que registam temperaturas altas poderão estar destacados. É relevante referir que esta fachada, antes de ser feito o seu estudo, esteve várias horas exposta ao sol e acredita-se que, nessas condições, a termografia poderá permitir a identificação de anomalias, nomeadamente o destacamento dos azulejos.

Fachada 7

A Figura 49 mostra a fachada estudada localizada na Rua Cândido dos Reis. O sol incide apenas durante a manhã, o estudo foi feito entre as 10 horas e as 11 horas. O céu esteve nublado. A temperatura rondou os 10 °C e a humidade relativa do ar os 87% (FREEMETEO, 2013a).



Figura 49. Fachada da antiga farmácia situada na Rua Cândido dos Reis, Ovar

De um modo geral o edifício apresentava algumas falhas de azulejos, nomeadamente a zona evidenciada na Figura 50, onde ocorreu a fixação e o desenvolvimento de plantas superiores após a queda dos azulejos. Verificou-se, também, azulejos fissurados e com o vidro destacado. Foi possível verificar a presença de humidade na área mostrada (Figura 51) e observou-se colonização biológica – algas – nas juntas entre os azulejos e nas suas fraturas.



Figura 50. Empolamento de azulejos e macro organismos.



Figura 51. Colonização biológica intensa nas juntas entre azulejos e nas fraturas

A presença continuada de humidade poderá ter favorecido a colonização biológica e além disso, poderá ter transportado sais que levaram à degradação do vidro dos azulejos, principalmente na zona das arestas.

A termografia apenas permitiu visualizar os factos já visíveis à vista desarmada, colonização biológica (Figura 52) e perceber a presença de humidade (Figura 53).

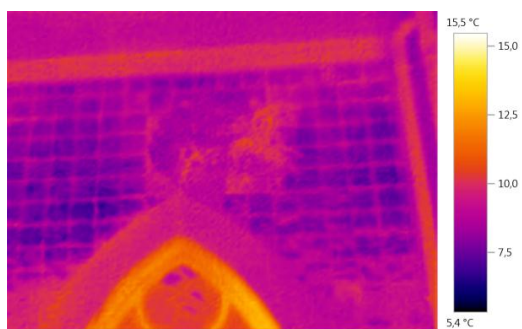


Figura 52. Imagem termográfica da zona onde com macro organismos.

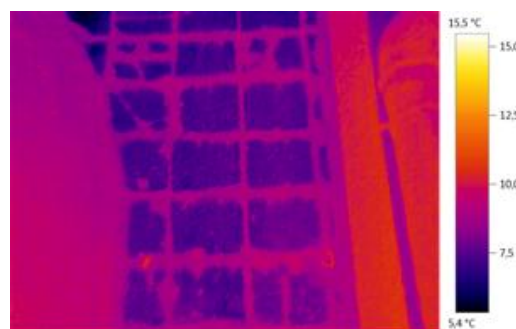


Figura 53. Imagem térmica onde se verifica colonização biológica nas juntas e nas fraturas.

Durante os ensaios realizados levantou-se uma questão importante, a reflexão dos azulejos. Nos ensaios posteriores foi necessário escolher um ângulo entre o operador e a câmara de modo a evitar reflexões da radiação infravermelha, emitida por outras fontes de calor. Pensa-se que as condições atmosféricas afetam de um modo vigoroso a identificação de anomalias, principalmente ao nível das argamassas de assentamento. Fachadas que estejam sujeitas à ação direta do sol, apresentam resultados promissores, tanto na identificação de destacamentos de azulejos, como na “observação” de humidade. Assim, foi equacionado uma simulação do aquecimento produzido pela radiação solar, tendo sido opção o recurso a uma placa de aquecimento.

Nos estudos de campo seguintes, além da avaliação e levantamento termográfico geral do edifício, usou-se uma placa de aquecimento, que permitiu aquecer frações das fachadas (Figura 54) e por meio da câmara termográfica observar de que forma ocorre a dissipação do calor induzido, pois azulejos assentes com argamassas de natureza diferenciadas (tipo de ligante) e em estado de conservação diverso arrefecem a velocidade diferentes.



Figura 54. Aquecimento do revestimento com a placa de aquecimento.

A fim de realizar uma análise comparativa, fez-se, também, o ensaio de percussão, que consiste em avaliar o grau de adesão do revestimento, através do som produzido pelo mesmo, quando sujeitos a ligeiras pancadas com os nós dos dedos ou com algum objeto. Azulejos destacados reproduzem um som oco/cavo. Fizeram-se os respetivos esquemas, representando as zonas não ocas com um ponto preto e ocas com um ponto branco (Figura 62).

A seguinte fachada (Figura 55) foi estudada entre as 10h e as 13h, o céu apresentava-se parcialmente nublado. A temperatura rondou os 13 °C e a humidade relativa do ar os 88% (FREEMETEO, 2013b). O sol não incide diretamente nela.



Figura 55. Apresentação da fachada 8, Ovar.

Inicialmente fez-se uma avaliação global do edifício (Figura 56), procurando identificar fendas, manchas de humidade ou outras anomalias observáveis visualmente. Procurou-se, também, avaliar o grau de aderência do revestimento através do ensaio de percussão.

Posteriormente fez-se uma análise térmica geral do edifício (Figura 56). De um modo geral, observa-se as diferentes temperaturas superficiais dos vários materiais. Apesar de se observarem alguns reflexos no revestimento, é passível observar que a sua temperatura superficial varia ligeiramente com a altura, verificando-se as temperaturas mais baixas junto ao soco e as mais levadas junto da sanca.

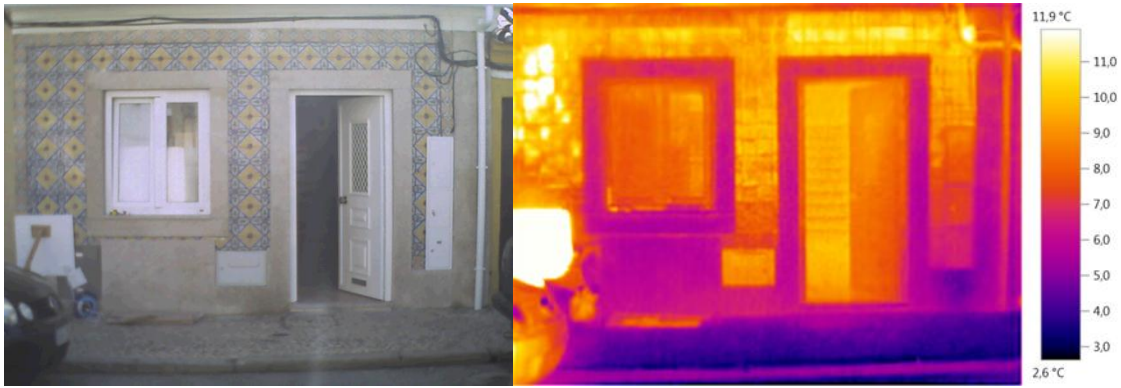


Figura 56. Análise visual e térmica da fachada. (56a. Imagem real; 56b. Imagem termográfica).

Para além da humidade ascensional que se pensa observar, através da termografia, julgando pelas variações de temperatura observáveis na fachada principal do edifício, regista-se, através do ensaio de percussão, empolamento do revestimento em várias zonas, nomeadamente do lado esquerdo da fachada (ponto de vista do observador). Desta forma, escolheu-se essa área para realizar os ensaios termográficos usando a placa de aquecimento. Foram eleitas as zonas para a análise termográfica de acordo com a Figura 57.



Figura 57. Mapeamento das zonas da fachada a estudar utilizando a placa de aquecimento.

A Figura 58 mostra a imagem térmica retirada junto ao soco, onde não se observam variações térmicas significativas entre os vários azulejos. Na Figura 59 observam-se dois azulejos na fiada inferior com temperaturas inferiores. Salienta-se ainda outro na fiada intermédia, que à semelhança dos dois azulejos referidos anteriormente, apresenta também, uma temperatura inferior. Na zona C (Figura 60) registam-se temperaturas superficiais homogéneas, à exceção de pequenas regiões com temperaturas superiores.

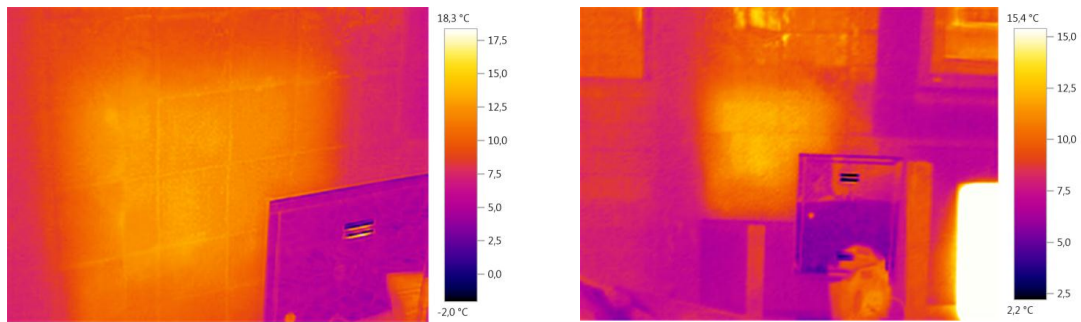


Figura 58. Imagens termográficas da zona A, onde não se observam singularidades.

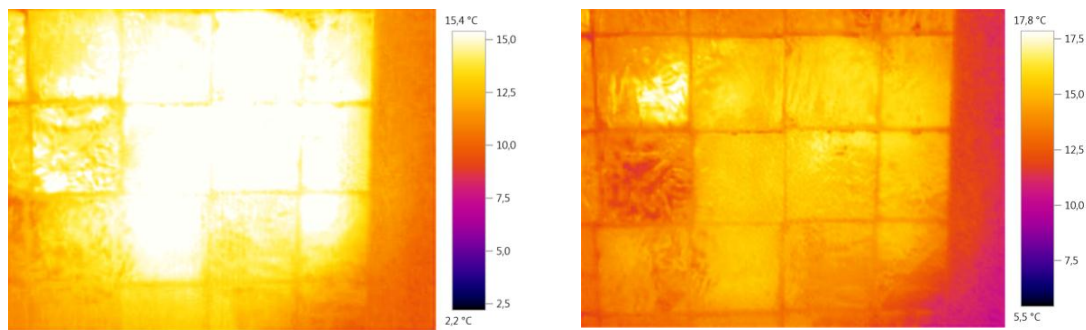


Figura 59. Imagens termográficas da zona B, onde se observam 3 azulejos com temperatura inferior.

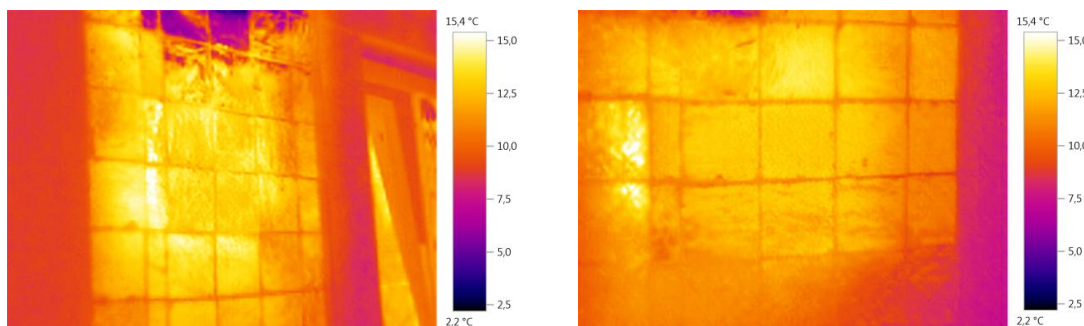


Figura 60. Imagens termográficas da zona C, em que se observam temperaturas superficiais homogéneas.

Na zona A os resultados não foram muito elucidativos, os possíveis destacamentos, identificados através do ensaio sonoro, não se verificaram, talvez por as anomalias ocorrerem entre o suporte e a argamassa, local distante da superfície dos azulejos e por isso a termografia não permitirá obter resultados convincentes. Os dois azulejos da fiada inferior da zona B, apresentam temperaturas ligeiramente inferiores, visto que esses azulejos foram repostos com argamassa de cimento, como se pôde comprovar após a remoção de alguns azulejos nessa área (Figura 61).



Figura 61. Azulejos colocados com argamassa de cimento.

Na mesma zona salienta-se ainda um resultado incoerente revelado num outro azulejo, pois após o ensaio de percussão esperava-se que este se encontrasse nas mesmas condições que a generalidade do restante revestimento. Pensava-se que com a remoção dos azulejos, se encontraria uma explicação coerente que justificasse esta situação, mas não se verificaram quaisquer irregularidades após a análise da superfície da argamassa exposta. Na zona C evidenciam-se diversos pontos com temperatura superior que se julgam reflexões de veículos ali estacionados, que não se conseguiram evitar, mesmo variando o ângulo de captação das imagens.

De um modo geral, com a câmara termográfica, não se conseguiram identificar anomalias ao nível das argamassas, mesmo sabendo, através do teste de percussão (Figura 62), que o revestimento a apresentava irregularidades. Possivelmente os destacamentos ocorreram entre o suporte e as argamassas de assentamento, e dessa forma não são possíveis de detetar através da termografia, uma vez que esta apenas

mede temperaturas superficiais, sendo improvável a deteção de anomalias que ocorram a essa distância da superfície da fachada.

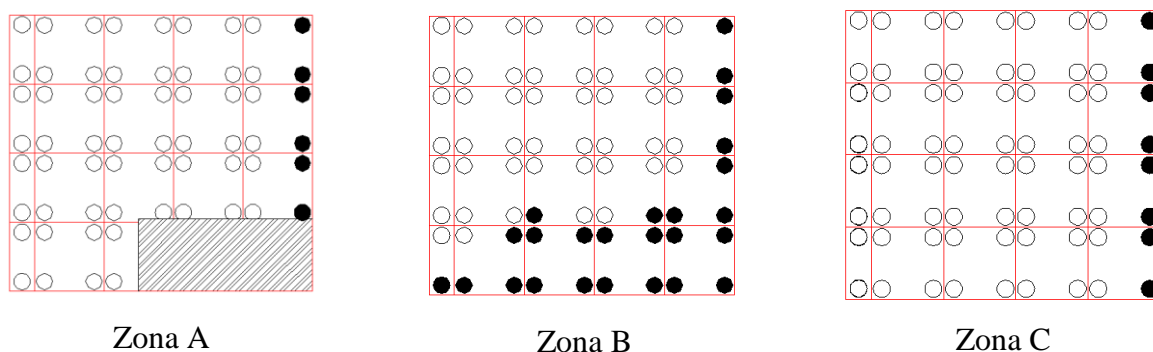


Figura 62. Representação esquemática do ensaio de percussão (círculos brancos representam som oco; círculos pretos representam som não oco).

Fachada 9

A fachada 9 (Figura 63) foi estudada entre as 10h e os 12h, o céu esteve limpo e a temperatura rondou os 14 °C e a humidade relativa do ar os 51% (FREEMETEO, 2013c). O sol abrange diretamente a fachada nas horas da manhã.

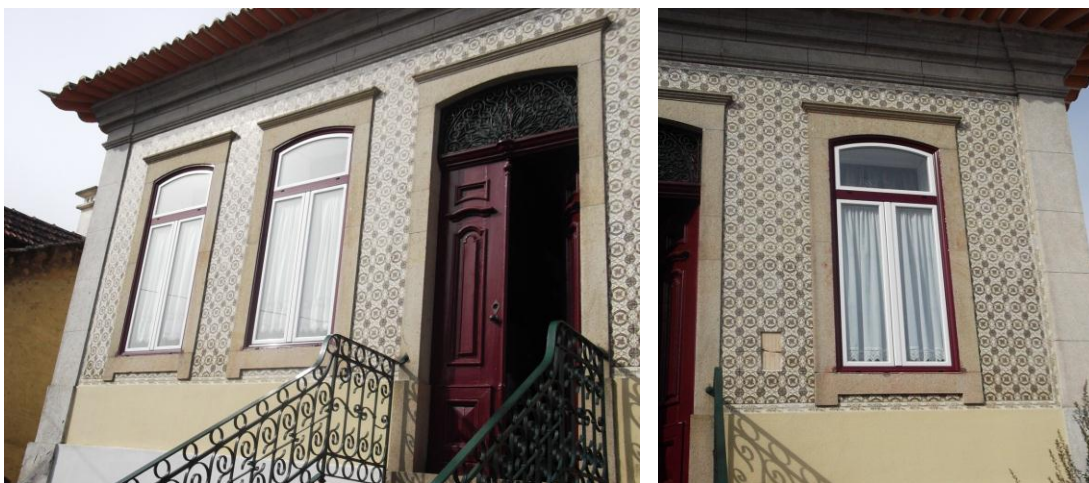


Figura 63. Apresentação geral da fachada 9, Ovar

Inicialmente, fez-se uma avaliação visual global do edifício e de um modo geral não foram visíveis anomalias, à exceção de dois azulejos em falta entre a porta e a janela do lado direito, como se pode ver na Figura 63.

Procedeu-se, à análise da fachada apenas com a câmara termográfica. A Figura 64, além de mostrar a zona onde faltam dois azulejos, mostra, também, que os azulejos contíguos a essa zona, possuem temperaturas ligeiramente superiores.

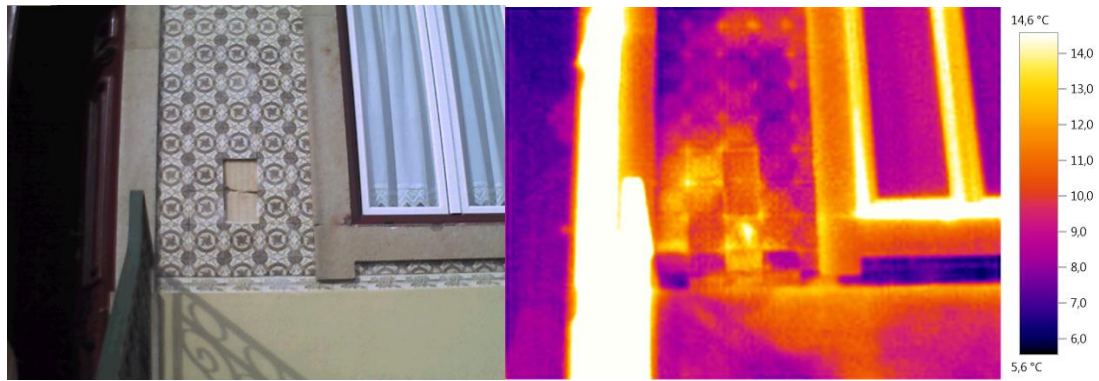


Figura 64. Análise da zona onde ocorreu o desprendimento de dois azulejos (64a. Imagem real; 64b. Imagem termográfica).

A Figura 65 exibe duas zonas com temperaturas distintamente superiores, uma, mais a cima, em que as temperaturas superiores se observam no entorno de quatro azulejos e outra região na vizinhança do local onde faltam dois azulejos.

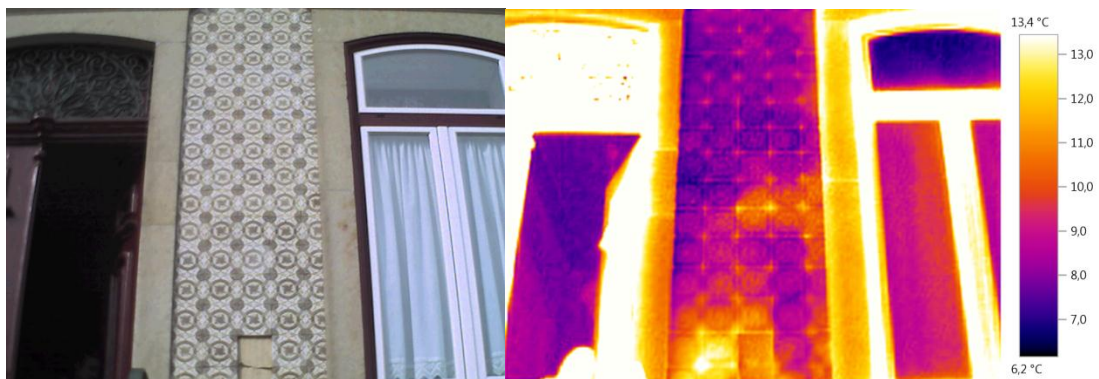


Figura 65. Análise da zona da fachada entre a porta e a janela. (65a. Imagem real; 65b. Imagem termográfica).

Pelas imagens anteriores, é legítimo ponderar que se estará na presença de anomalias, principalmente junto da zona em que dois azulejos caíram. As temperaturas que aí se registam poderão indicar o risco de destacamento dos azulejos contíguos.

A Figura 66 mostra as zonas escolhidas para realizar os testes termográficos utilizando a placa de aquecimento para aquecer essas mesmas zonas. A primeira área a ser estudada foi a zona D, do lado direito do edifício, entre a esquina do edifício e a janela. Como se observa na Figura 67, através da imagem termográfica observa-se uma zona com temperaturas inferiores limitada inferiormente e lateralmente por uma região com temperaturas superiores.

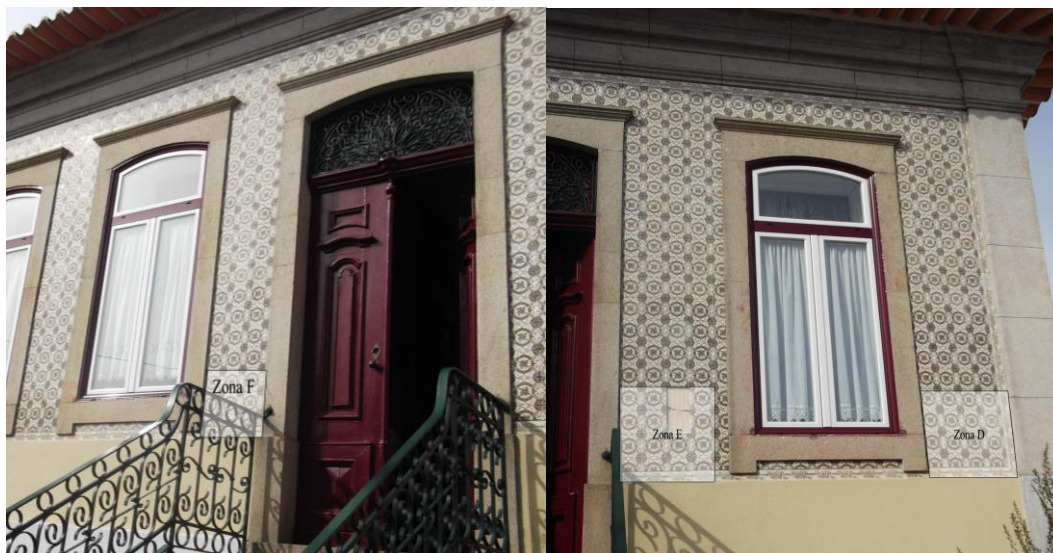


Figura 66. Mapeamento das zonas da fachada a estudar utilizando a placa de aquecimento

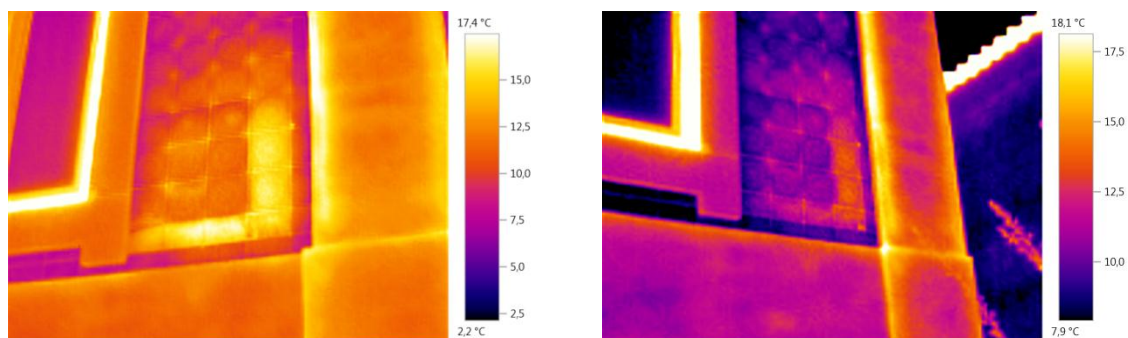


Figura 67. Imagem termográfica onde se observa uma região com temperaturas distintas.

Após uma análise minuciosa, observou-se que nas juntas dos azulejos, que apresentam uma temperatura inferior, possuíam argamassa de natureza cimentícia, sendo provável que os azulejos tenham sido recolocados com esse tipo de argamassa. O cimento tem coeficientes diferentes de expansão térmica e hídrica dos das argamassas tradicionais o que poderá ter conduzido ao incremento de tensões e conseqüente destacamento dos azulejos contíguos. Os azulejos com temperaturas superiores serão aqueles que estarão destacados.

Executou-se o procedimento anterior na zona E, entre a porta de entrada do edifício e uma janela e através da imagem térmica (Figura 68), além de se identificar facilmente o local onde faltam dois azulejos, registam-se azulejos com temperaturas superiores na

vizinhança desse local. Contudo, identificam-se dois azulejos com temperaturas inferiores.

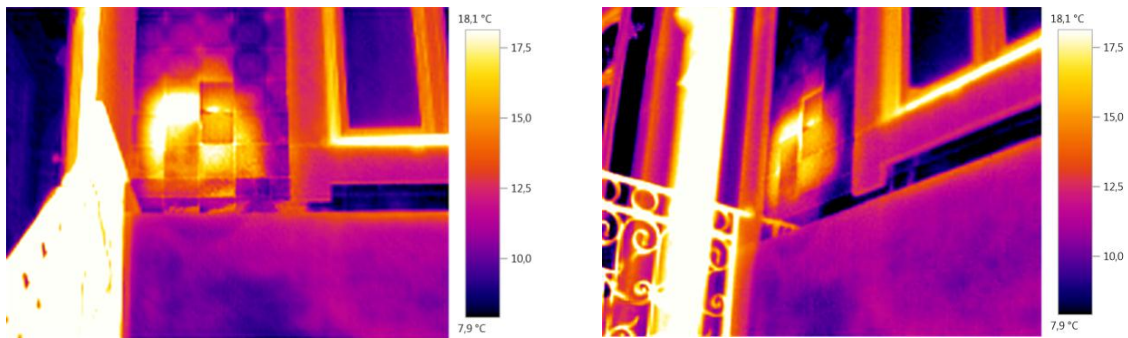


Figura 68. Imagem termográfica onde se observa a zona onde ocorreu o desprendimento de dois azulejos e das áreas contíguas.

Relativamente aos azulejos com a temperatura mais alta, prevê-se que estejam destacados do suporte, enquanto os dois azulejos que apresentam uma inferior deverão ser azulejos recolocados após a sua queda/levantamento, pois apresentam uma diferença de temperatura brusca comparativamente aos azulejos vizinhos. Esta recolocação poderá ter sido feita com argamassa de cimento, situação já vista na zona D, o que poderá levar ao aumento de tensões no restante revestimento. De notar que esta zona coexistem vários materiais, como a guarda de ferro forjado chumbada na parede ou as peças de cantaria da janela e da porta, que poderão levar ao aumento de tensões e respetiva transmissão ao azulejo ou à argamassa conduzindo ao conseqüente destacamento do revestimento.

Por outro lado, após a análise da zona F observa-se que não existem grandes diferenças térmicas entre os diferentes azulejos (Figura 69).

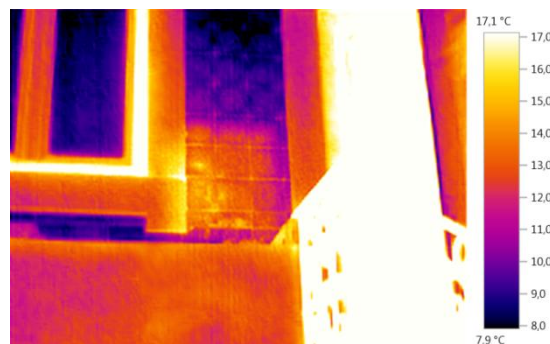


Figura 69. Imagem termográfica da zona F em que não se observam singularidades

A conformidade de temperaturas retrata a inexistência de destacamentos, o que se pode comprovar através do teste de percussão.

Neste edifício, as anomalias que mais se verificam são os destacamentos. Para se comprovar que os destacamentos vistos com a termografia existiam, fez-se o ensaio de percussão (Figura 70).

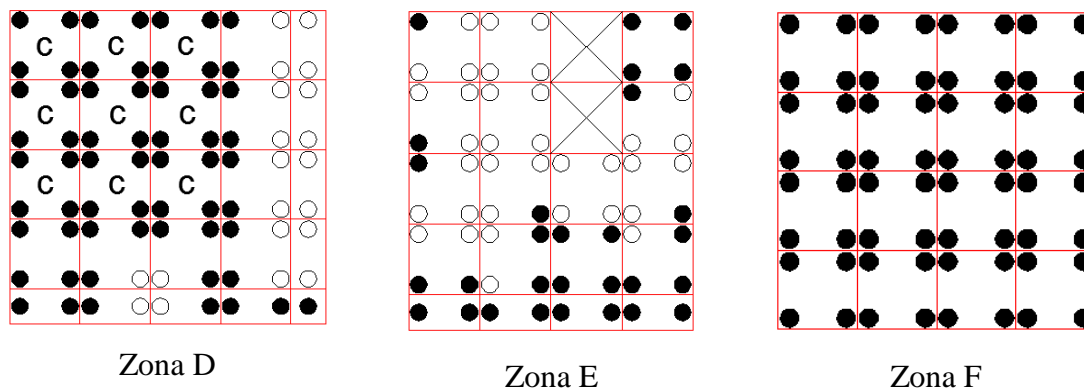


Figura 70. Representação esquemática do ensaio de percussão (círculos brancos representam som oco; círculos pretos representam som não oco; c representa azulejos repostos com argamassa de cimento).

Após a comparação do ensaio de percussão com os resultados obtidos através da termografia, pode-se afirmar que os locais em que se ouviu o som cavo coincidem, de um modo geral, com os locais onde se previam existir destacamentos, usando a termografia.

Fachada10

A Figura 71 mostra a fachada 10 que foi observada entre as 10h e os 12h, o céu esteve limpo e a temperatura rondou variou entre os 6 °C e os 13 °C e a humidade relativa entre os 75% e os 51% (FREEMETEO, 2013d). O sol nunca incide sobre a fachada.



Figura 71. Apresentação da fachada 10 situada no Largo dos Bombeiros, Ovar

Após a primeira apreciação da fachada (Figura 71), visualizaram-se numerosos azulejos com o destaque do vidrado (Figura 72). De referir, também, a presença de ligeiros empolamentos do revestimento, principalmente em zonas adjacentes à cantaria.



Figura 72. Azulejos com destaque de vidrado.

A área que se distingue na imagem anterior poderá corresponder ao destaque do revestimento devido a possíveis infiltrações de água.

Procedeu-se então ao uso da placa de aquecimento. Primeiramente fez-se o levantamento termográfico das zonas assinaladas na Figura 73.



Figura 73. Mapeamento das zonas a estudar utilizando a placa de aquecimento.

A Figura 74, que corresponde à zona G, mostra que os azulejos contíguos à cantaria de esquina e do soco apresentam temperaturas superiores aos restantes. De salientar, também, a temperatura distinta que se observa no canto inferior esquerdo do azulejo situado na quarta fila e terceira coluna da fachada (de baixo para cima, da esquerda para a direita). A Figura 75, relativa à zona H detém um resultado semelhante à zona subjacente, em que a zona do revestimento junto da cantaria se distingue.

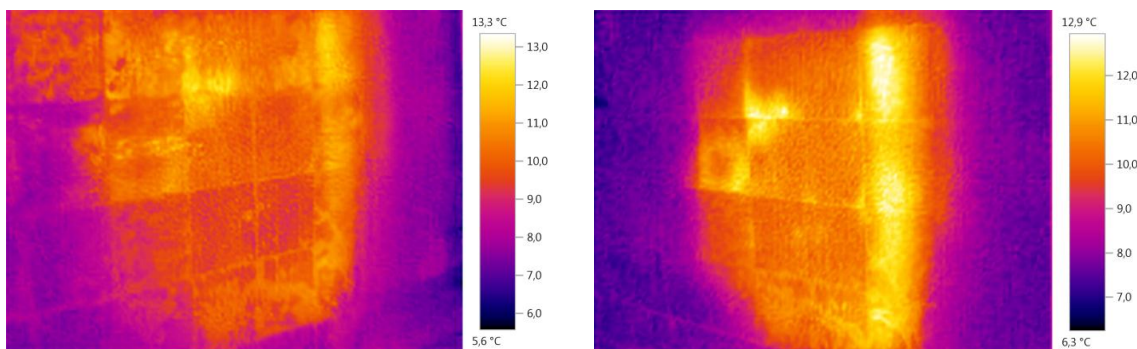


Figura 74. Imagem termográfica da zona G onde se verificam regiões com temperaturas que se distinguem.

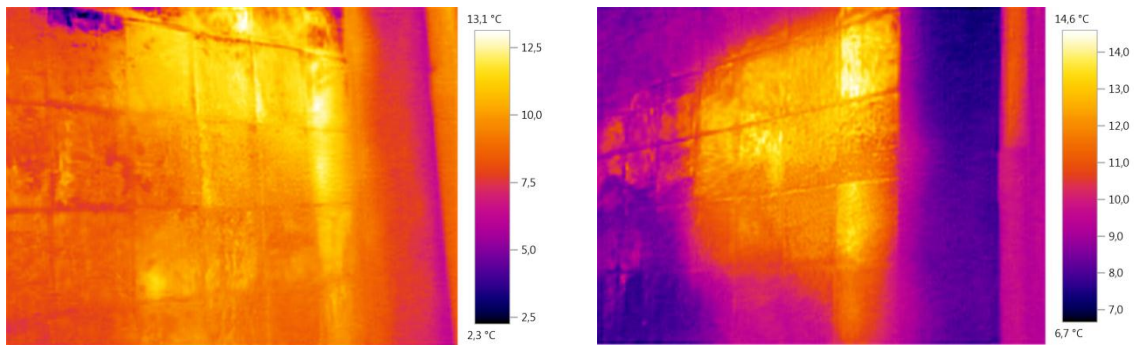


Figura 75. Imagem termográfica da zona H em que se verificam determinadas áreas com temperaturas elevadas.

Crê-se que as temperaturas que se evidenciam nas imagens anteriores assinalam o destacamento de azulejos, uma vez que se observam, principalmente, junto das cantarias, zonas que geralmente estão sujeitas ao acréscimo de tensões, devido à incompatibilidade de materiais e junto ao soco de pedra, área que poderá estar afetada pela humidade proveniente do solo.

A Figura 76 mostra estado das argamassas de assentamento após a remoção dos azulejos da zona G.



Figura 76. Estado das argamassas após a remoção de azulejos na zona C.

A imagem anterior mostra que houve a substituição das argamassas originais, mas junto do cunhal e ao soco, não houve essa substituição. A variação de materiais subjacentes (argamassas) é concordante com a variação da velocidade da perda de calor dada pela termografia.

Posteriormente fez-se a análise da zona I e da zona J, situadas entre a porta de entrada e a vitrina. Ambas as áreas analisadas possuem azulejos com temperaturas heterogéneas,

ou seja, frações desses azulejos possuem temperaturas mais elevadas. A Figura 77 mostra dois azulejos pontualmente mais quentes, já a Figura 78 mostra três azulejos com zonas que se distinguem.

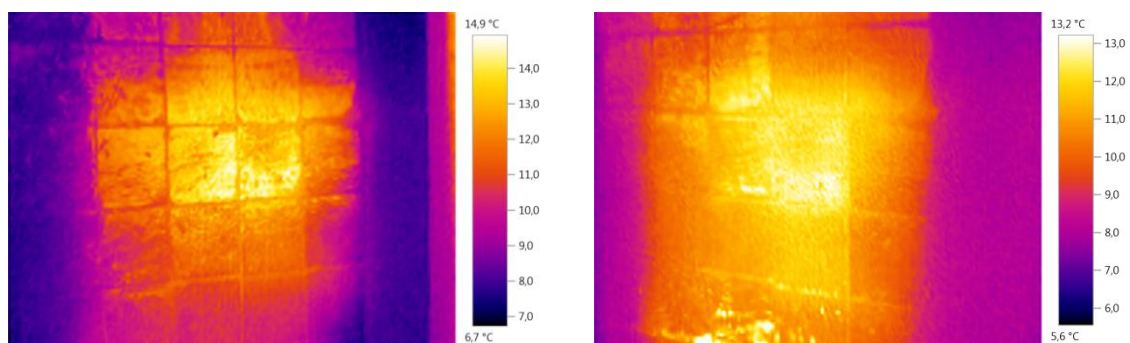


Figura 77. Imagem termográfica da zona I onde se observam dois azulejos pontualmente mais quentes.

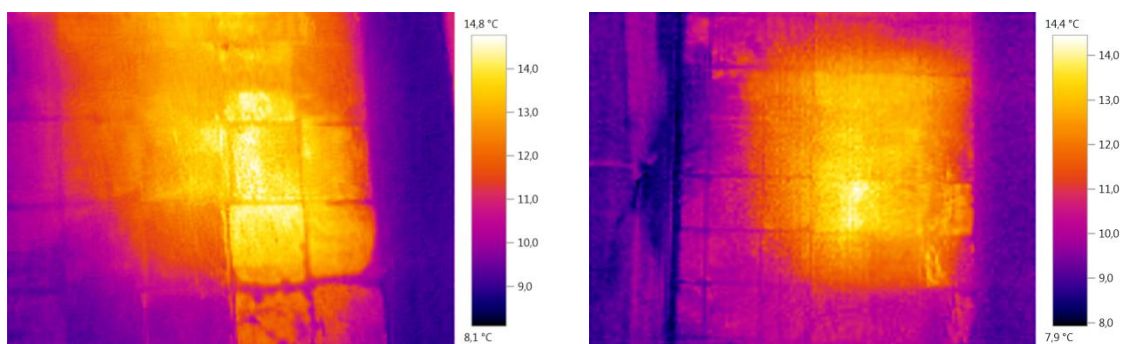


Figura 78. Imagem termográfica da zona J em que se verificam regiões de três azulejos com temperaturas mais altas.

Após a análise das imagens térmicas, acredita-se que os pontos mais quentes indicam destacamentos pontuais do revestimento de argamassa de junta. Após uma análise cuidadosa das zonas estudadas, identificaram-se locais que evidenciam infiltração de água no revestimento (Figura 79) e dessa forma acredita-se que essas infiltrações possam ter levado aos destacamentos identificados anteriormente.



Figura 79. Pormenor de azulejos com vidrado destacado, indicando a possíveis infiltrações de água.

Após a análise termográfica do edifício observam-se vários destacamentos junto de locais contíguos a elementos de pedra e junto ao soco que poderão estar sujeitos à ação da água, principalmente proveniente do solo por ascensão capilar. Para efeitos de comparação fez-se o teste de percussão (Figura 80).

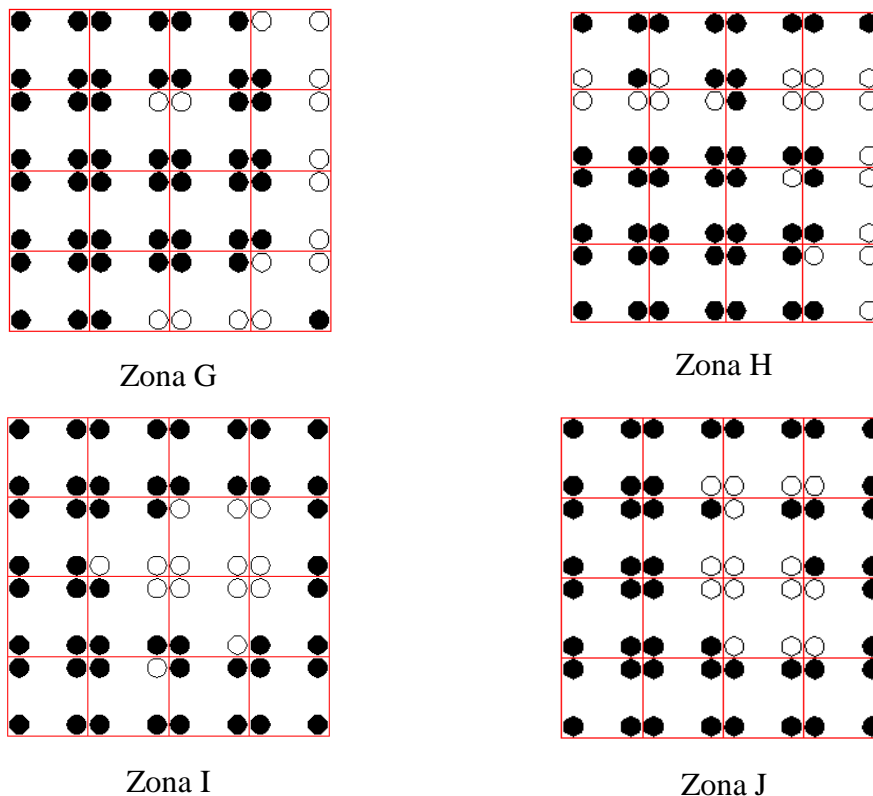


Figura 80. Representação esquemática do ensaio de percussão (círculos brancos representam som oco; círculos pretos representam som não oco).

Após a comparação dos resultados obtidos através da termografia com os resultados sonoros, comprova-se que as regiões que se previam estar destacadas são as mesmas que apresentam um som oco, pois frações com temperaturas mais elevadas coincidem com as zonas de som cavo.

Ao longo da campanha de campo foram-se observando situações, que apesar de não irem ao encontro dos objetivos principais do trabalho, julgaram-se de relativo interesse e por isso serão analisadas de seguida.

Recorrendo à termografia foi possível verificar defeitos nos azulejos que já são visíveis à vista desarmada como destacamento de vidro (Figura 81) e fissuras (Figura 82).

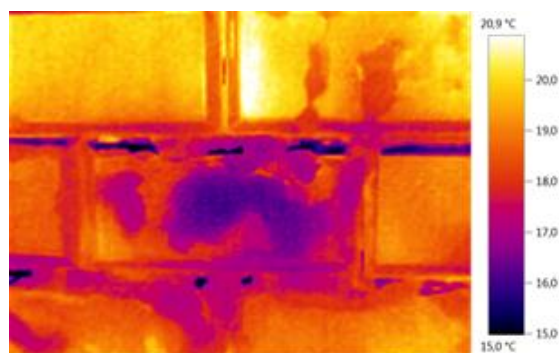


Figura 81. Observação de destacamento de vidro através da termografia.

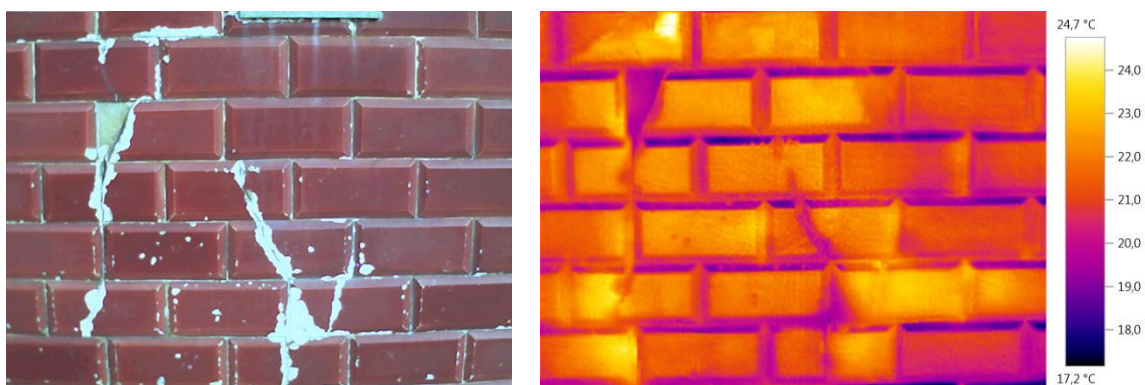


Figura 82. Observação de azulejos fissurados através da termografia. (82a. Imagem real; 82b. Imagem termográfica).

As zonas dos azulejos com o vidro destacado manifestam-se com temperaturas inferiores, tal como as fissuras.

Observou-se que os cabos e a caixa de eletricidade que estão nessa fachada são facilmente identificáveis nas imagens térmicas (Figura 83).

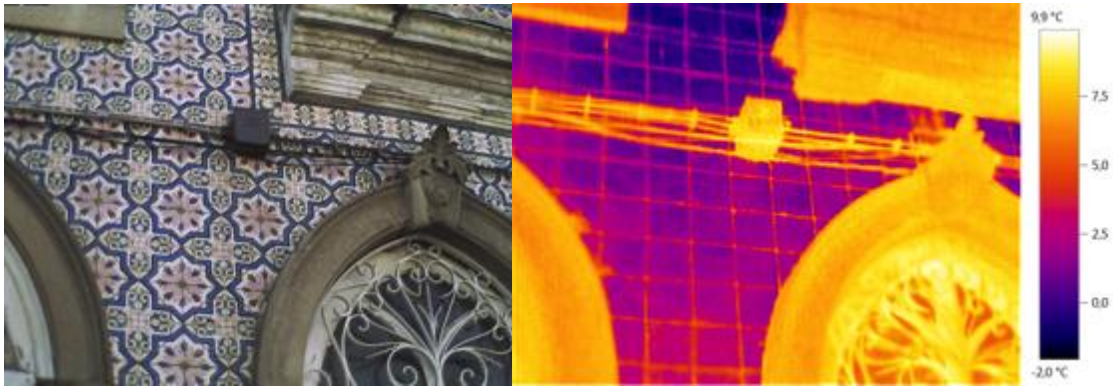


Figura 83. Caixa e cabos condutores de eletricidade. (83a. Imagem real; 83b. Imagem térmica)

Esta situação poderá dificultar a análise caso esses cabos estejam próximos de uma zona que se pretenda estudar, até porque poderão provocar reflexos e adulterar os resultados.

A Figura 84 mostra a imagem real de uma parede em que à vista desarmada não se vê qualquer singularidade mas a imagem térmica dessa zona mostra uma região com a forma de um vão com temperatura inferior à restante fachada.

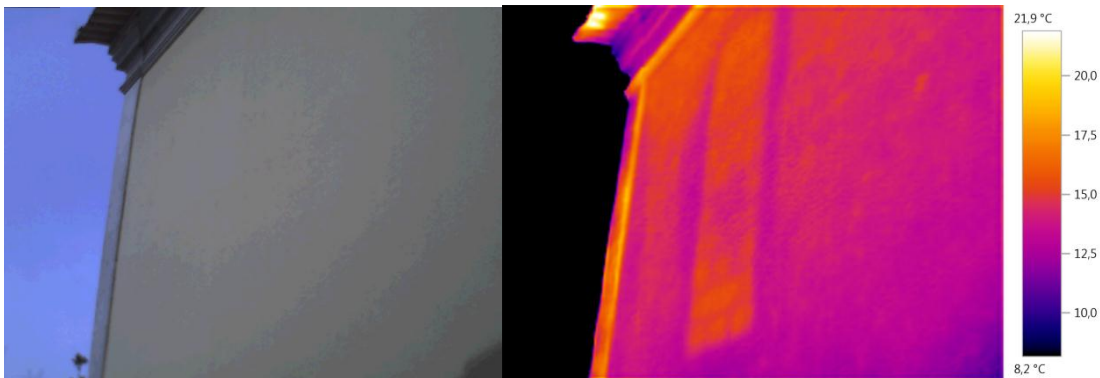


Figura 84. Identificação, através da termografia, de um vão de janela existente anteriormente. (84a. Imagem real; 84b. Imagem termográfica).

Suspeitava-se que naquela zona teria existido uma janela que posteriormente tenha sido fechada, situação que o proprietário do edifício veio a confirmar. O vão seria de material pétreo, por isso emite temperaturas inferiores.

Como já foi dito anteriormente, a emissividade dos materiais poderá por vezes levar à incorreta análise das imagens térmicas.

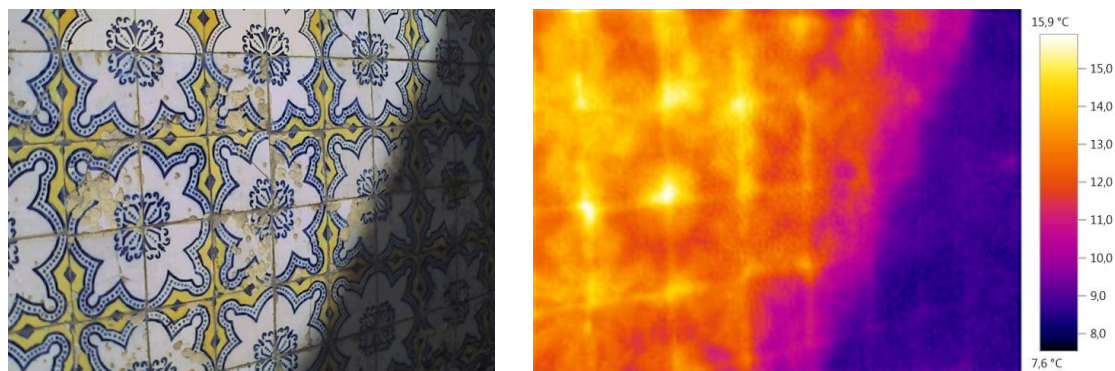


Figura 85. Diferença de intensidade de radiação vermelha provocada por diferentes emissividades.

Como se pode ver na Figura 85 as diferentes cores dos azulejos manifestam-se de forma diferente. Poderá pensar-se que as zonas a amarelo terão temperaturas superiores, mas na realidade estarão à mesma temperatura das restantes zonas dos azulejos, apenas têm emissividade diferente e por isso não refletem a radiação infravermelha com a mesma intensidade.

4.3. ESTUDO EM LABORATÓRIO

Com o propósito de compreender melhor os fenómenos observados durante a campanha de campo, sentiu-se a necessidade de realizar um estudo experimental. Esse estudo baseou-se na execução de uma parede, em laboratório, de adobe e revestida com azulejos antigos e réplicas. Induziram-se algumas anomalias ao nível das argamassas, pretendendo-se fazer a identificação das mesmas através da termografia e construiu-se um reservatório em torno da parede e encheu-se com água de forma a sujeitar a parede à ação da água.

Adicionalmente fez-se outros estudos, como o estudo termográfico de uma parede com suporte de tijolo ou a realização de um ensaio com georadar na parede construída

4.3.1. PROCESSO CONSTRUTIVO DO SISTEMA DE REVESTIMENTO

Inicialmente construiu-se o suporte com adobes como mostra a Figura 86.



Figura 86. Aspecto do suporte construído com adobes aplicados com argamassa hidráulica natural (NHL5 da Secil).

Os adobes com foram assentes com argamassa de cal hidráulica natural (NHL5 da Secil) com traço 1:3 e areia com a granulometria apresentada na Figura 87.

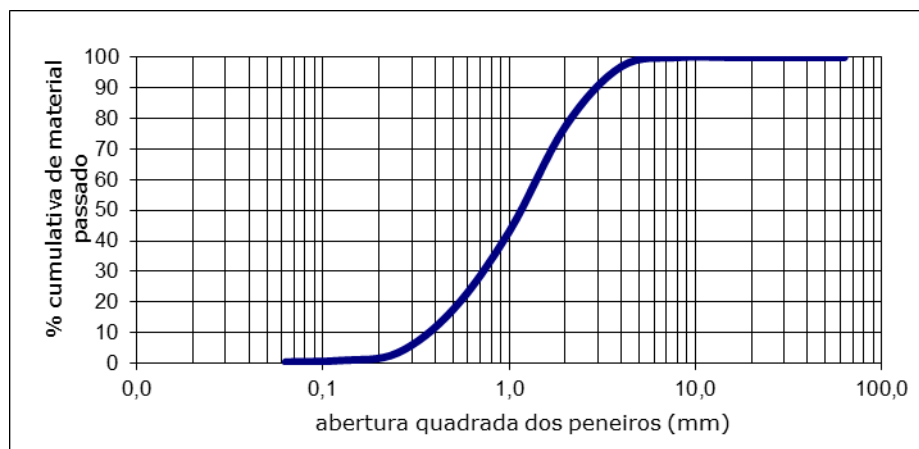


Figura 87. Curva granulométrica da areia utilizada na execução da argamassa de assentamento dos adobes.

Após a execução do suporte e antes da aplicação da argamassa de reboco, colocaram-se fitas plásticas de modo a simular algumas anomalias que ocorrem na interface do suporte e do reboco, frequentes nas fachadas de azulejos antigas (Figura 88). O reboco foi executado com argamassa pré-doseada TM 800 da empresa DDL. A argamassa é de cal hidratada com traço 1:3 em volume, possui 20% de metacaulino e 5% de sepiolite. A Figura 89 mostra o aspecto da parede após a aplicação do mesmo.



Figura 88. Parede com fitas plásticas colocadas entre o suporte e o reboco.



Figura 89. Aspeto da parede após aplicação do reboco.

Posteriormente à aplicação do reboco, iniciou-se a aplicação dos azulejos com a mesma argamassa. Os azulejos foram aplicados de acordo com o método utilizado nos edifícios antigos de Ovar. Primeiramente aplicou-se uma camada de argamassa, com cerca de dois centímetros, no tardo do azulejo e de seguida pressionou-se o mesmo contra o suporte, sendo depois batido com um martelo de borracha de forma a conduzi-lo à sua posição certa, evitando os vazios. Entre o reboco e o revestimento foram colocadas fitas plásticas (Figura 90) e foram, também, deliberadamente induzidas algumas lacunas na aplicação da argamassa de assentamento dos azulejos (Figura 91), de modo a recrear um efeito semelhante ao observado em campo, em que as argamassas de assentamento estavam degradadas ou não preenchiam por completo o tardo dos azulejos.



Figura 90. Parede com fitas plásticas colocadas entre o reboco e o revestimento.



Figura 91. Lacuna induzida na argamassa de assentamento do azulejo.

No revestimento foram aplicados dois tipos azulejos, antigos, provenientes de um edifício de Ovar e réplicas, ou seja azulejos novos. A Figura 92 mostra a disposição final dos azulejos, sendo que os de cor azul são os antigos, enquanto os com padrão são as réplicas.



Figura 92. Aspeto final da parede com azulejos antigos e réplicas.

A Figura 93 apresenta esquematicamente a parede.

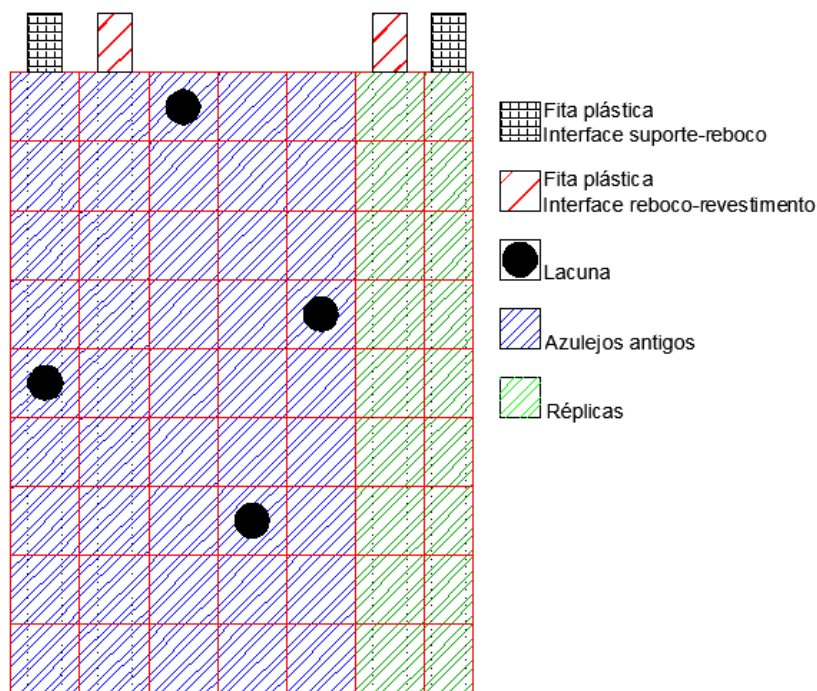


Figura 93. Esquema ilustrativo da parede construída.

Tendo em conta que a humidade é um dos principais fatores para o aparecimento de anomalias torna-se importante compreender como se manifesta a ação da água nas paredes azulejadas. Após 28 dias da finalização da parede modelo, fez-se um reservatório, com as dimensões exibidas na Figura 94, em torno da parede com a finalidade de simular a ascensão capilar.

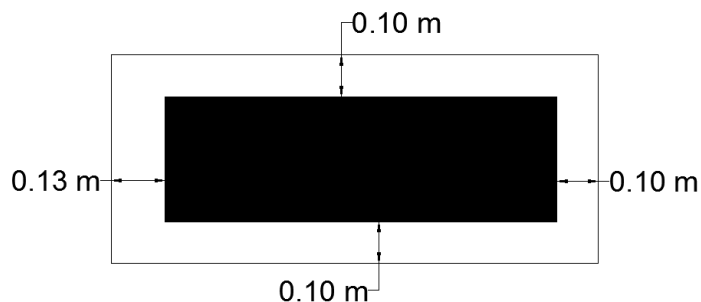


Figura 94. Dimensões em planta do reservatório de água.

O reservatório foi cheio com água até uma altura de 14 centímetros e abastecido durante vários dias, tentando-se manter o mesmo nível da água. Observou-se a ascensão capilar da água pela parede (Figura 95). A ascensão da água começou por se manifestar mais

acentuadamente junto das faces laterais e passados cerca de 30 dias a absorção da água estagnou e atingiu uma altura constante por todo o comprimento da parede.



Figura 95. Evolução da subida da água pela parede.

Após a estagnação da subida da água na parede, registou-se que a parede absorveu um volume total de 50 litros de água e atingiu uma altura máxima, contabilizando desde a superfície da água, de cerca de 45 centímetros.

4.3.2. ENSAIOS REALIZADOS AOS MATERIAIS UTILIZADOS

De forma a compreender melhor os fenómenos que se pretendem observar no sistema de revestimento executado, sentiu-se a necessidade de realizar ensaios às argamassas de assentamento dos adobes e de assentamento dos azulejos e aos adobes utilizados uma vez que as características desses materiais estão diretamente relacionadas com o comportamento desse sistema de revestimento. A caracterização dos materiais utilizados será igualmente importante na análise da capilaridade do sistema através da termografia. O estudo desenvolvido em laboratório insere-se num grupo de trabalhos, no âmbito de fachadas com azulejo, desenvolvidos pelo departamento de Engenharia Civil da

Universidade de Aveiro. Portanto, os ensaios poderão ser úteis a eventuais ensaios que posteriormente poderão ser realizados.

Realizaram-se ensaios a amostras recolhidas da argamassa utilizada no assentamento dos adobes, designadas por “CalHid” e da argamassa utilizada no assentamento do revestimento, denominadas por “DDL”. Então, após a formulação das misturas fizeram-se 9 provetes com dimensões 40 x 40 x160 (mm) para cada uma. Realizaram-se ensaios à resistência à tração por flexão, resistência à compressão e fez-se, também, o ensaio de capilaridade e secagem das argamassas e de uma amostra dos adobes. Os ensaios das argamassas realizaram-se aos 28, 60 e 90 dias, após a conceção das misturas. A amostra dos adobes ensaiou-se num único momento e apenas foi feito o teste de capilaridade e secagem.

4.3.2.1. DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS

4.3.2.1.1. RESISTÊNCIA À FLEXÃO

O ensaio de resistência à flexão dos provetes seguiu os princípios da norma EN 1015-11 (EN-1015, 1999). Primeiramente colocou-se o provete sobre os apoios, como mostra a Figura 96, depois aplicou-se uma carga concentrada, a meio vão do provete, com um aumento constante de 10N/s até se atingir a rotura. Utilizaram-se células de carga de 5kN.



Figura 96. Ensaio à flexão de um provete.

O valor da resistência à flexão f , em N/mm^2 é dado pela seguinte equação (1):

$$f = 1,5 \frac{F x l}{b x d^2} \quad (1)$$

Equação 1. Resistência à flexão.

Em que F é a força aplicada, l o comprimento do provete, b a largura e d a altura da base do provete. A resistência à flexão de cada provete é registada com uma aproximação de $0,05 \text{ N/mm}^2$ e a média é calculada com uma aproximação de $0,1 \text{ N/mm}^2$.

4.3.2.1.2. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

O procedimento utilizado no ensaio à compressão, seguiu o disposto, à semelhança do ensaio anterior, na norma EN 1015-11 (EN-1015, 1999). Utilizaram-se as metades dos provetes resultantes do ensaio à flexão. Aplicou-se uma carga uniforme de 50 N/s até obter a rotura. Utilizaram-se células de 5 kN e 10 kN consoante precisão que se pretendia obter no ensaio. A Figura 97 mostra um provete após ter sido sujeito ao ensaio de compressão.

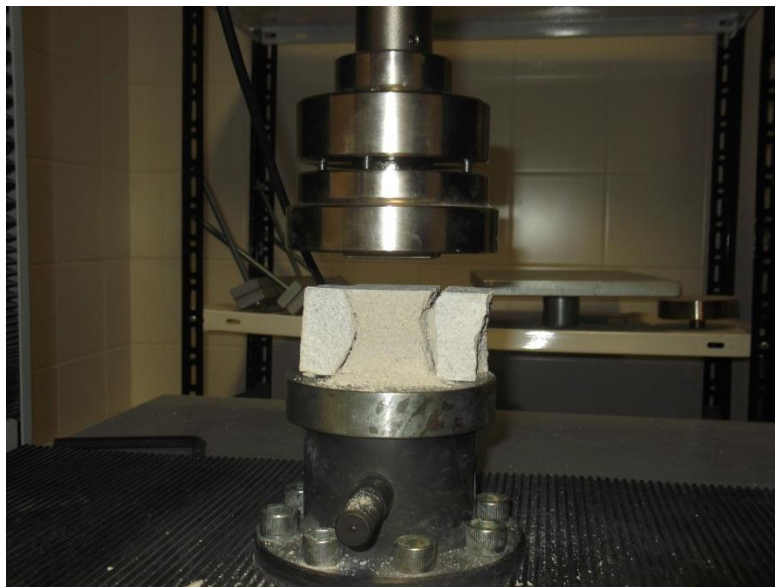


Figura 97. Provelte após ensaio à compressão.

O valor da resistência à compressão R_c , em N/mm^2 é dado pela seguinte equação (2):

$$R_c = \frac{F_c}{A} \quad (2)$$

Equação 2. Resistência à compressão.

Sendo R_c a força necessária para a rutura dos provetes e A a área do provete em contacto com a célula. A resistência à compressão de cada provete é registada com uma

aproximação de $0,05 \text{ N/mm}^2$ e a média é calculada com uma aproximação de $0,1 \text{ N/mm}^2$.

4.3.2.1.3. CAPILARIDADE E SECAGEM

O teste de capilaridade e secagem decorreu como descrito na EN 1015-18 (EN-1015, 1999). Ensaíram-se as metades que restaram após o ensaio de resistência à tração por flexão. Inicialmente pesaram-se os provetes secos e depois colocaram-se os mesmos, em posição vertical, dentro de um tabuleiro com água até uma altura de cerca de 5mm. Fizeram-se pesagens do provetes durante 90 minutos ou até o peso dos provetes estabilizarem. As pesagens foram feitas em intervalos de tempo de 5 minutos, no caso da argamassa de assentamento dos azulejos e de 10 minutos, no caso dos provetes das argamassas de assentamento dos adobes.

Após o ensaio de capilaridade efetuou-se o teste de secagem, em que os provetes permaneceram ao ar livre e foram feitas pesagens periódicas até o seus pesos estabilizarem.

O coeficiente de capilaridade C , em $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{1/2})$ foi calculado de acordo com a equação (3):

$$C=0,1(M2 - M1) \quad (3)$$

Equação 3. Coeficiente de capilaridade.

Sendo que $M2$ é o peso do provete após 90 minutos de absorção de água e $M1$ o peso do provete após 10 minutos. O coeficiente de capilaridade também pode ser calculado através da inclinação da reta que une os pontos $M2$ e $M1$.

4.3.2.2. RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

4.3.2.2.1. RESISTÊNCIA À FLEXÃO

O Quadro 3 contém os resultados relativos aos ensaios realizados à resistência à flexão aos 28, 60 e 90 dias dos provetes da argamassa, utilizada na execução do reboco e no assentamento dos azulejos.

Ensaio à flexão			
Amostra	Força máxima (N)	Tensão máxima (N/mm ²)	Tensão média de rutura (N/mm ²)
28 dias	DDL_1	80,94	0,2
	DDL_2	77,13	
	DDL_3	83,94	
60 dias	DDL_1	95,63	0,2
	DDL_2	95,92	
	DDL_3	94,27	
90 dias	DDL_1	97,50	0,2
	DDL_2	96,69	
	DDL_3	91,88	

Quadro 3. Resultados do ensaio à flexão da amostra DDL.

Aos 28 dias a força máxima necessária, para levar à rutura dos provetes, rondou os 80,8 N e a tensão máxima os 0,2 MPa, enquanto aos 60 e 90 dias essa força necessária foi cerca de 95,3 N e a tensão 0,2 MPa. O desvio padrão aos 28 dias é de 4,2%, aos 6 dias de 0,9% e aos 90 dias 3,2%, portanto a dispersão de resultado é pequena.

A Figura 98 mostra a evolução da resistência média à flexão aos 28, 60 e 90 dias.

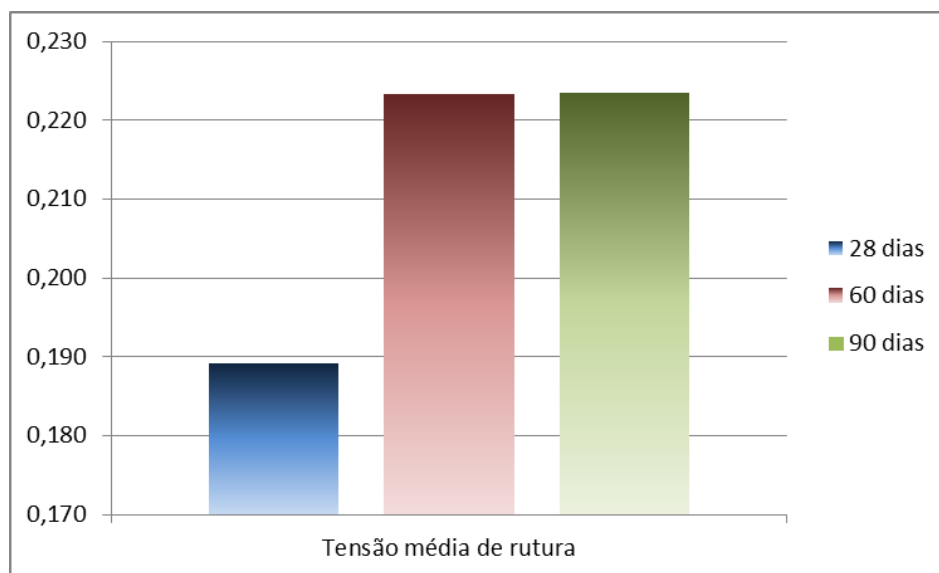


Figura 98. Gráfico comparativo da tensão média de rotura à flexão da amostra DDL aos 28, 60 e 90 dias.

Os provetes testados aos 28 dias obtiveram valores inferiores aos testados aos 60 e 90 dias, observa-se que a resistência à flexão não varia entre os 60 e 90 dias. Seria de

esperar que as amostras aos 60 dias apresentassem um valor intermédio entre os valores obtidos entre os 28 e 90 dias.

O Quadro 4 apresenta os resultados dos ensaios realizados à resistência à flexão aos 28, 60 e 90 dias dos provetes da argamassa de cal NHL5, que serviu para o assentamento dos blocos de adobe.

Ensaio à flexão				
	Amostra	Força máxima (N)	Tensão máxima (N/mm ²)	Tensão média de rutura (N/mm ²)
28 dias	CalHid_1	364,53	0,85	0,8
	CalHid_2	326,41	0,77	
	CalHid_3	346,50	0,81	
60 dias	CalHid_1	355,47	0,83	0,8
	CalHid_2	366,38	0,86	
	CalHid_3	364,81	0,86	
90 dias	CalHid_1	369,44	0,87	0,9
	CalHid_2	380,09	0,89	
	CalHid_3	411,13	0,96	

Quadro 4. Resultados do ensaio à flexão da amostra CalHid.

No ensaio realizado aos 28 dias, verificou-se a resistência a uma tensão de 0,8 MPa, aos 60 dias a tensão foi de 0,8 MPa, já aos 90 dias se observou uma tensão de 0,9 MPa. A dispersão de resultado é relativamente pequena, observa-se que desvio padrão, aos 28 dias, é de 5,5 %, aos 60 dias de 1,6% e aos 90 dias 5,6%.

As médias das tensões máximas obtidas nos ensaios aos 28, 60 e 90 dias são apresentadas na Figura 99.

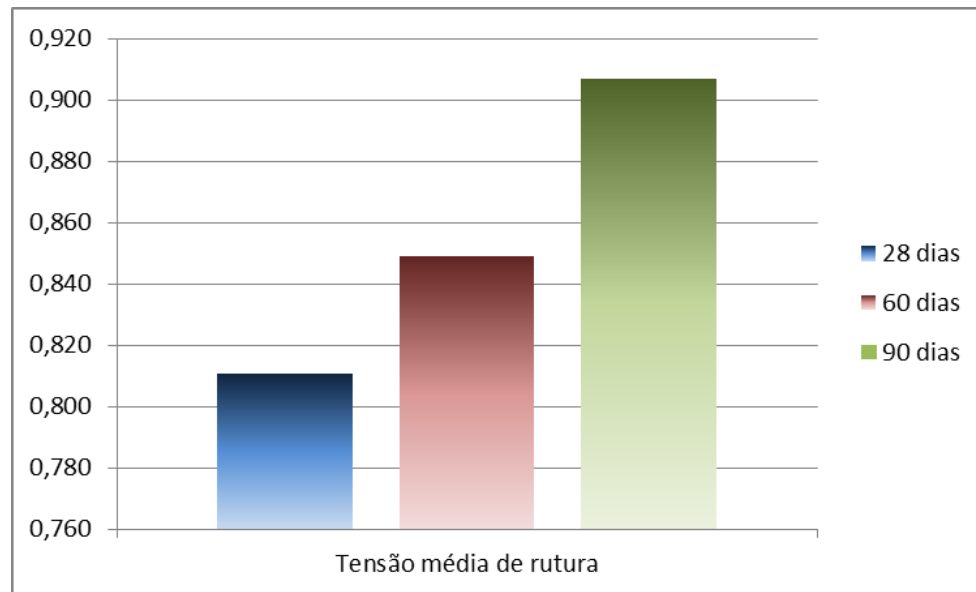


Figura 99. Gráfico comparativo da tensão média de rutura à flexão da amostra CalHid aos 28, 60 e 90 dias.

Como era de esperar, o aumento da resistência à flexão destas argamassas foi proporcional ao tempo.

4.3.2.2.2. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os resultados, relativos aos ensaios de resistência à compressão da argamassa pré-doseada DDL, estão dispostos no Quadro 5.

Ensaio à compressão			
Amostra		Força máxima (N)	Tensão máxima (N/mm ²)
28 dias	DDL_1	620,00	0,39
	DDL_2	705,00	0,44
	DDL_3	720,23	0,45
60 dias	DDL_1	803,59	0,50
	DDL_2	880,00	0,55
	DDL_3	743,05	0,46
90 dias	DDL_1	759,06	0,47
	DDL_2	879,77	0,55
	DDL_3	821,64	0,51

Quadro 5. Resultados do ensaio à compressão da amostra DDL.

A força máxima necessária, para a cedência dos provetes aos 28 dias, foi aproximadamente 681,7 N e a tensão máxima 0,4 MPa, enquanto aos 60 a força rondou os 808,9 N e a tensão os 0,5 MPa, já aos 90 dias a força necessária foi cerca de 820,2 N e a tensão 0,5 MPa. O desvio padrão aos 28 dias é de 7,923 %, aos 60 dias 8,486 % e

aos 90 dias 7,361%. A dispersão de resultados é considerável, mas ainda assim aceitável.

A Figura 100 demonstra a evolução da tensão média de rutura das argamassas quando sujeitas ao ensaio de compressão.

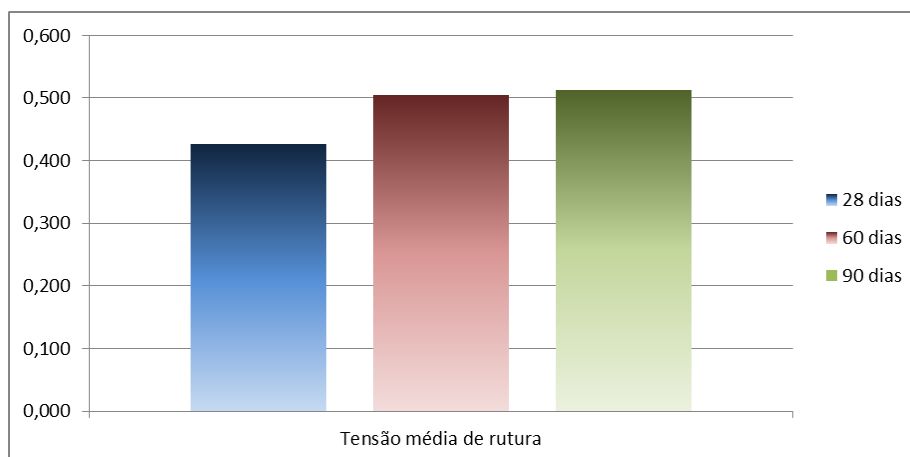


Figura 100. Gráfico comparativo da tensão média de rutura à compressão da amostra DDL aos 28, 60 e 90 dias.

As argamassas demonstram um aumento de resistência à compressão com o passar do tempo, sendo esse aumento mais notável entre os 28 e 60 dias.

Os resultados relativos aos ensaios de resistência à compressão da argamassa usada no assentamento dos blocos de adobe são apresentados no Quadro 6.

Ensaio à compressão			
Amostra	Força máxima (N)	Tensão máxima (N/mm ²)	Tensão média de rutura (N/mm ²)
28 dias	CalHid_1	4953,28	3,0
	CalHid_2	4948,59	
	CalHid_3	4682,19	
60 dias	CalHid_1	4210,94	2,6
	CalHid_2	4523,44	
	CalHid_3	3743,75	
90 dias	CalHid_1	4470,31	3,2
	CalHid_2	5411,25	
	CalHid_3	5396,25	

Quadro 6. Resultados do ensaio à compressão da amostra CalHid.

Relativamente aos ensaios à compressão, a média da força necessária para obter a rutura dos provetes, aos 28 dias, foi 4861,4 N e a tensão 3,0 MPa, aos 60 dias a força média foi

4159,4 N e a tensão 2,6 MPa, já aos 90 dias verificou-se uma força média de 5092,6 N, levando a uma tensão de 3,2 MPa. À exceção do ensaio realizado aos 28 dias, com um desvio padrão de 3,2%, a dispersão de resultado é elevada, já que desvio padrão aos 60 dias é de 9,4% e aos 90 dias 10,6%.

As médias das tensões máximas dos ensaios à compressão apresentam-se na Figura 101.

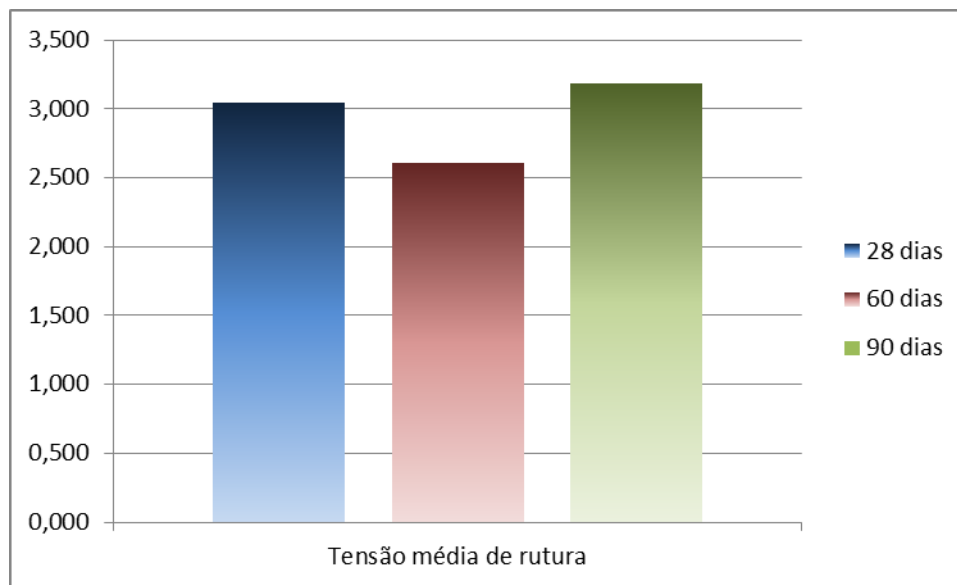


Figura 101. Gráfico comparativo da tensão média de rotura à compressão da amostra CalHid aos 28, 60 e 90 dias.

Contrariamente ao que se esperava, não se obteve uma evolução da resistência à compressão desta argamassa proporcional ao tempo. Como o desvio padrão aos 60 e 90 dias ronda os 10%, acredita-se que alguns provetes tenham adulterado os resultados, nomeadamente a amostra CalHid_3 aos 60 dias e o provete CalHid_1 aos 90 dias, que apresentam valores distantes da média. A inadequada vibração ou o uso excessivo de óleo de cofragem, na execução dos provetes, poderá ter levado à diminuição da resistência das amostras em causa.

4.3.2.2.3. CAPILARIDADE E SECAGEM

De seguida apresentam-se os resultados relativos ao ensaio de capilaridade das amostras CalHid e DDL aos 28, 60 e 90 dias e do ensaio de capilaridade referente aos adobes usados na execução da parede de laboratório.

Os quadros seguintes mostram os valores da absorção capilar das amostras CalHid, obtidos através dos pesos medidos ao longo do tempo pela área em contacto com a água, aos 28 (Quadro 7), 60 (Quadro 8) e 90 dias (Quadro 9).

O coeficiente de absorção foi calculado pelo declive da reta obtida através regressão linear dos valores de absorção (Figura 102).

Ensaio capilaridade - 28 dias					
Amostra	Tempo (h)	Tempo ($h^{1/2}$)	Peso (g)	Área base (m^2)	Absorção de água (kg/m^2)
CalHid	0,00	0,00	269,10	0,0016	0,00
	0,08	0,29	274,10	0,0016	3,13
	0,17	0,41	276,80	0,0016	4,81
	0,33	0,58	280,60	0,0016	7,19
	0,50	0,71	283,50	0,0016	9,00
	0,67	0,82	285,90	0,0016	10,50
	0,83	0,91	288,00	0,0016	11,81
	1,00	1,00	290,00	0,0016	13,06
	1,17	1,08	291,50	0,0016	14,00
	1,33	1,15	293,30	0,0016	15,13
	1,50	1,22	294,70	0,0016	16,00
	17,00	4,12	289,60	0,0016	12,81
	20,00	4,47	288,30	0,0016	12,00
	88,00	9,38	274,60	0,0016	3,44
112,00	10,58	273,80	0,0016	2,94	
119,00	10,91	273,60	0,0016	2,81	
137,00	11,70	273,10	0,0016	2,50	
143,00	11,96	272,90	0,0016	2,37	
Coeficiente de capilaridade ($Kg/[m^2 \cdot h^{1/2}]$)					13,38

Quadro 7. Absorção de água aos 28 dias da amostra CalHid.

Ensaio capilaridade - 60 dias							
Amostra	Tempo (h)	Tempo (h ^{1/2})	Peso (g)	Área base (m ²)	Absorção de água (kg/m ²)		
CalHid		0,00	0,00	250,50	0,0016	0,00	
	Absorção		0,08	0,29	257,00	0,0016	4,06
			0,17	0,41	259,50	0,0016	5,63
			0,33	0,58	262,90	0,0016	7,75
			0,50	0,71	265,90	0,0016	9,62
			0,67	0,82	268,40	0,0016	11,19
			0,83	0,91	270,70	0,0016	12,63
			1,00	1,00	272,80	0,0016	13,94
			1,17	1,08	274,30	0,0016	14,88
			1,33	1,15	274,60	0,0016	15,06
			1,50	1,22	274,70	0,0016	15,13
	Secagem		25,00	5,00	271,00	0,0016	12,81
			42,00	6,48	269,00	0,0016	11,56
		113,00	10,63	255,70	0,0016	3,25	
		117,00	10,82	255,10	0,0016	2,88	
		161,00	12,69	253,40	0,0016	1,81	
Coeficiente de capilaridade (Kg/[m ² .h ^{1/2}])					13,02		

Quadro 8. Absorção de água aos 60 dias da amostra CalHid.

Ensaio capilaridade - 90 dias					
Amostra	Tempo (h)	Tempo ($h^{1/2}$)	Peso (g)	Área base (m^2)	Absorção de água (kg/m^2)
CalHid	0,00	0,00	249,50	0,0016	0,00
	0,08	0,29	255,40	0,0016	3,69
	0,17	0,41	257,50	0,0016	5,00
	0,33	0,58	260,60	0,0016	6,94
	0,50	0,71	263,00	0,0016	8,44
	0,67	0,82	265,10	0,0016	9,75
	0,83	0,91	267,20	0,0016	11,06
	1,00	1,00	269,10	0,0016	12,25
	1,17	1,08	270,90	0,0016	13,38
	1,33	1,15	272,40	0,0016	14,31
	1,50	1,22	272,90	0,0016	14,63
	25,00	4,12	267,70	0,0016	11,38
	42,00	4,47	264,60	0,0016	9,44
	114,00	9,38	253,00	0,0016	2,19
117,00	10,58	252,70	0,0016	2,00	
162,00	10,91	251,10	0,0016	1,00	
Coeficiente de capilaridade ($Kg/[m^2 \cdot h^{1/2}]$)					12,16

Quadro 9. Absorção de água aos 90 dias da amostra CalHid.

De seguida apresentam-se os resultados, em forma de gráfico (Figura 102), da absorção de água e secagem, das amostras CalHid pela raiz quadrada do tempo, aos 28, 60 e 90 dias.

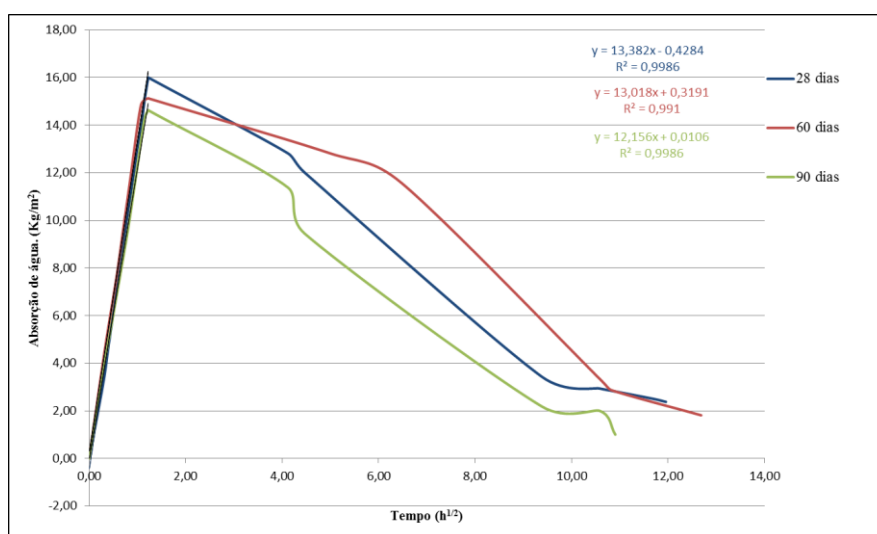


Figura 102. Gráfico comparativo da absorção de água da amostra CalHid aos 28, 60 e 90 dias.

Após a observação dos resultados relativos às amostras CalHid verifica-se que o coeficiente de capilaridade aos 28 dias é de 13,38 kg/(m².h^{1/2}), aos 60 dias é de 13,02 kg/(m².h^{1/2}) e aos 90 dias de 12,16 kg/(m².h^{1/2}), sendo que o coeficiente de absorção decresceu com o passar do tempo. A secagem dos provetes processa-se de modo semelhante nas diversas idades,

Os valores da absorção capilar das amostras DDL, aos 28 (Quadro 10), 60 (Quadro 11) e 90 dias (Quadro 12Quadro 9), são apresentados de seguida e foram calculados através dos pesos medidos ao longo do tempo pela área em contacto com a água.

O coeficiente de absorção foi calculado pelo declive da reta obtida através regressão linear dos valores de absorção (Figura 103).

Ensaio capilaridade - 28 dias						
Amostra	Tempo (h)	Tempo (h ^{1/2})	Peso (g)	Área base (m ²)	Absorção de água (kg/m ²)	
DDL		0,00	231,40	0,0016	0,00	
	Absorção	0,08	0,29	244,10	0,0016	7,94
		0,17	0,41	249,20	0,0016	11,13
		0,25	0,50	253,00	0,0016	13,50
		0,33	0,58	256,30	0,0016	15,56
		0,42	0,65	259,10	0,0016	17,31
		0,50	0,71	261,20	0,0016	18,63
		0,58	0,76	261,30	0,0016	18,69
	Secagem	17,00	4,12	255,40	0,0016	15,00
		20,00	4,47	254,10	0,0016	14,19
		88,00	9,38	234,10	0,0016	1,69
		112,00	10,58	232,90	0,0016	0,94
		119,00	10,91	232,60	0,0016	0,75
		137,00	11,70	231,90	0,0016	0,31
143,00		11,96	231,70	0,0016	0,19	
Coeficiente de capilaridade (Kg/[m ² .h ^{1/2}])					25,42	

Quadro 10. Absorção de água aos 28 dias da amostra DDL.

Ensaio capilaridade - 60 dias						
Amostra	Tempo (h)	Tempo (h ^{1/2})	Peso (g)	Área base (m ²)	Absorção de água (kg/m ²)	
DDL	Absorção	0,00	0,00	213,80	0,0016	0,00
		0,08	0,29	225,90	0,0016	7,56
		0,17	0,41	230,20	0,0016	10,25
		0,25	0,50	233,20	0,0016	12,13
		0,33	0,58	235,50	0,0016	13,56
		0,42	0,65	237,90	0,0016	15,06
		0,50	0,71	239,60	0,0016	16,13
		0,58	0,76	240,00	0,0016	16,38
	Secagem	25,00	4,12	235,20	0,0016	13,38
		42,00	4,47	233,00	0,0016	12,00
		113,00	9,38	219,80	0,0016	3,75
		117,00	10,58	219,00	0,0016	3,25
		161,00	10,91	214,30	0,0016	0,31
	Coeficiente de capilaridade (Kg/[m ² .h ^{1/2}])					21,77

Quadro 11. Absorção de água aos 60 dias da amostra DDL.

Ensaio capilaridade - 90 dias						
Amostra	Tempo (h)	Tempo (h ^{1/2})	Peso (g)	Área base (m ²)	Absorção de água (kg/m ²)	
DDL	Absorção	0,00	0,00	230,70	0,0016	0,00
		0,08	0,29	245,40	0,0016	9,19
		0,17	0,41	250,10	0,0016	12,13
		0,25	0,50	253,40	0,0016	14,19
		0,33	0,58	256,70	0,0016	16,25
		0,42	0,65	258,80	0,0016	17,56
		0,50	0,71	259,50	0,0016	18,00
		Secagem	25,00	25,00	254,00	0,0016
	42,00		42,00	251,00	0,0016	12,69
	114,00		114,00	234,40	0,0016	2,31
	117,00		117,00	233,80	0,0016	1,94
	162,00		162,00	232,30	0,0016	1,00
	Coeficiente de capilaridade (Kg/[m ² .h ^{1/2}])					25,88

Quadro 12. Absorção de água aos 90 dias da amostra DDL.

A Figura 103 mostra os resultados, aos 28, 60 e 90 dias, da absorção de água e secagem, das amostras DDL pela raiz quadrada do tempo.

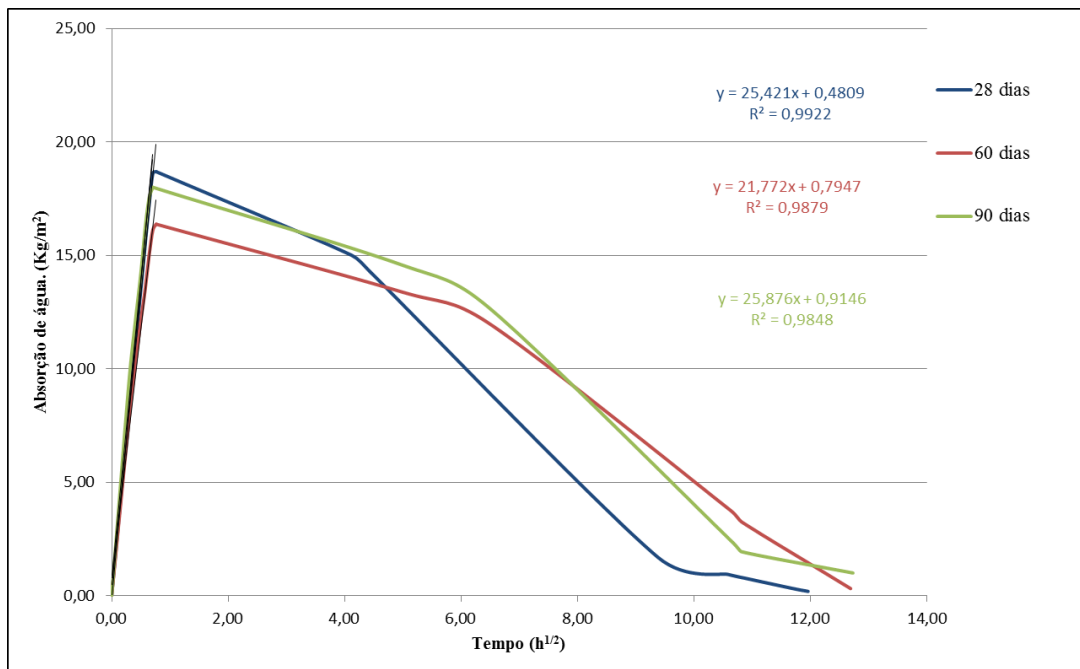


Figura 103. Gráfico comparativo da absorção de água da amostra DDL aos 28, 60 e 90 dias.

Pela análise dos resultados obtidos no ensaio de capilaridade das amostras DDL, observa-se que o coeficiente de capilaridade aos 28 dias é de $25,42 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{1/2})$, aos 60 dias é de $21,77 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{1/2})$ e aos 90 dias de $25,88 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{1/2})$, logo o coeficiente de absorção não teve um progresso proporcional ao tempo, como seria de esperar. A secagem dos provetes processa-se de modo semelhante aos 60 e aos 90 dias, mas aos 28 dias apresenta uma secagem mais rápida.

O ensaio de capilaridade dos adobes fez-se num único momento. A absorção de água está registada no Quadro 13 e foi calculado através da variação do peso da amostra ao longo do tempo pela área em contacto com a água. O coeficiente de capilaridade foi obtido através do declive da regressão linear dos valores de absorção de água (Figura 104).

Ensaio capilaridade						
Amostra	Tempo (h)	Tempo ($h^{1/2}$)	Peso (g)	Área base (m^2)	Absorção de água (kg/m^2)	
Adobe	Absorção	0,00	0,00	213,80	0,0045	0,00
		0,08	0,29	236,00	0,0045	4,96
		0,17	0,41	239,70	0,0045	5,79
		0,25	0,50	240,60	0,0045	5,99
		0,33	0,58	241,80	0,0045	6,26
Adobe	Secagem	25,00	25,00	232,60	0,0045	4,20
		42,00	42,00	227,10	0,0045	2,97
		114,00	114,00	215,30	0,0045	0,34
		117,00	117,00	215,00	0,0045	0,27
		162,00	162,00	213,80	0,0045	0,00
Coeficiente de capilaridade ($Kg/[m^2 \cdot h^{1/2}]$)					11,01	

Quadro 13. Absorção de água da amostra de adobe.

A Figura 104 mostra, em forma de gráfico, a absorção de água e secagem pela raiz do tempo da amostra de adobe.

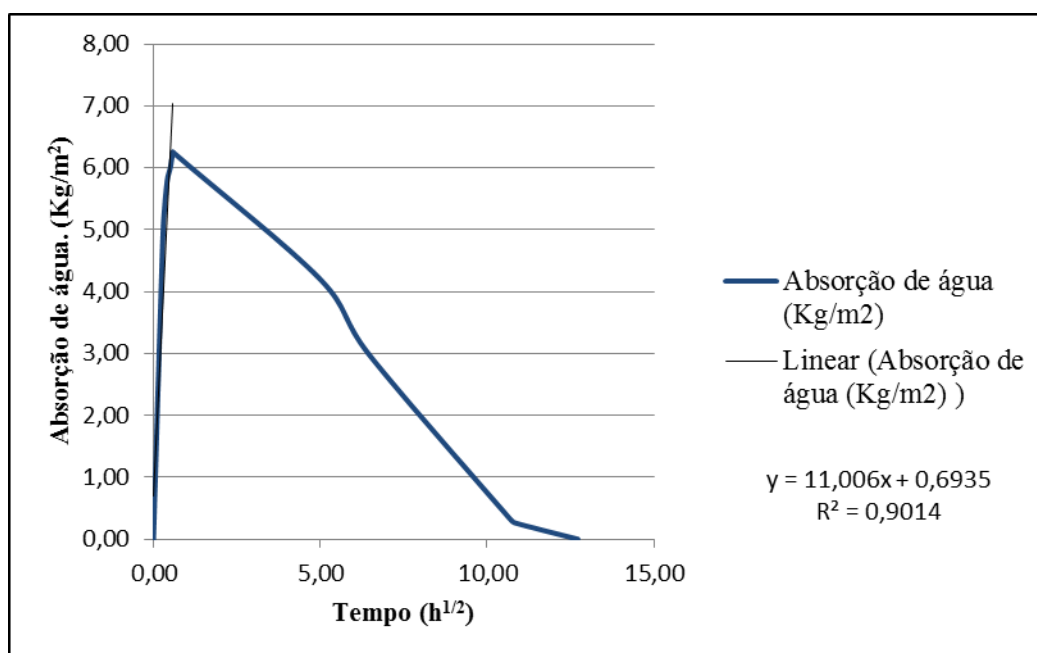


Figura 104. Absorção de água da amostra de adobe.

Os resultados obtidos mostram que o coeficiente de capilaridade do adobe é de 11,01 $kg/(m^2 \cdot h^{1/2})$.

De um modo geral, são as amostras DDL correspondentes à argamassa de reboco e de assentamento dos azulejos que apresentam um valor do coeficiente de capilaridade superior, seguindo-se as amostras CalHid, recolhidas da argamassa de assentamento dos blocos de adobe e por fim os adobes que apresentam o mais baixo coeficiente de capilaridade.

Uma vez que o suporte, constituído pelo conjunto de adobes e argamassa correspondente às amostras CalHid, apresenta coeficientes de capilaridade inferiores aos da argamassa (DDL) crê-se que a ação capilar se terá manifestado mais rapidamente no reboco e argamassa de assentamento de azulejos do que no suporte.

4.3.3. RESULTADOS

Após a execução da parede, realizaram-se ensaios com a câmara termográfica procurando identificar as anomalias induzidas durante a sua execução e observar a evolução do fenómeno de absorção capilar. Com os ensaios laboratórios pretende-se obter resultados comparáveis com os resultados vistos em campo.

Inicialmente, apenas com a câmara termográfica, sem qualquer indução de calor e ainda com o reservatório sem água, procurou-se identificar algumas singularidades, como observar temperaturas diferentes entre os azulejos antigos e as réplicas, mas sem sucesso.

Passou-se então ao estudo da parede recorrendo à placa de aquecimento para aquecer frações da parede. A Figura 105 a distribuição das zonas estudadas.



Figura 105. Mapeamento das zonas a estudar utilizando a placa de aquecimento.

Similarmente ao procedimento efetuado em campo, aqueceu-se as zonas assinaladas anteriormente procurando identificar anomalias ao nível das argamassas. A Figura 106 mostra as imagens térmicas correspondentes à Zona 1. Observa-se uma área em forma de círculo com temperatura alta. Identifica-se também uma faixa vertical tenuemente mais quente. Na Zona 2 (Figura 107) a área circular que se identifica é a mesma identificada na Zona 1, a dimensão da placa de aquecimento permitiu aquecer a coluna de azulejos central em ambos os ensaios. Apesar de se observar uma lista vertical, esta não se apresenta tão nítida como a observada na Zona 1.

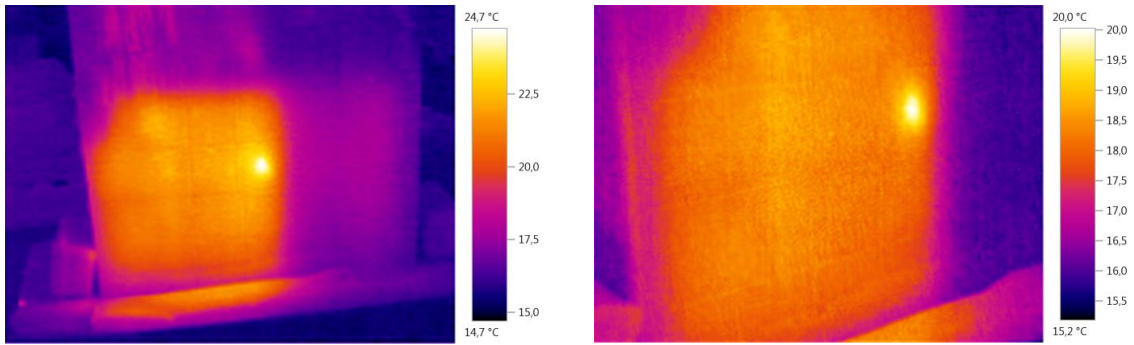


Figura 106. Imagem termográfica da zona 1 onde se verifica uma região circular, com temperatura elevada. Identificação ténue de uma faixa com temperatura mais alta.

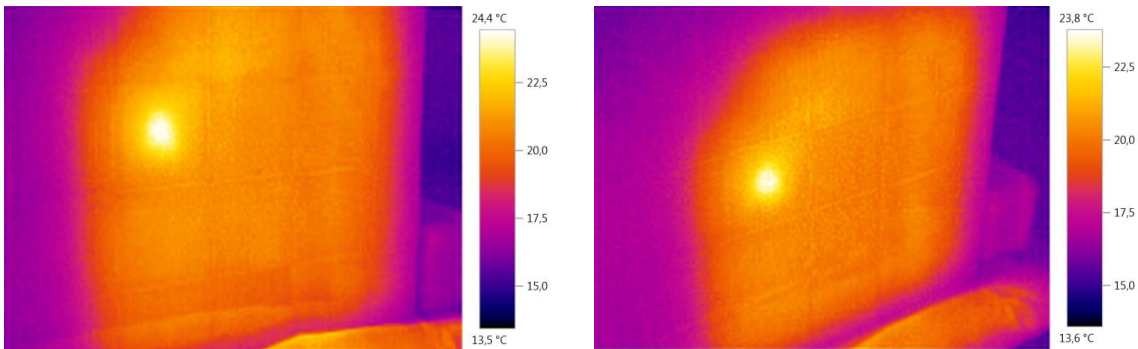


Figura 107. Imagem termográfica da zona 2 onde se observa uma área circular, com temperatura que se distingue. Observação de uma ligeira tira com temperatura mais alta.

A zona circular mais quente corresponde a um azulejo assente com défice de argamassa, como demonstrado em 4.3.1. (Figura 91). A banda que se observa corresponde à faixa plástica colocada entre o reboco e a argamassa de assentamento dos azulejos. A fita plástica que está sob os azulejos novos não é muito perceptível. Uma explicação possível estará relacionada com o material que constitui a chacota dos novos azulejos, caso esta seja termicamente menos condutível, poderá atenuar as diferenças de temperatura transmitidas pela argamassa e a fita de plástico.

De seguida, analisou-se a Zona 3 (Figura 108) e a Zona 4 (Figura 109). Verificam-se novamente zonas circulares com temperaturas altas bem definidas e faixas que distinguem tenuemente.

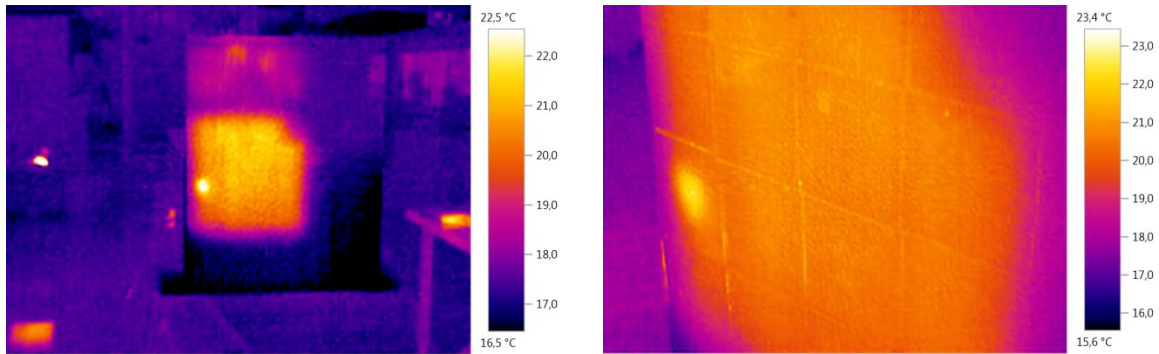


Figura 108. Imagem termográfica da zona 3 onde se verifica uma região circular, com temperatura elevada. Identificação ténue de uma faixa com temperatura mais alta.

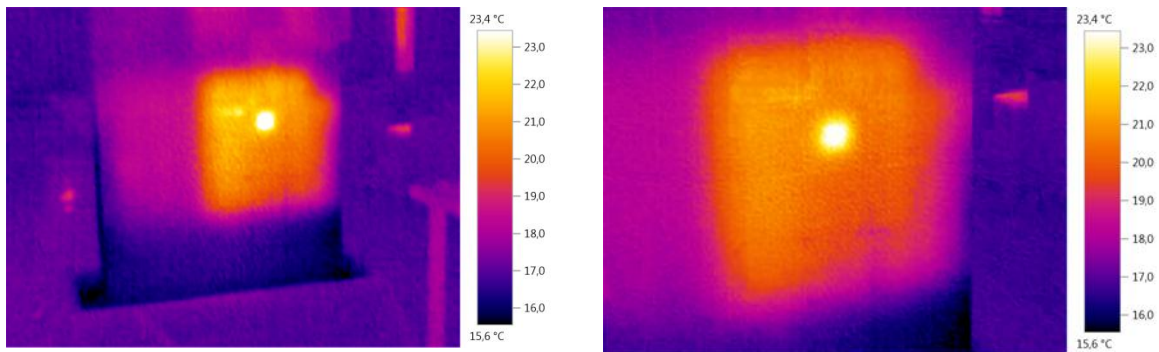


Figura 109. Imagem termográfica da zona 4 onde se observa uma área circular, com temperatura que se distingue. Observação de uma ligeira tira com temperatura mais alta.

Os círculos com temperaturas elevadas correspondem às lacunas induzidas na argamassa, enquanto as faixas correspondem às bandas plásticas, mais uma vez as fitas introduzidas sob os azulejos novos manifestam-se mais intensamente.

Na Zona 5 (Figura 110) verifica-se a mesma situação já vista na Zona 1 e Zona 3 enquanto a Zona 6 (Figura 111) não apresenta qualquer singularidade.

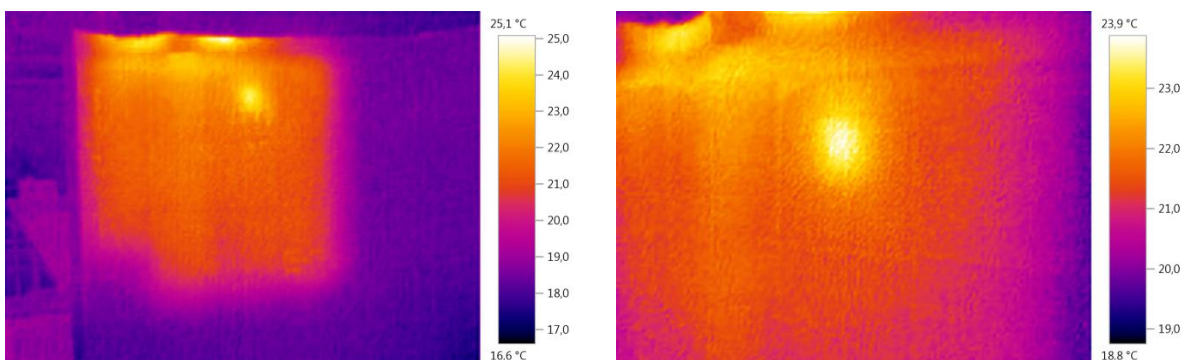


Figura 110. Imagem termográfica da zona 5 onde se verifica uma região circular, com temperatura elevada. Identificação ténue de uma faixa com temperatura mais alta.

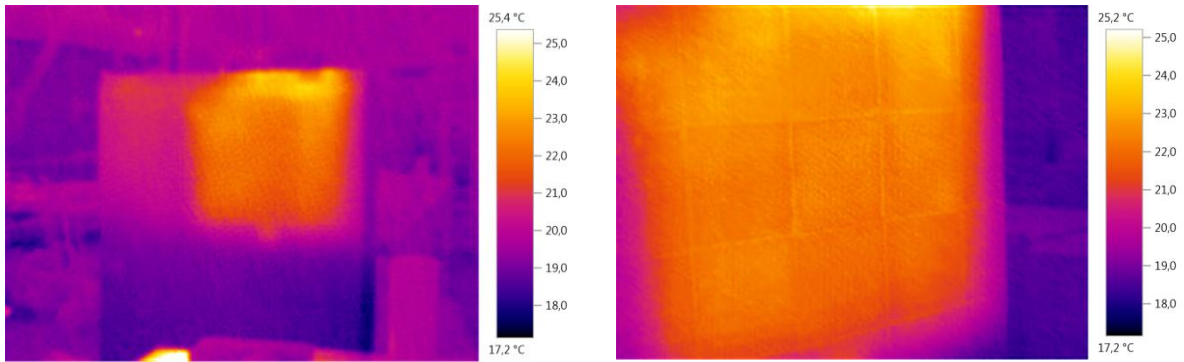


Figura 111. Imagem termográfica da zona 6 em que não se identificam singularidades, além de uma ligeira faixa com temperatura mais alta.

As particularidades vistas na Zona 5 devem as mesmas razões vistas na Zona 1 e Zona 3, onde se identifica a faixa plástica colocada sob o revestimento e a área oca provocada pelo défice de argamassa de assentamento, através de temperaturas mais elevadas. A zona 6 não possuía qualquer zona oca, apenas se identifica, com alguma dificuldade, a fita plástica sob as réplicas.

De um modo geral, observaram-se as bandas plásticas colocadas entre o reboco e a argamassa de assentamento do revestimento, sendo mais assinalável nas zonas com os azulejos antigos do que nas zonas em que se utilizaram as réplicas, em contra partida não foi possível a identificação das faixas plásticas colocadas entre os adobes e o reboco. As lacunas introduzidas na argamassa de assentamento do revestimento identificam-se através de temperaturas bastante superiores. Ao contrário do que seria esperado, os azulejos antigos e as réplicas não apresentam temperaturas superficiais distintas.

Após os ensaios termográficos realizados fazendo o aquecimento das várias zonas da parede, procedeu-se ao enchimento do reservatório com água e fez-se a análise termográfica da parede durante o seu processo de absorção de água por via capilar. De notar que nesta fase não será feita qualquer indução de calor, ou seja, toda a parede estará à temperatura ambiente.

Inicialmente procurou-se ver de que forma se processou a ascensão capilar, observando a parte de trás da parede, apenas com reboco (Figura 112).

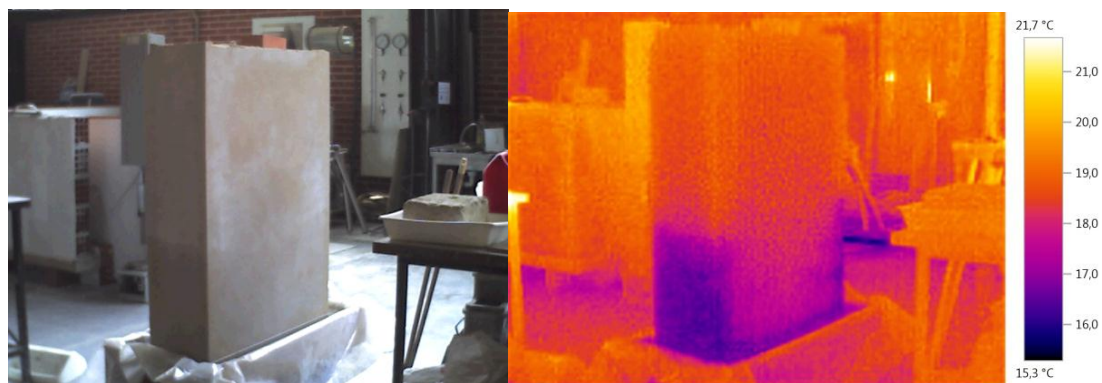


Figura 112. Ascensão capilar na parede na parte de trás da parede (112a. Imagem real; 112b. Imagem termográfica).

Na imagem real é possível identificar até que altura a água ascendeu e através da imagem térmica confirma-se que a humidade manifesta-se através temperaturas inferiores. De notar que as temperaturas são ainda mais baixas junto das faces laterais, possivelmente de ser ter uma maior área exposta à ação da água, isto é a espessura da argamassa nas faces laterais da parede é mais espessa quando comparado com a face posterior.

Posteriormente procurou-se observar de que forma se manifestou a ascensão capilar na face da parede revestida com azulejo. Através da Figura 113 verifica-se uma clara distinção de temperaturas, em que na zona inferior se verificam temperaturas baixas e vão aumentando ligeiramente com a altura até sensivelmente meia altura da parede, onde se dá uma variação brusca de temperaturas. A metade superior do revestimento apresenta as temperaturas mais elevadas e não se observam variações significativas.

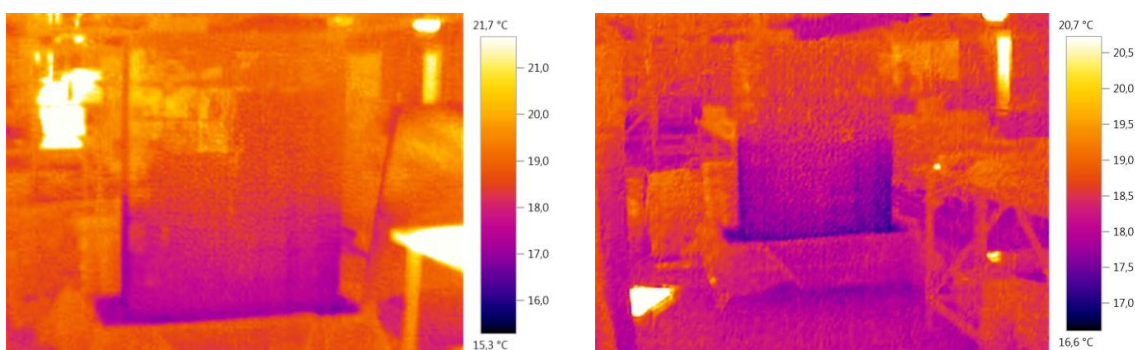


Figura 113. Imagem termográfica apresentando a manifestação da ascensão capilar na parede.

Estas imagens comprovam que a termografia é uma técnica útil para identificar humidade nos suportes, uma das principais causas para o aparecimento anomalias nas

fachadas de azulejo. Observou-se a ascensão capilar na parede, verificando que as zonas com temperaturas inferiores coincidem com a altura de água verificada nas faces laterais (sem azulejo) da parede. À semelhança do que se verificou na face rebocada da parede, as temperaturas estão mais destacadas junto das faces laterais da parede, possivelmente de serem zonas com maior área em contacto com a água levando assim a maior absorção.

Posteriormente, no capítulo 4.4. será feita uma análise comparativa dos resultados obtidos em campo e em laboratório, de forma a compreender as potencialidades e limitações do método

4.3.4. OUTROS ESTUDOS LABORATORIAIS REALIZADOS

Além dos estudos termográficos realizados na parede executada para o efeito, fizeram-se outros ensaios em outros suportes presentes no laboratório do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

A fim de perceber qual seria o desempenho da termografia em outro tipo de suportes, fez-se um estudo termográfico numa parede constituída por um suporte de tijolo e azulejos novos colocados com cimento-cola (Figura 114). À semelhança do que foi feito na parede de adobe, foi colocada uma fita plástica entre o suporte e o revestimento, com o propósito de simular uma anomalia.



Figura 114. Parede de tijolo com revestimento de azulejos novos aplicados com cimento-cola.

Após o aquecimento do revestimento com a placa de aquecimento e através da câmara termográfica observa-se uma faixa vertical com temperatura inferior ao restante revestimento (Figura 115).

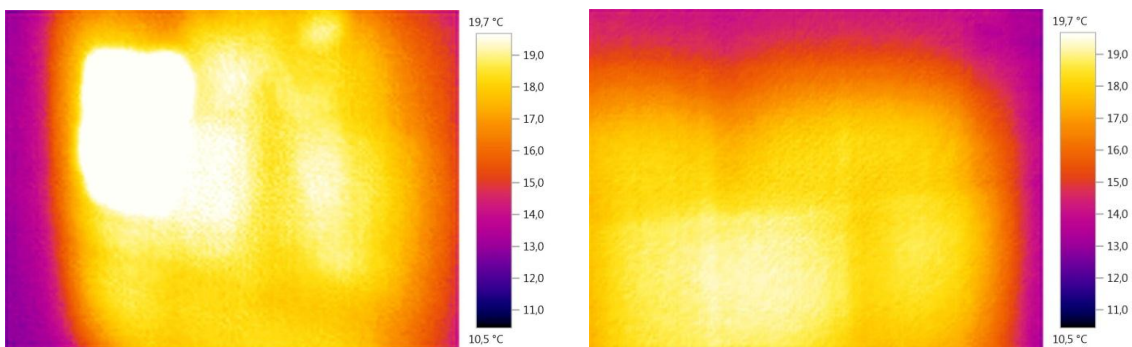


Figura 115. Imagem termográfica em que se verifica uma faixa vertical com temperatura inferior ao restante revestimento.

A área que apresenta uma temperatura inferior corresponde à banda plástica. Ao contrário dos estudos realizados na parede principal, a faixa plástica manifesta-se com temperaturas inferiores, possivelmente devido à diferença das características térmicas das duas paredes, como a condutibilidade térmica dos materiais constituintes.

4.4. ANÁLISE COMPARATIVA DE RESULTADOS

Em laboratório, a termografia de infravermelhos permitiu a identificação de anomalias induzidas ao nível das argamassas de assentamento dos azulejos, uma vez que se identificaram as faixas plásticas colocadas entre o reboco e o revestimento e as cavidades induzidas na argamassa durante o assentamento dos azulejos. Por outro lado não se identificaram as faixas inseridas entre o suporte e o reboco, concluindo-se que a termografia permite a identificação de anomalias que se manifestam a pequenas distâncias da superfície do revestimento e possivelmente anomalias de baixa incidência, como destacamentos de grandes dimensões, pois, caso essas faixas plásticas possuíssem uma área maior, possivelmente seriam observáveis. Os estudos termográficos em laboratório permitiram, também, verificar o fenómeno de ascensão capilar através da manifestação de temperaturas inferiores verificadas nos locais impregnados com água.

Os resultados de laboratório permitem fazer uma análise dos resultados de campo mais elucidativa. Percebe-se, comparando os resultados de laboratório com os resultados de campo, que as anomalias ao nível das argamassas observadas na parede de laboratório se manifestam através de temperaturas superiores em relação às áreas vizinhas, situação observada em campo, concluindo-se assim que essas áreas correspondem ao destacamento do revestimento. Como exemplo, pode comparar-se a Zona 1 da parede de laboratório com a zona G da fachada 10, onde os destacamentos de manifestam através de temperaturas mais elevadas (Figura 116). Este fenómeno observou-se também nas fachadas 4, 5, 6 e 9.

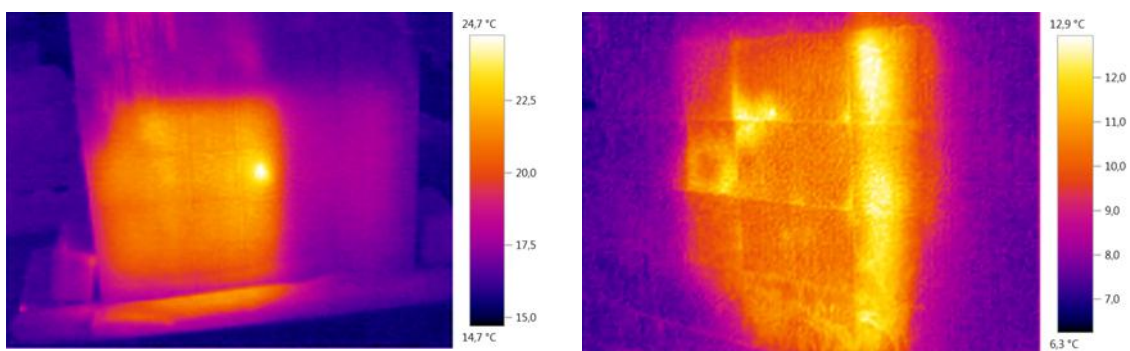


Figura 116. Utilização da termografia na identificação de anomalias em laboratório e em campo.

Após o estudo termográfico realizado na parede experimental, quando sujeita à ação da água por via capilar, observou-se que a presença de água se manifesta com temperaturas inferiores na zona inferior e aumentam com a altura, situação também verificada nas

fachadas 3 e 8 e fazendo a comparação entre a parede de laboratório com a fachada 3 (Figura 117) pode afirmar-se que a fachada 9 está sob a ação da água proveniente do solo por via capilar.

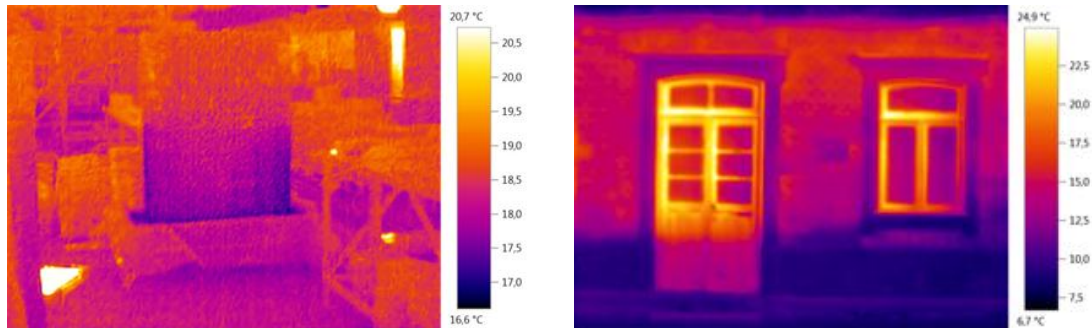


Figura 117. Utilização da termografia na identificação de humidade em laboratório e em campo.

Com o estudo laboratorial pretendia-se, também, distinguir os azulejos antigos das réplicas através da termografia, mas tal não sucedeu. Em contra partida, na fachada 6 absorveram-se azulejos diferentes com a câmara termográfica (Figura 47). Em laboratório não se distinguiram os diferentes azulejos, possivelmente, porque os azulejos terão emissividades próximas, não expondo diferenças significativas nas imagens térmicas.

5. CONCLUSÕES

O estudo realizado permitiu fazer o diagnóstico não destrutivo de revestimentos em azulejo, usando a termografia de infravermelhos, analisando os fluxos térmicos como manifestações de degradações.

A termografia é um método viável na análise de anomalias em revestimentos de azulejo, mas foi necessário ter em conta vários fatores que dificultaram ou limitaram as ações de diagnóstico.

A reflexão dos azulejos foi a primeira limitação identificada. A reflexão provocada por outras fontes de calor, como carros e pessoas, apresentava pontos quentes nos termogramas que não representam a temperatura superficial real do revestimento. Para corrigir este problema, foi fundamental a eleição de um ângulo entre câmara termográfica e o objeto que permitisse evitar tais reflexões.

As dimensões dos edifícios e distância de recuo várias vezes foram fatores que não permitiram retirar uma imagem térmica da totalidade dos edifício, obrigando a retirar várias imagens, dificultando a análise geral.

A humidade, temperatura atmosférica e sombreamento são fatores que influenciaram seriamente os estudos térmicos de campo. Crê-se que as fachadas que estão expostas ao sol durante várias horas apresentam resultados positivos na identificação de anomalias relacionadas com a degradação das argamassas de assentamento e com a presença de humidade. De referir que não foi necessário o uso da placa de aquecimento em laboratório para identificar a presença de humidade na parede.

A placa de aquecimento que se utilizou nos ensaios, apesar de proporcionar bons resultados quando se pretende fazer um estudo localizado, não se mostra tão útil se o objetivo for a análise global de uma fachada, uma vez que a placa tem pequenas dimensões, são necessários cerca de 10 minutos de aquecimento em cada área e os melhores resultados apenas surgem entre 1 minuto e 30 segundos a 2 minutos após se retirar a placa.

Os ensaios realizados em laboratório facultaram informação necessária para a compreensão dos fenómenos observados em campo, provando que as degradações ao nível das argamassas de assentamento dos azulejos se manifestam através de

temperaturas distintas, nomeadamente o destacamento de azulejos. Os testes laboratoriais provaram, também, que a termografia é uma ferramenta eficiente na identificação de humidade que se manifesta através de temperaturas inferiores. Alguns edifícios em Ovar estão expostos à humidade, principalmente oriunda do solo que é absorvida pelas fachadas pelo fenómeno de capilaridade, situação observada com recurso à termografia. A identificação da humidade na parede de laboratório não requereu o uso da placa de aquecimento, assim, a ação da água nas fachadas dos edifícios owarenses poderá ser observada através da termografia, mas sem a necessidade do uso da placa como meio de aquecimento.

A caracterização dos materiais utilizados na execução do sistema de revestimento ajudou a perceber de que forma se procedeu a ascensão capilar observada através da termografia. A ascensão capilar ter-se-á manifestado mais rapidamente no reboco e argamassa de assentamento dos azulejos (DDL), uma vez que esse conjunto apresenta um coeficiente de capilaridade superior ao coeficiente do suporte constituído pelos adobes e argamassa de assentamento (CalHid).

Pretendia-se utilizar a termografia de infravermelhos para compreender como variavam os resultados em revestimentos com argamassas antigas, argamassas de reposição ou outro tipo de materiais de reposição pontual de azulejos (por exemplo, resina epóxi), apenas foi possível a comparação entre argamassas antigas e argamassas de base cimentícia, em que as diferentes argamassas se revelaram com temperaturas distintas, sendo as temperaturas relativas às argamassas cimentícias inferiores. Outro objetivo do trabalho passava pela identificação e avaliação do estado de conservação de materiais ocultos que auxiliam a fixação do revestimento de uma fachada revestida com um pano vertical de telhas, mas não foi possível a realização de esse estudo.

A termografia permite também a observação de outras situações patológicas como destacamento de vidro de azulejos, fissuras ou colonização biológica nas fachadas ou entre as juntas dos azulejos. Permite também a identificação dos vários constituintes duma fachada, como elementos metálicos, cantarias de pedra ou materiais plásticos.

As potencialidades da termografia como diagnóstico de anomalias são bastas, mas ainda é uma área ambígua que deve ser explorada. Assim propõem-se os seguintes desenvolvimentos futuros:

- Realização de um estudo de fachadas expostas durante várias horas à radiação solar, procurando saber até onde pode ir a termografia sem a utilização de fontes de calor artificiais;
- Uso da termografia na identificação de degradações em fachadas com características diferentes das estudadas nesta dissertação, como diferentes tipos de suporte (por exemplo, suporte de tijolo) e/ou diferentes argamassas e azulejos. Execução de sistemas de revestimento em laboratório para simulação de degradações nesses tipos de suporte;
- Utilização da termografia na identificação de anomalias em revestimentos interiores.

Adicionalmente propõem-se o cumprimento dos objetivos não atingidos neste trabalho:

- Identificação e avaliação o estado de conservação de materiais ocultos que auxiliam a fixação do revestimento de uma fachada revestida com um pano vertical de telhas (por exemplo, ripas de madeira);
- Estudo do comportamento da parte de uma fachada, após a reposição de azulejos com recurso a materiais de reparação pontual (por exemplo, resina epóxi e argamassas).

A parede executada em laboratório poderá ser utilizada para outros fins, além dos propostos neste trabalho, assim propõem-se a:

- Colocação de sais (por exemplo, sulfato de sódio ou de magnésio) no reservatório e estudo do comportamento das argamassas e dos azulejos face a esses sais;
- Aplicação e estudo de barramentos coloridos à base de cal na face rebocada;
- Aplicação e estudo de argamassas de cal na face não azulejada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARREIRA, EVA; FREITAS, VASCO P. DE (2007) - Evaluation of building materials using infrared thermography. Construction and Building Materials. p. 218–224.

BARREIRA, EVA SOFIA BOTELHO MACHADO (2004) - Aplicação de Termografia ao Comportamento Higrotérmico dos Edifícios. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

INSTITUTO CAMÕES (2010) - Acedido em 08 de Novembro de 2012, em: <http://cvc.instituto-camoes.pt/conhecer/exposicoes-virtuais/a-arte-do-azulejo-em-portugal.html>

CLARK, M.R.; MCCANN, D.M.; FORDE, M.C. (2003) - Application of infrared thermography to the non-destructive testing of concrete and masonry bridges. NDT&E International. p. 265–275.

EN-1015 (1999) - Methods of test for mortar for masonry – Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar, CEN.

EN-1015-18 (1999) - Methods of test for mortar for masonry – Part 18: Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened rendering mortar, CEN.

FERNANDES, EDNILSON LEANDRO PINA (2010) - Os Painéis de Azulejo da Estação de S.Bento - História, Contexto e Iconografia. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em História da Arte Portuguesa pela Faculdade de Letras da Universidade do Porto.

FERREIRA, MARIA ISABEL MOURA (2009) - Azulejos Tradicionais de Fachada, em Ovar - Contributos para uma metodologia de conservação e restauro. Câmara Municipal de Ovar e ACRA - Atelier de Conservação e Restauro do Azulejo, Ovar.

FLIR (2011) - Guía sobre termografía para aplicaciones en edificios y energía renovable.

FREEMETEO (2013a) - Acedido em 5 de Dezembro de 2012, em: <http://freemeteo.com/default.asp?pid=20&gid=2736930&sid=85581&la=18&lc=1&nDate=5/12/2012>

FREEMETEO (2013b) - Acedido em 14 de Fevereiro de 2013, em: <http://freemeteo.com/default.asp?pid=20&gid=2736930&sid=85581&la=18&lc=1&nD ate=14/2/2012>

FREEMETEO (2013c) - Acedido em 2 de Março de 2013, em: <http://freemeteo.com/default.asp?pid=20&gid=2736930&sid=85581&la=18&lc=1&nD ate=2/3/2012>

FREEMETEO (2013d) - Acedido em 14 de Março de 2013, em: <http://freemeteo.com/default.asp?pid=20&gid=2736930&sid=85581&la=18&lc=1&nD ate=14/3/2012>

LNEC, LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL (2011a) - Levantamento em Obra de Patologias em Azulejos Históricos. Lisboa: LNEC.

LNEC, LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL (2011b) - Sobre a Degradação Física dos Azulejos de Fachada em Lisboa. Lisboa: LNEC.

LUIS MARIZ (2012) - Acedido em 09 de Novembro de 2012, em: <http://luismariz.com/>.

MATIAS, LUÍS (2011) - Aplicação da termografia de infravermelhos na avaliação do estado de conservação de azulejos históricos. Apresentação utilizada na conferência: Conservação de Azulejos Históricos.

MENDONÇA, LUÍS VIEGAS (2005) - Termografia por Infravermelhos Aplicações em Edifícios. SpyBuilding.

JNCRUZ PHOTO (2012) - Acedido em 02 de Novembro de 2012, em: http://www.jncruz.com/?page_id=540.

SANTOS, PINA DOS; MATIAS, LUÍS (2006) - Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente de edifícios. Lisboa. LNEC.

SOUSA, LUÍS FILIPE RODRIGUES DE (2010) - Aplicação de Termografia no Estudo do Isolamento Térmico de Edifícios. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil pela Universidade de Aveiro.

TESTO (2011) - Acedido em 30 de Novembro de 2012, em: [http://www.testo.pt/online/abaxx-?%\\$part=PORTAL.PRT.SimpleContentDesk&%\\$event=show-from-menu&categoryid=64085133](http://www.testo.pt/online/abaxx-?%$part=PORTAL.PRT.SimpleContentDesk&%$event=show-from-menu&categoryid=64085133).

TESTO (2013) - Acedido em 17 de Abril de 2013, em: http://www.testosites.de/export/sites/default/thermalimaging/pt_PT/local_downloads/technical_data_testo_875.pdf.

VELOSA, ANA LUISA LOMELINO; FERREIRA, LUIS MARIZ; FERREIRA, MARIA ISABEL MOURA (2012) - Manual de Materiais e Técnicas Tradicionais de Assentamento de Azulejos de Fachada. Câmara Municipal de Ovar e ACRA - Atelier de Conservação e Restauro do Azulejo, Ovar.

7. ANEXO A: FICHAS DE CARATERIZAÇÃO DE EDIFÍCIOS

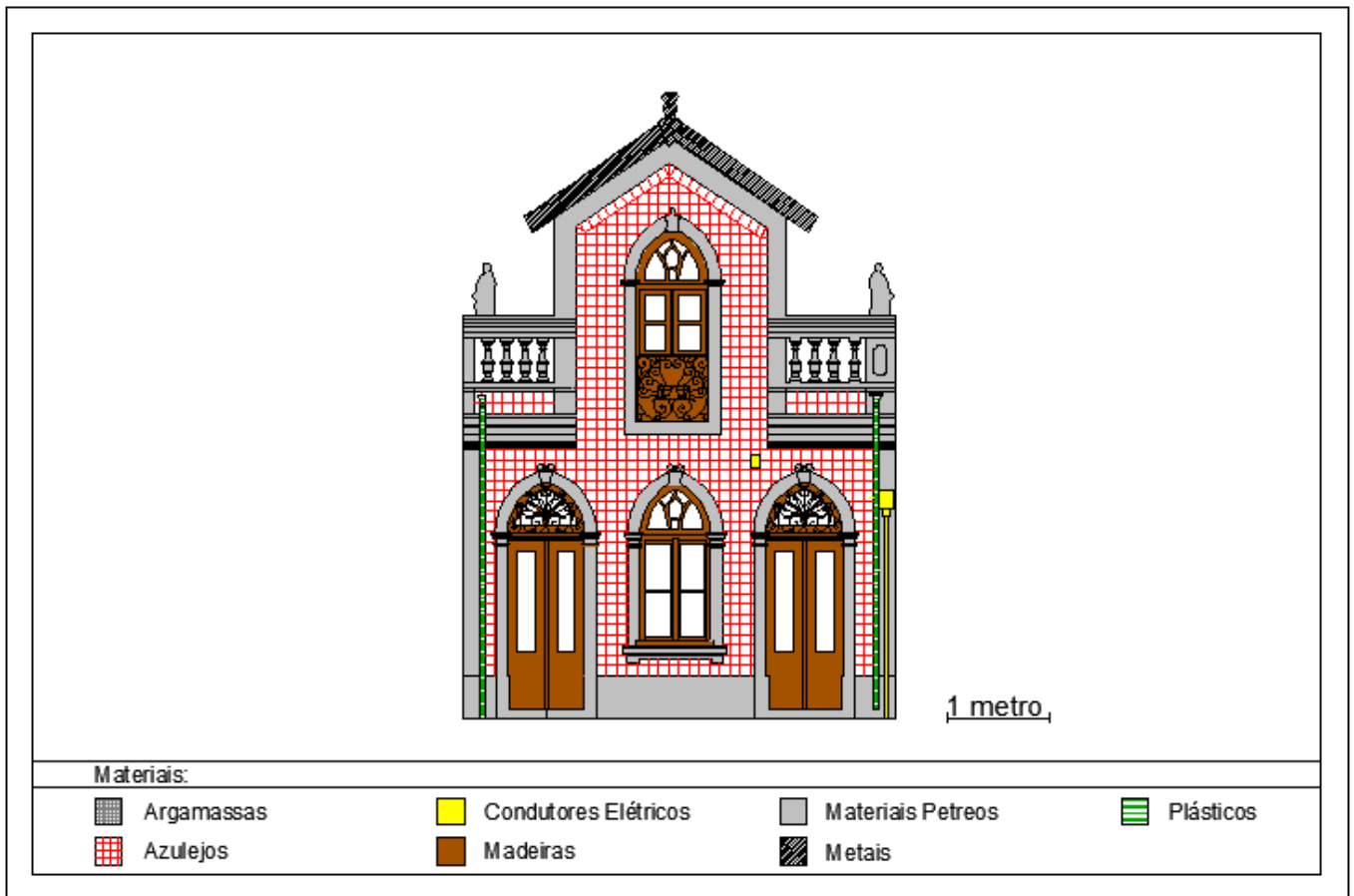
1. INFORMAÇÃO GERAL**2. LOCALIZAÇÃO**

Local	Rua Visconde de Ovar
Freguesia, cidade	Ovar
Orientação	Norte

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL

Comprimento da fachada	4,20m
Altura da fachada	5,95 m
Área	18,70 m ²
Volumetria	2 pisos
Tipo de propriedade	Privada

4. IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

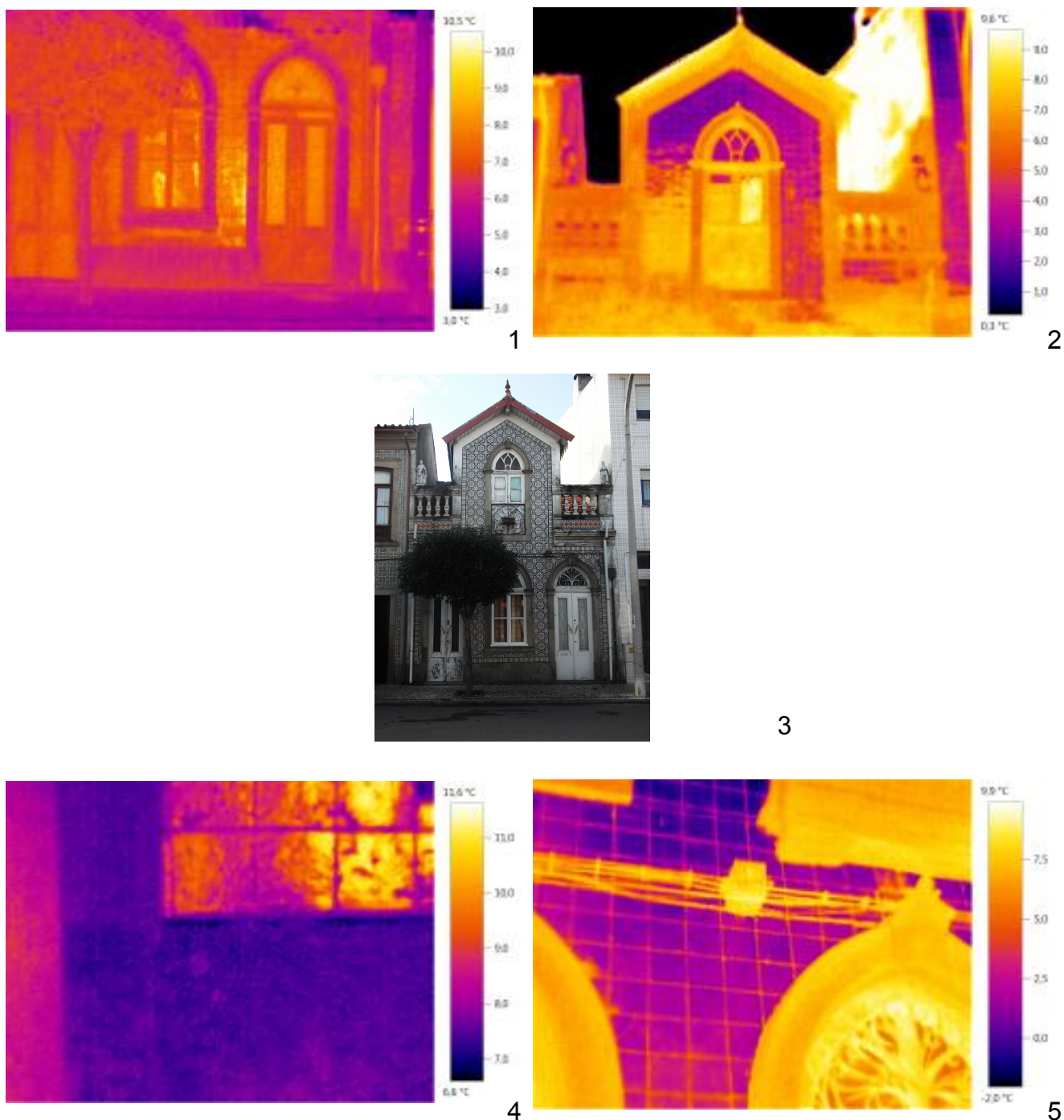


5. CARACTERIZAÇÃO DOS AZULEJOS

Dimensões 140 x 140 mm



6. TERMOGRAFIA



- 1 - Identificação dos vários materiais constituintes da fachada (rés-do-chão) através da termografia.
- 2 - Identificação dos vários materiais constituintes da fachada (1º andar) através da termografia.
- 3 - Imagem real da fachada.
- 4 - Imagem térmica onde se verificam temperaturas inferiores nas cantarias, nomeadamente no soco de pedra.
- 5 - Identificação de cablagens elétricas a través da termografia.

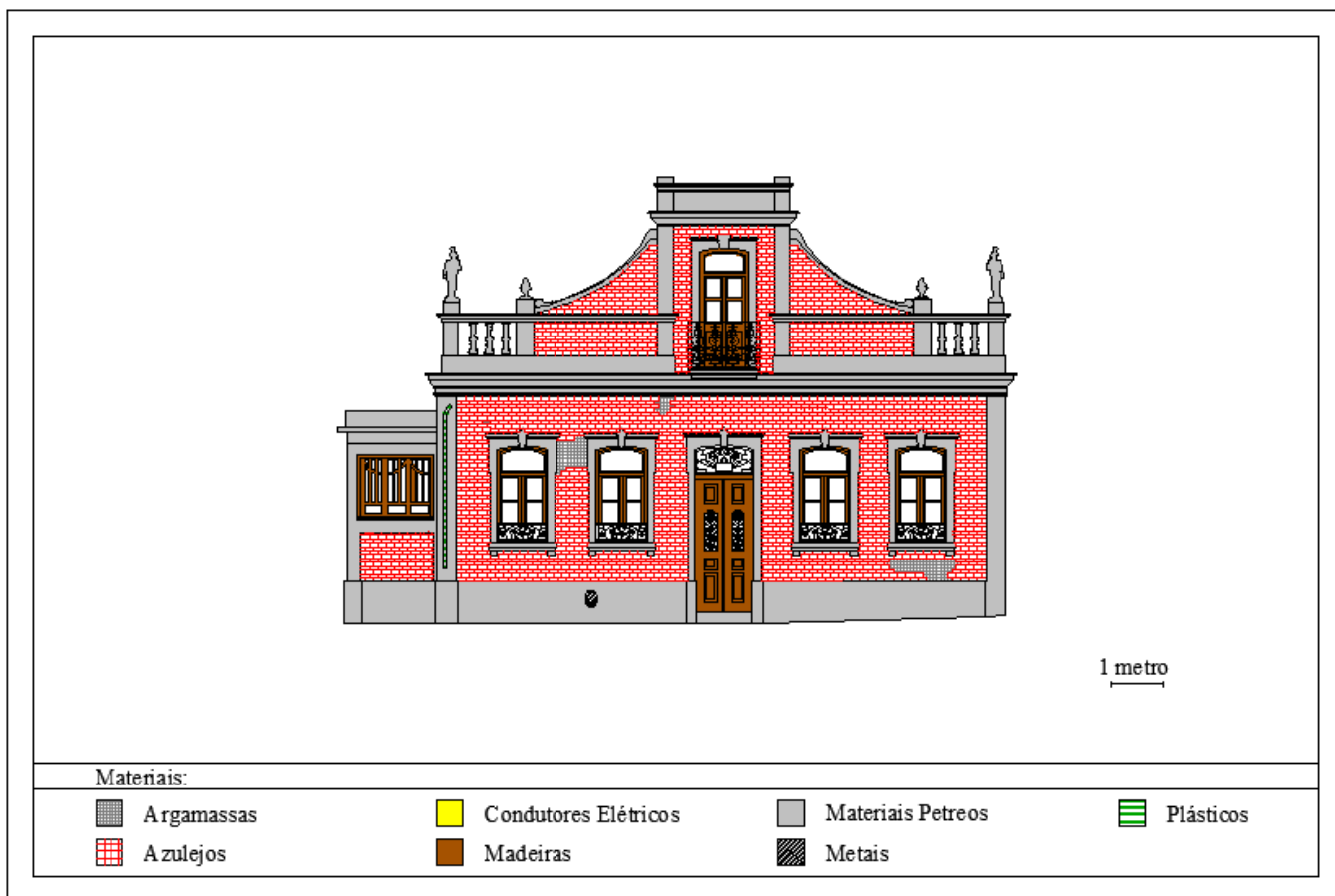
1. INFORMAÇÃO GERAL**2. LOCALIZAÇÃO**

Local	Rua Visconde de Ovar
Freguesia, cidade	Ovar
Orientação	Sul

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL

Comprimento da fachada	12,65 m
Altura da fachada	8,40 m
Área	81,00 m ²
Volumetria	2 pisos
Tipo de propriedade	Privada

4. IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

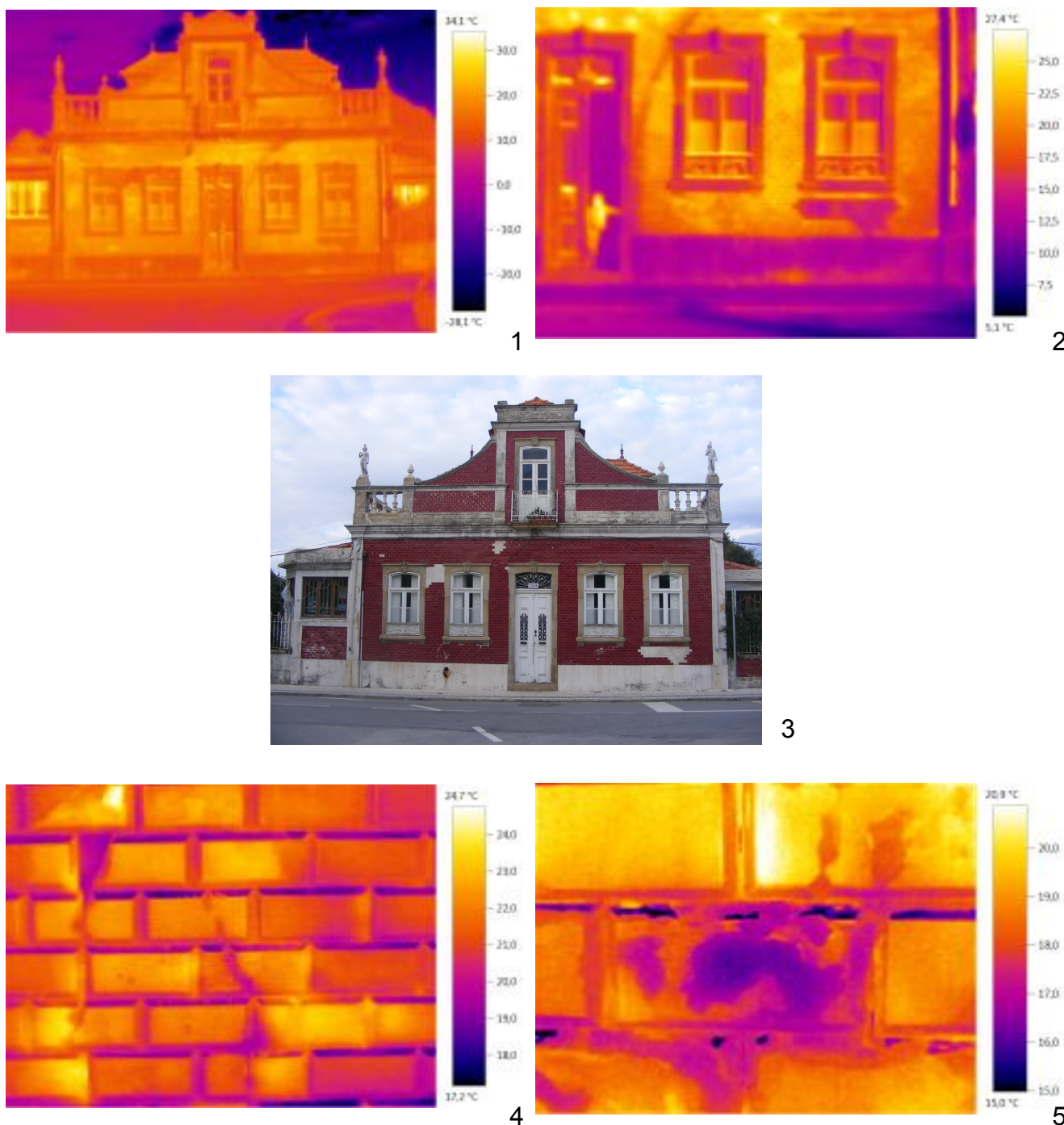


5. CARACTERIZAÇÃO DOS AZULEJOS

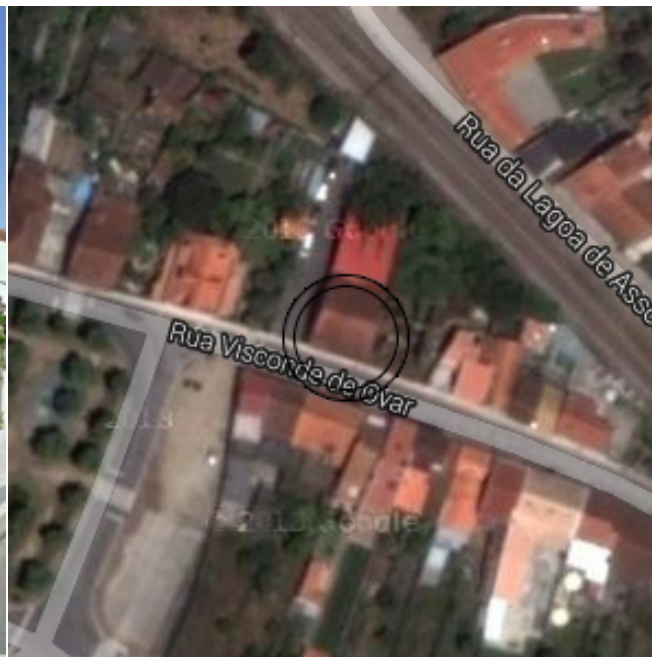
Dimensões 160 x 70 mm



6. TERMOGRAFIA



- 1 - Imagem termográfica da totalidade da fachada onde se identificam os diversos materiais, destacando-se as cantarias com temperatura inferior.
- 2 - Identificação dos vários materiais constituintes da fachada através da termografia.
- 3 - Imagem real da fachada.
- 4 - Verificação de azulejos fissurados através da termografia.
- 5 - Observação de um azulejo com destacamento de vidroado através da termografia, em que a zona destacada se manifesta com temperatura inferior.

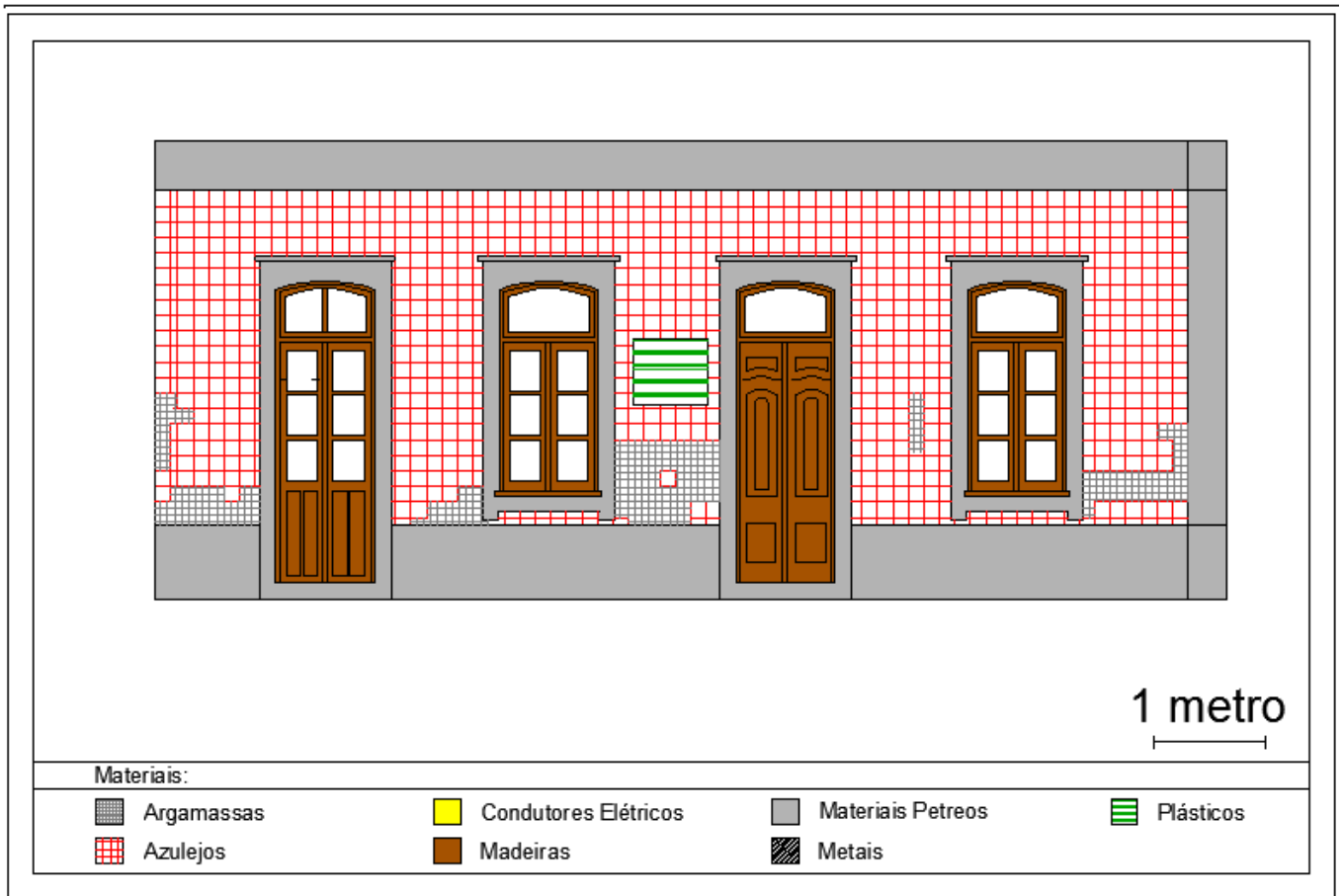
1. INFORMAÇÃO GERAL**2. LOCALIZAÇÃO**

Local	Rua Visconde de Ovar
Freguesia, cidade	Ovar
Orientação	Sul

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL

Comprimento da fachada	9,70 m
Altura da fachada	4,15 m
Área	27,58 m ²
Volumetria	1 piso
Tipo de propriedade	Privada

4. IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

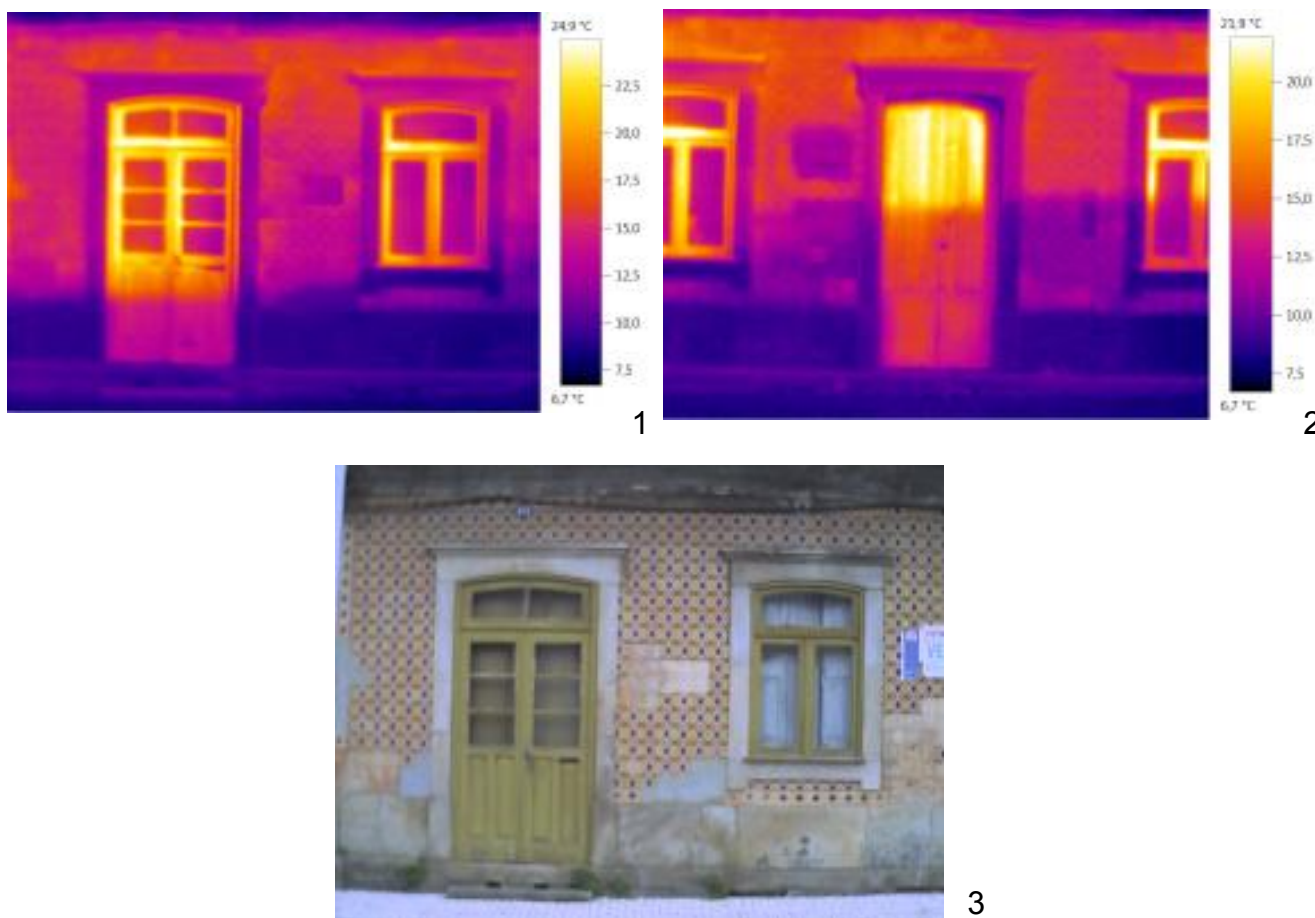


5. CARACTERIZAÇÃO DOS AZULEJOS

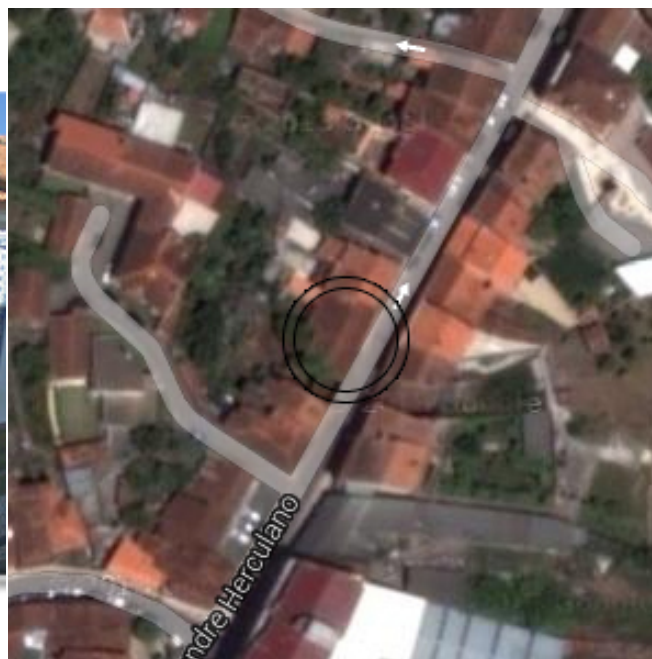
Dimensões 140 x 140 mm



6. TERMOGRAFIA



1 e 2- Imagens térmicas da fachada onde se identificam os diversos materiais, nomeadamente os locais onde houve o desprendimento de azulejos e posterior preenchimento com argamassa de cimento que se manifestam com temperaturas inferiores. Observa-se que o granito do soco regista temperaturas baixas e o revestimento tende a registar temperaturas superiores à medida que as cotas são superiores, evidenciando a presença de humidade proveniente do solo por via capilar.

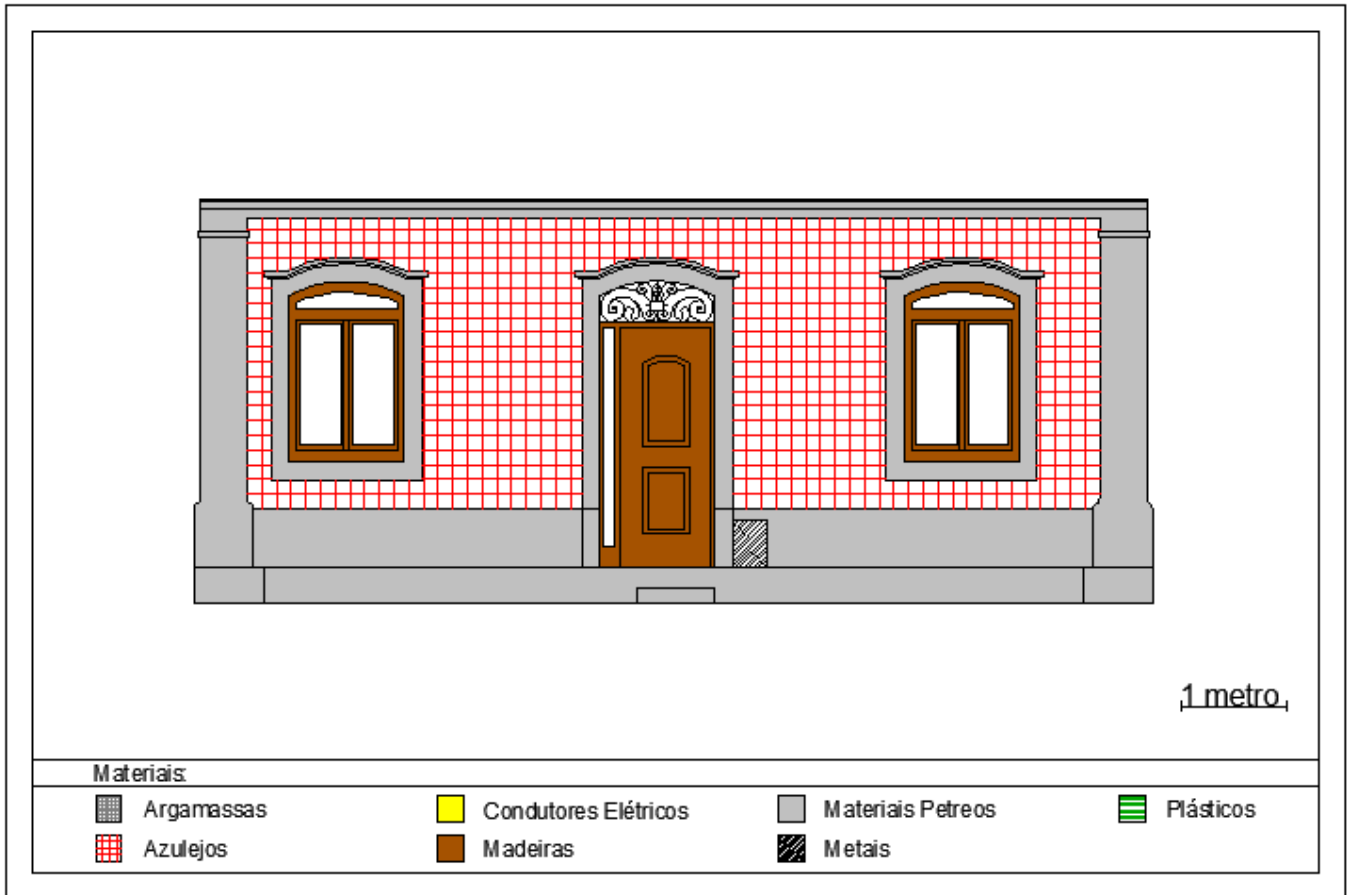
1. INFORMAÇÃO GERAL**2. LOCALIZAÇÃO**

Local	Rua Alexandre Herculano
Freguesia, cidade	Ovar
Orientação	Sul

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL

Comprimento da fachada	9,20 m
Altura da fachada	3,85 m
Área	35,42 m ²
Volumetria	1 piso
Tipo de propriedade	Privada

4. IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

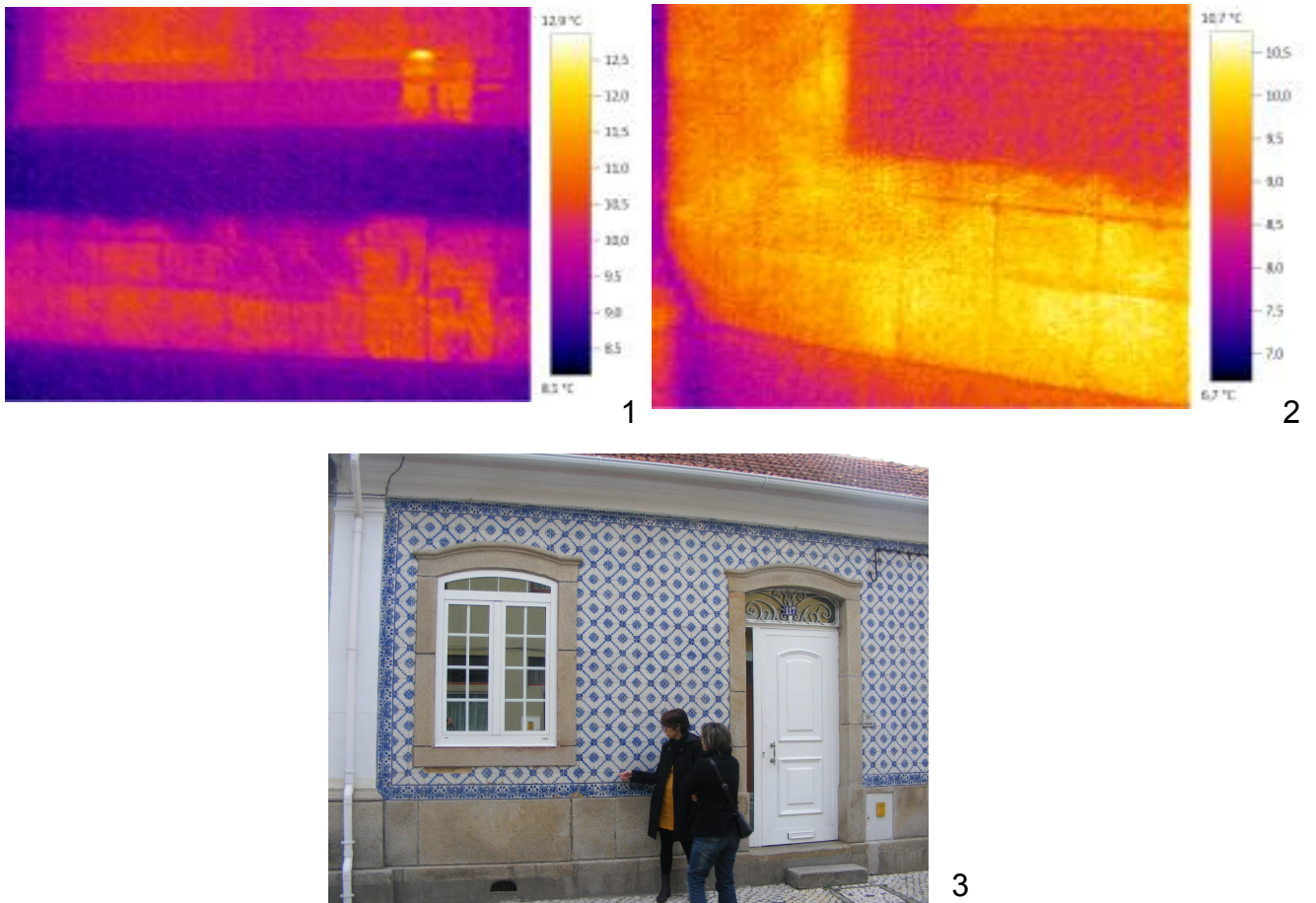


5. CARACTERIZAÇÃO DOS AZULEJOS

Dimensões 140 x 140 mm



6. TERMOGRAFIA



- 1 - Imagem térmica onde se identifica a cantaria através de temperaturas baixas.
- 2 - Identificação de destacamento do revestimento através da manifestação de temperaturas altas numa zona entre o soco de pedra e sob a janela, zona propícia à concentração de tensões e ação da água.

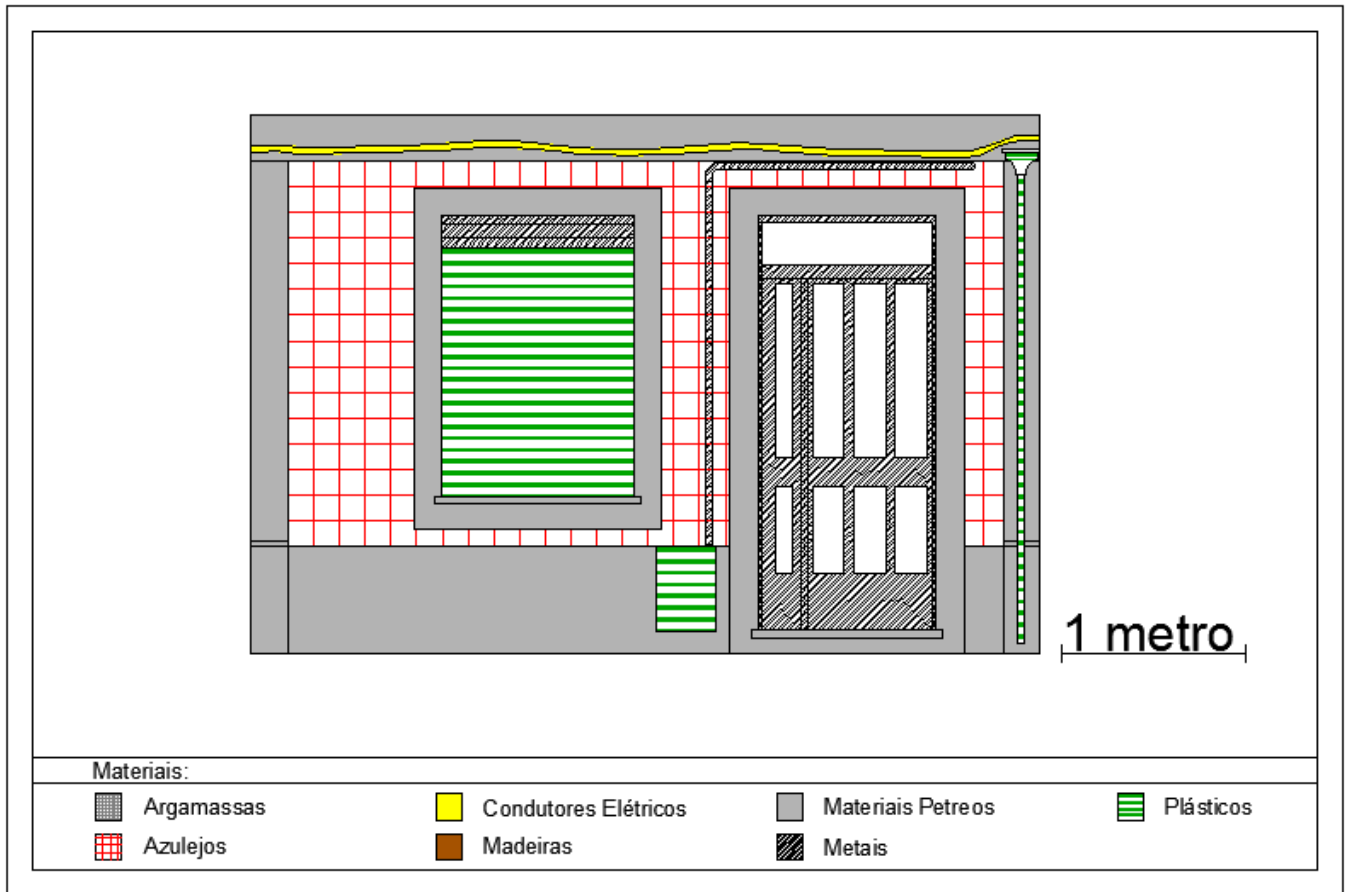
1. INFORMAÇÃO GERAL**2. LOCALIZAÇÃO**

Local	Rua Vasco da Gama
Freguesia, cidade	Ovar
Orientação	Este

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL

Comprimento da fachada	4,30 m
Altura da fachada	2,95 m
Área	12,69 m ²
Volumetria	1 piso
Tipo de propriedade	Privada

4. IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

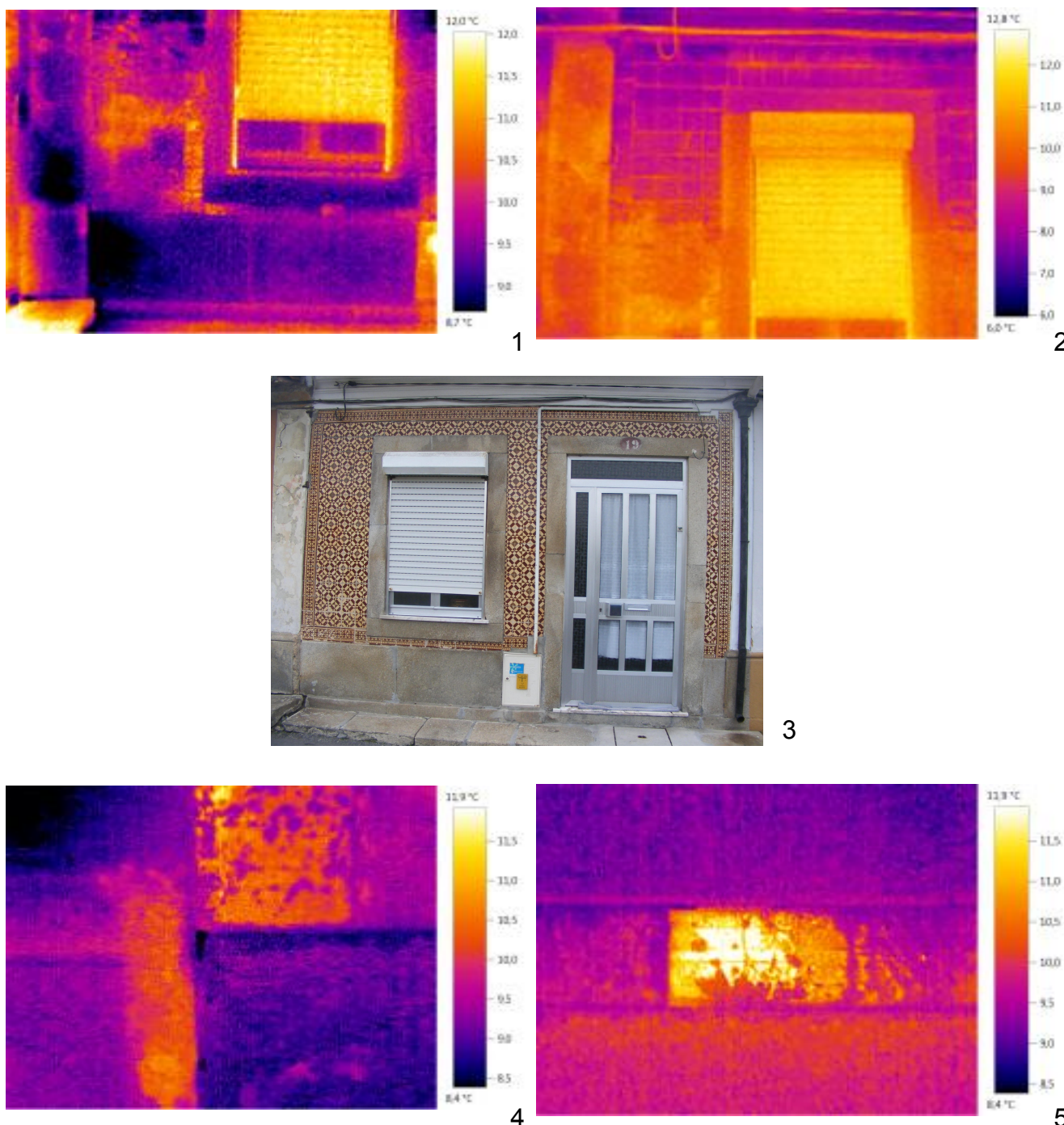


5. CARACTERIZAÇÃO DOS AZULEJOS

Dimensões 140 x 140 mm



6. TERMOGRAFIA



- 1 - Imagem térmica onde se identifica o destacamento de revestimento entre a janela e a esquina do edifício através da manifestação de temperaturas superiores.
- 2 - Identificação de temperaturas superiores junto da janela que corresponderão a destacamento de azulejos.
- 3 - Imagem real da fachada.
- 4 - Observação de um azulejo com destacamento de vidro através da termografia.
- 5 - Identificação através da termografia de um azulejo destacado sob o vão de janela e sobre o soco de pedra, zona propícia a concentração de tensões devido à presença de vários materiais e ação da água .

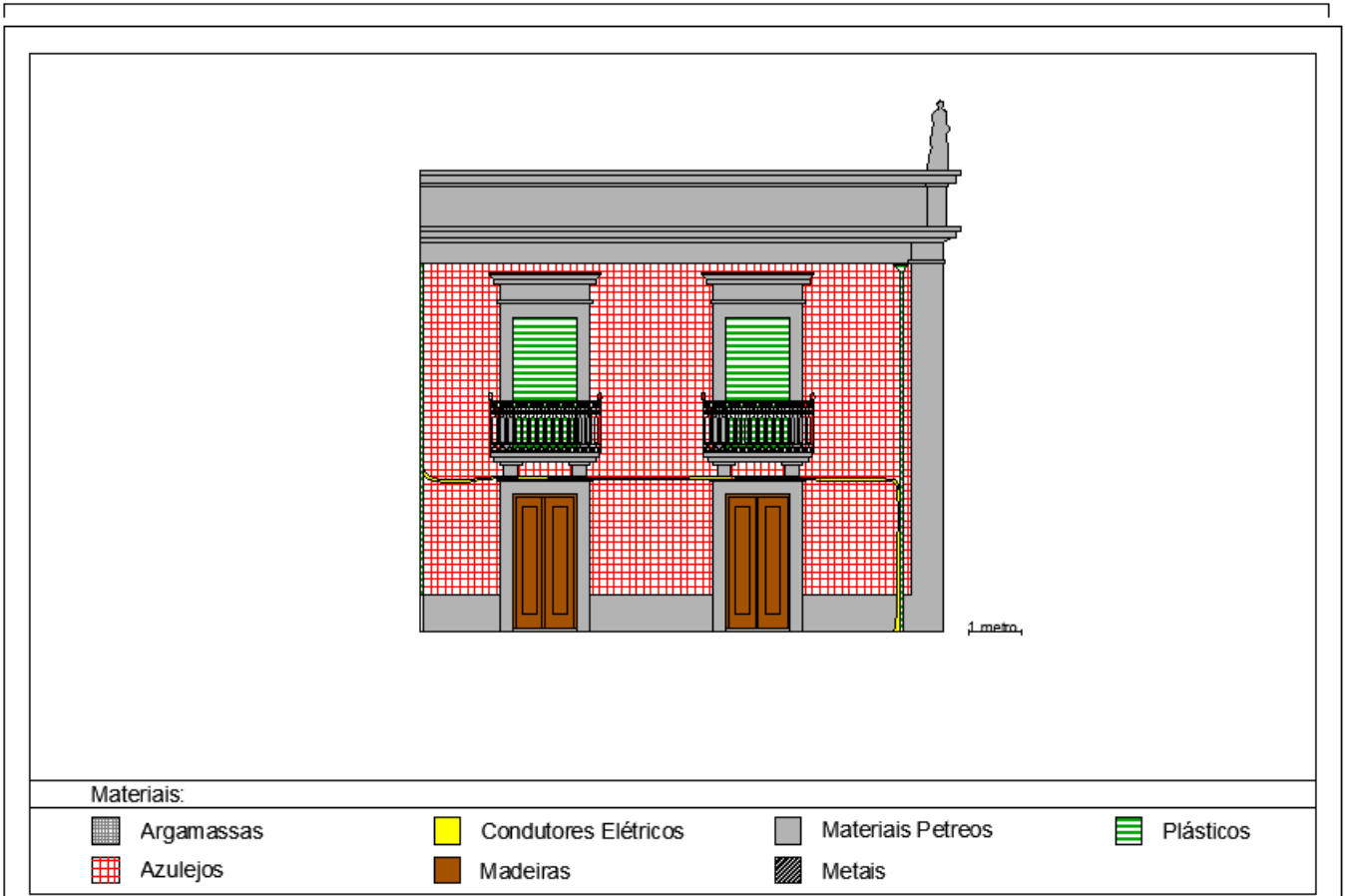
1. INFORMAÇÃO GERAL**2. LOCALIZAÇÃO**

Local	Largo dos Bombeiros Voluntários de OVar
Freguesia, cidade	Ovar
Orientação	Sul

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL

Comprimento da fachada	9,97 m
Altura da fachada	8,80 m
Área	87,73 m ²
Volumetria	2 pisos
Tipo de propriedade	Privada

4. IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

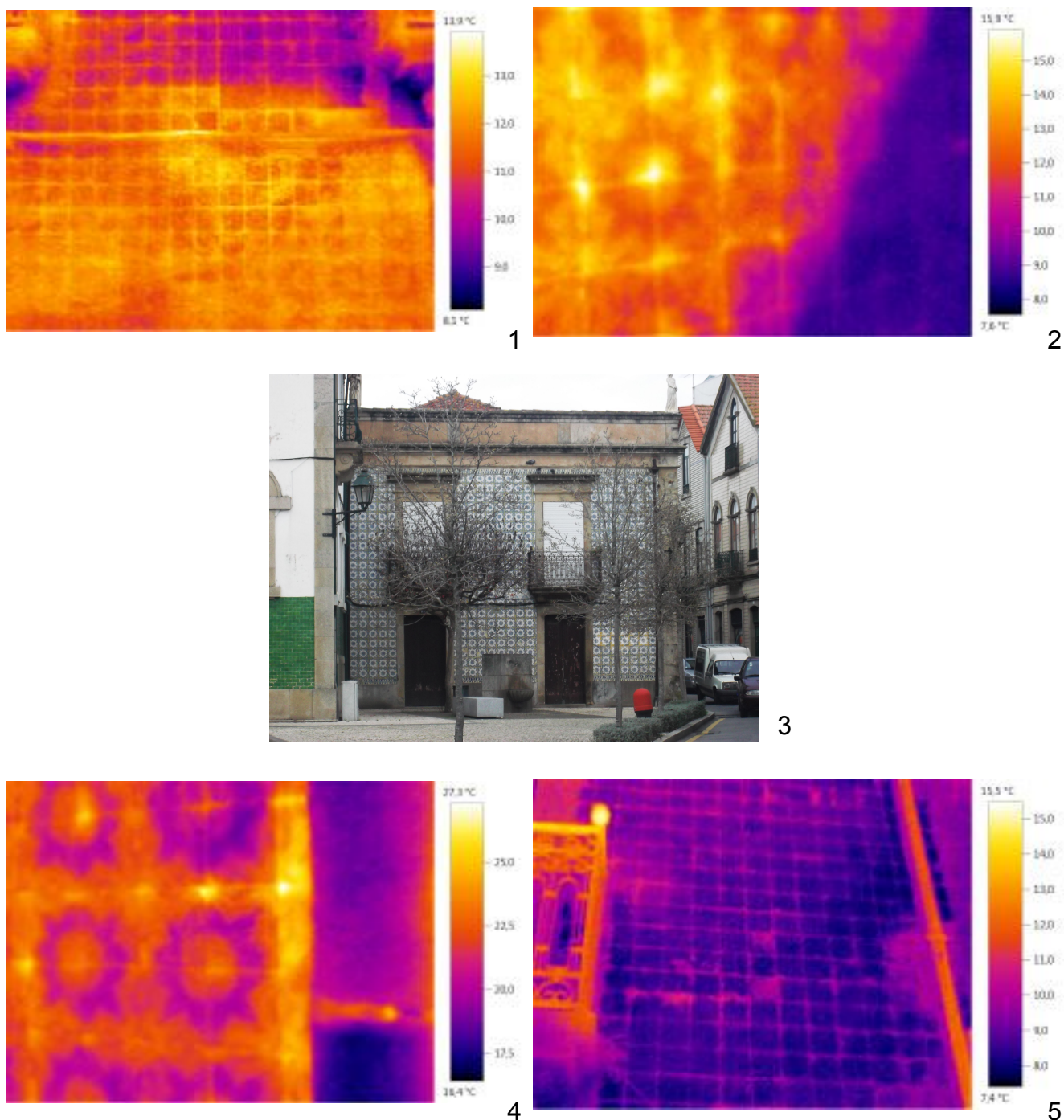


5. CARACTERIZAÇÃO DOS AZULEJOS

Dimensões 140 x 140 mm



6. TERMOGRAFIA



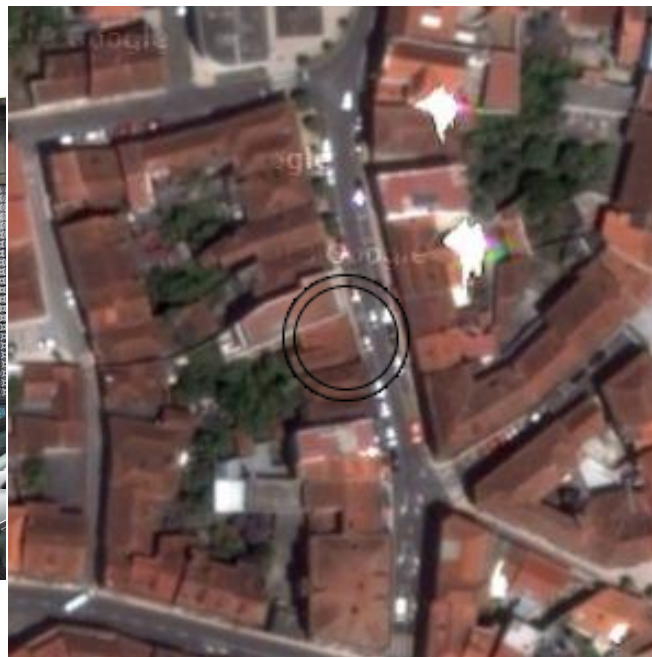
1 - Imagem térmica de uma área da fachada onde se observam zonas com temperaturas superiores, correspondentes a destacamento de azulejos.

2 - Imagem térmica onde se pode comparar o resultado que se obtém quando o revestimento está sob incidência do sol ou sombreado. Observação, através da manifestação de temperaturas superiores, de alguns azulejos destacados na zona dos cantos.

3 - Imagem real da fachada.

4 - Imagem térmica onde se observa o destacamento de azulejos junto da cantaria. Identificação do padrão dos azulejos devido às diferentes emissividades das diversas cores que definem o padrão.

1. INFORMAÇÃO GERAL



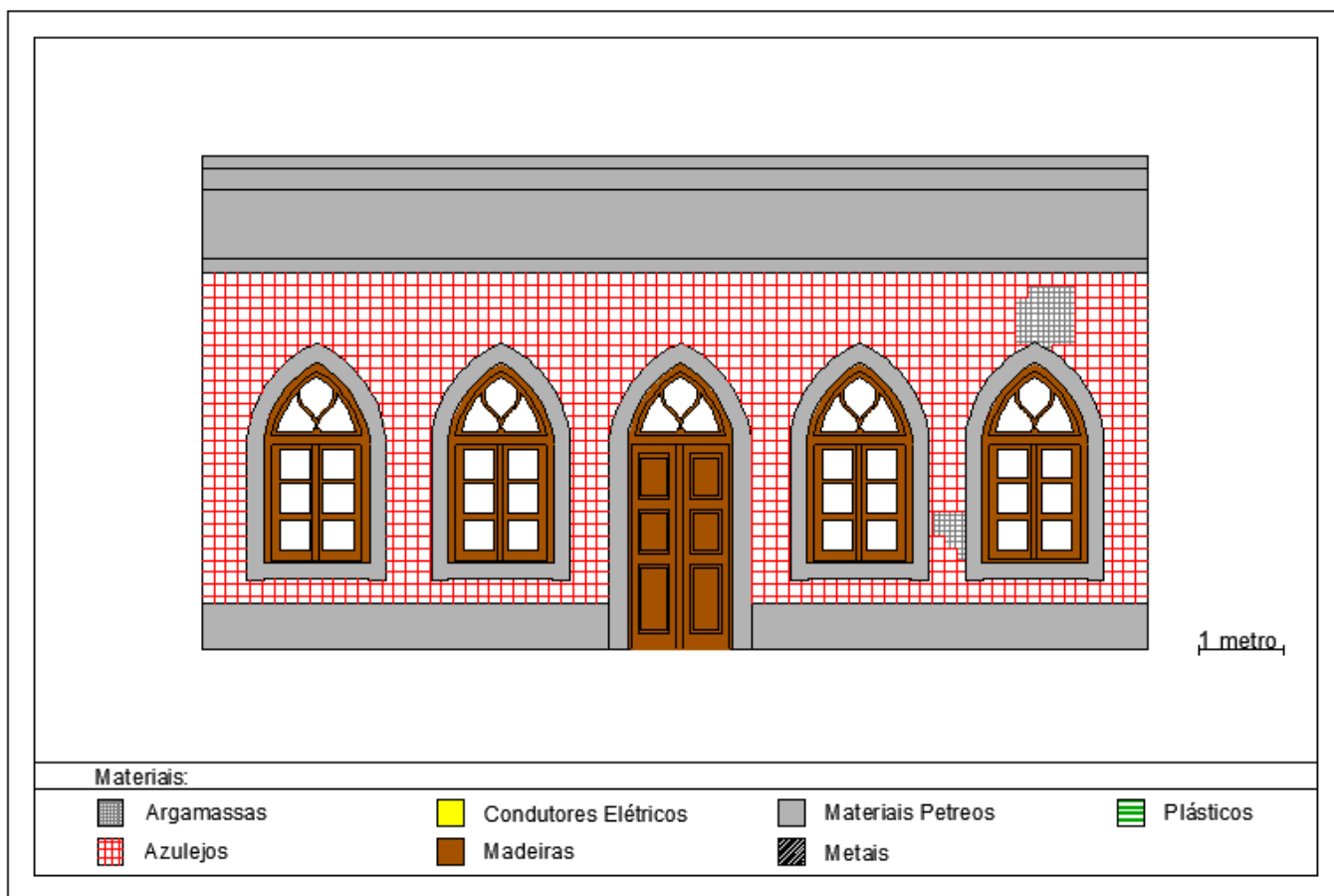
2. LOCALIZAÇÃO

Local	Rua Candido dos Reis
Freguesia, cidade	Ovar
Orientação	Este

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL

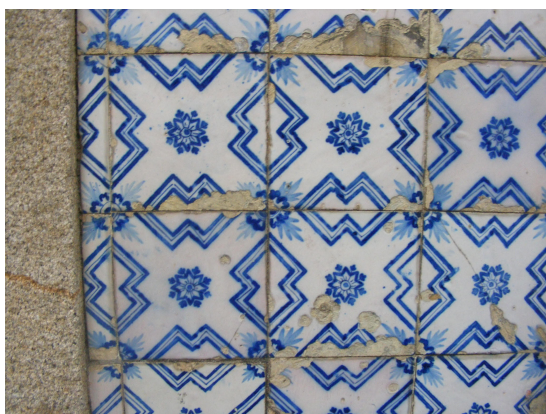
Comprimento da fachada	11,00 m
Altura da fachada	5,80 m
Área	63,82 m ²
Volumetria	1 piso
Tipo de propriedade	Pública

4. IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

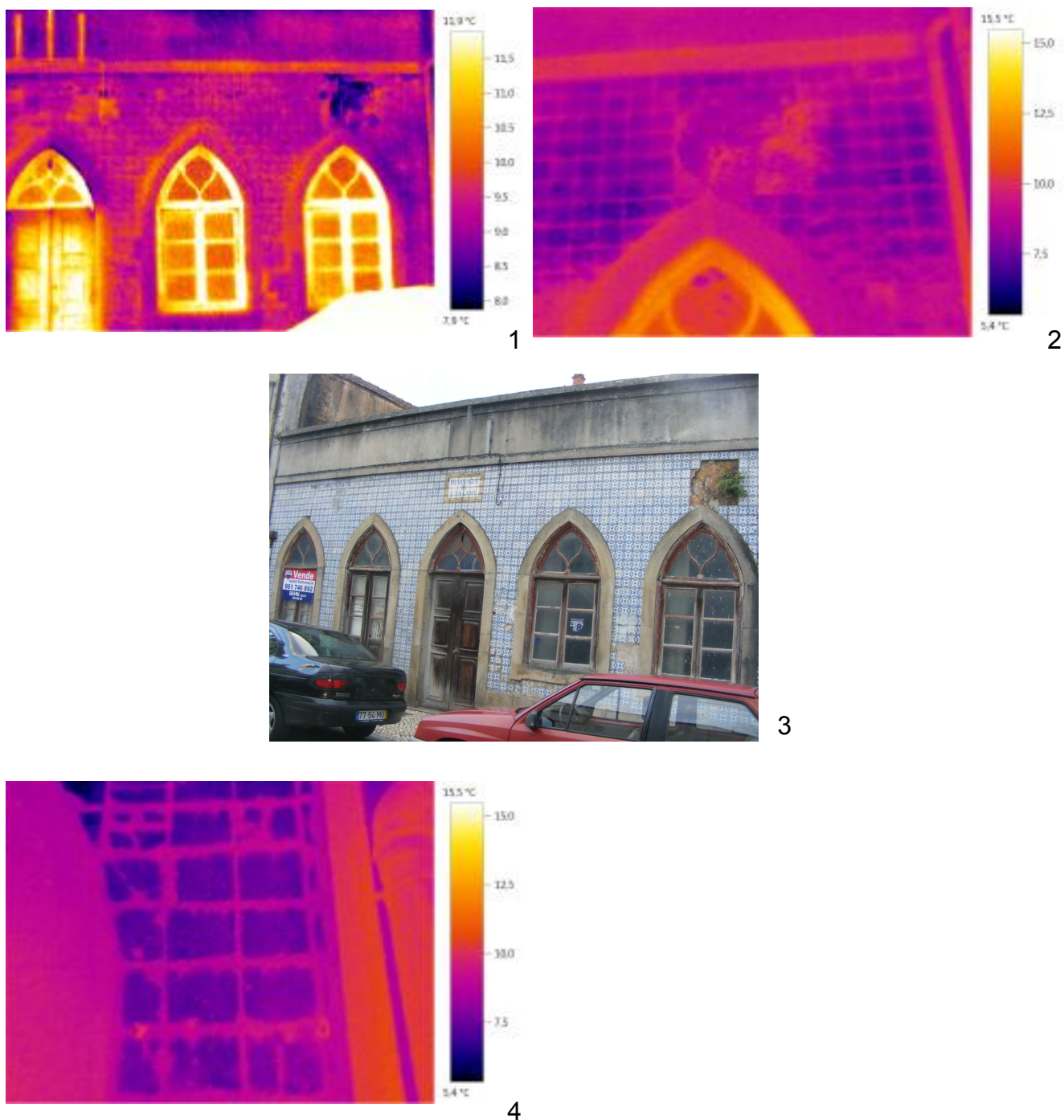


5. CARACTERIZAÇÃO DOS AZULEJOS

Dimensões 140 x 140 m



6. TERMOGRAFIA



- 1 - Imagem térmica de uma área da fachada onde se identificam os vários materiais presentes na fachada.
- 2 - Imagem termográfica da zona com empolamento de azulejos e macro organismos
- 3 - Imagem real da fachada.
- 4 - Observação de colonização biológica nas juntas e nas fraturas através da termografia.

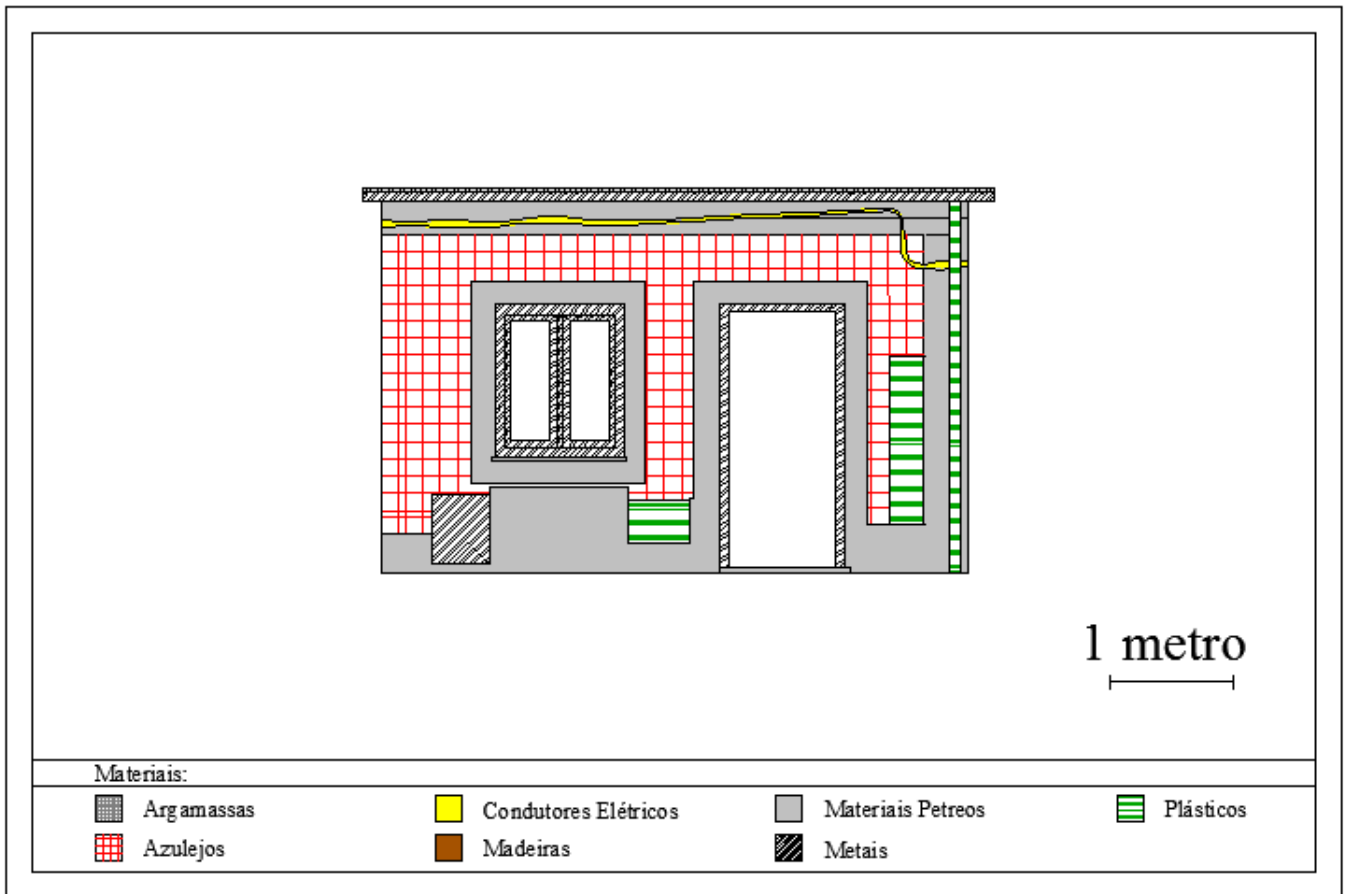
1. INFORMAÇÃO GERAL**2. LOCALIZAÇÃO**

Local	Rua Dr. José Falcão
Freguesia, cidade	Ovar
Orientação	Oeste

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL

Comprimento da fachada	4,75 m
Altura da fachada	3,00 m
Área	15,54 m ²
Volumetria	1 piso
Tipo de propriedade	Privada

4. IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

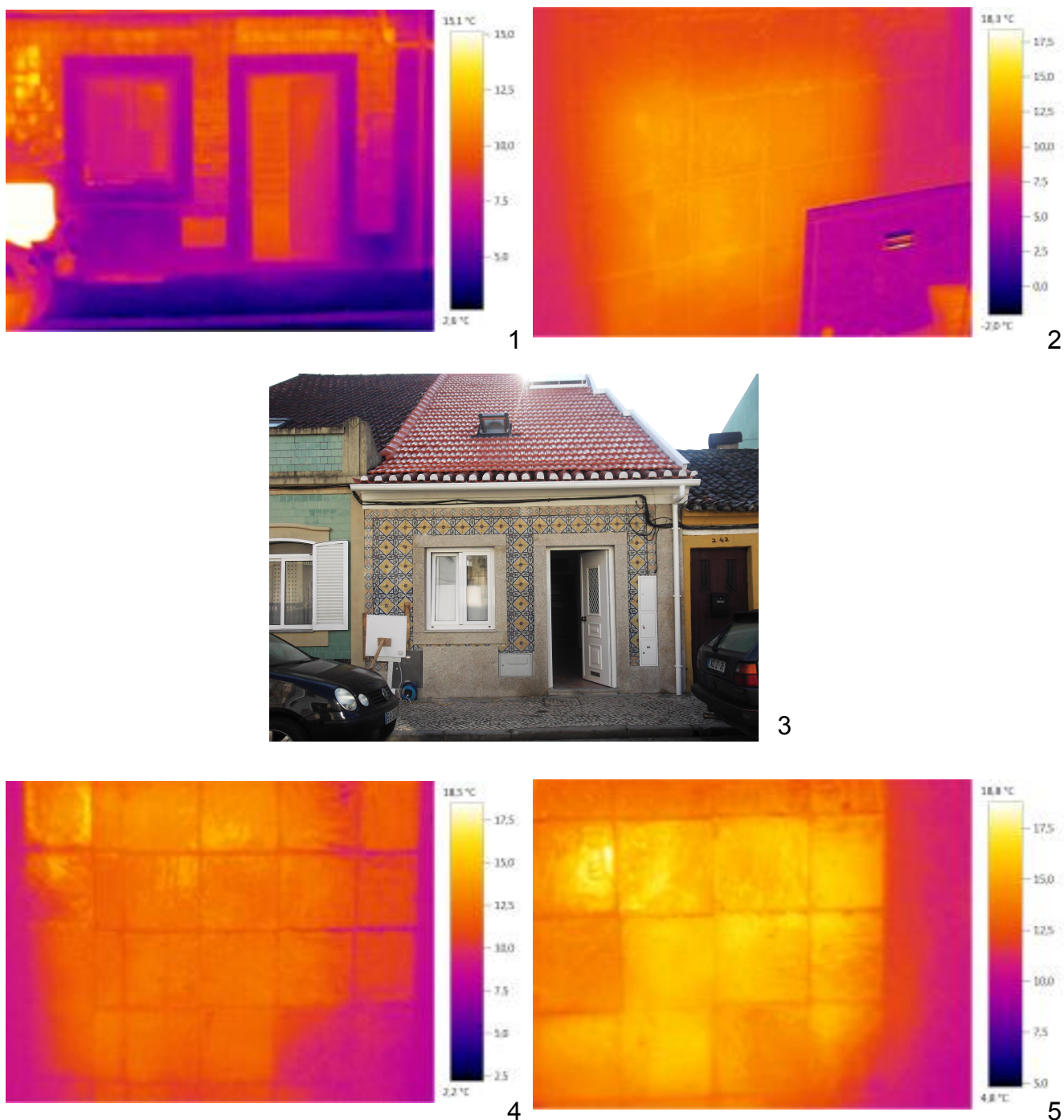


5. CARACTERIZAÇÃO DOS AZULEJOS

Dimensões 140 x 140 mm



6. TERMOGRAFIA



1 - Imagem térmica geral da fachada onde se identificam os vários materiais da fachada, destacando-se a cantaria que se manifesta através de temperaturas inferiores.

2 - Imagem termográfica de uma zona estudada onde se observam temperaturas homogéneas nos vários azulejos.

3 - Imagem real da fachada.

4 - Imagem termográfica de uma zona estudada onde se observam temperaturas homogéneas nos vários azulejos.

5 - Observação de azulejos com temperaturas inferiores através da termografia. Após a remoção de alguns azulejos verificou-se que dois azulejos (da fiada inferior) tinham sido repostos com argamassa de cimento.

1. INFORMAÇÃO GERAL**2. LOCALIZAÇÃO**

Local	Rua Padre Ferrer
Freguesia, cidade	Ovar
Orientação	Este

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL

Comprimento da fachada	8,10 m
Altura da fachada	5,40 m
Área	43,60 m ²
Volumetria	3 pisos
Tipo de propriedade	Privada

4. IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

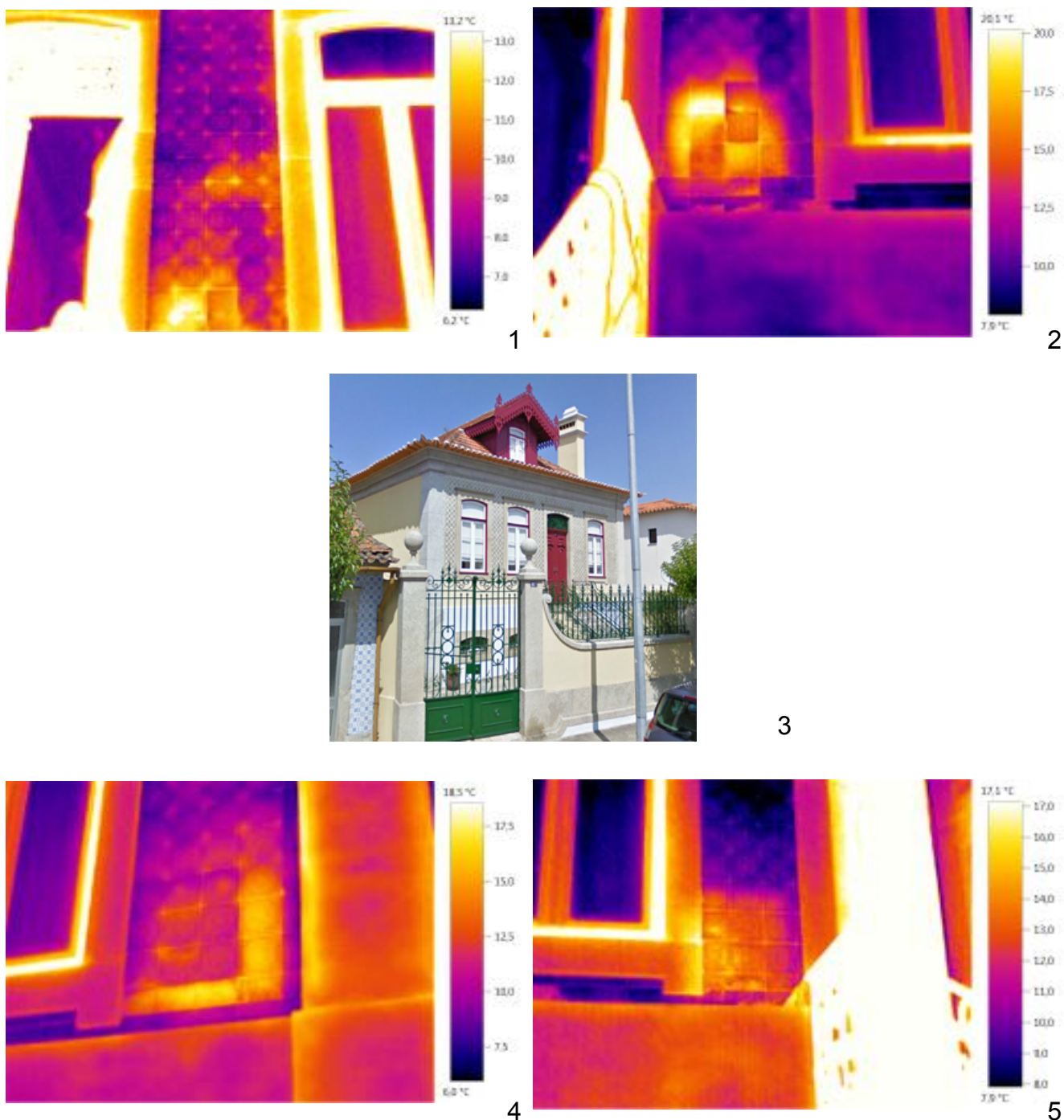


5. CARACTERIZAÇÃO DOS AZULEJOS

Dimensões 140 x 140 mm



6. TERMOGRAFIA



1 - Imagem termografica onde se observam destacamentos no revestimento (sem a utilização de uma fonte de calor artificial) através da manifestação de temperaturas superiores ao restante revestimento..

2 - Imagem termográfica de uma zona onde ocorreu o desprendimento de dois azulejos. Verificação do desprendimento dos azulejos contíguos a essa área.

3 - Imagem real da fachada.

4 - Imagem termográfica de uma zona estudada onde se observam temperaturas superiores que corresponderão a destacamentos de azulejos.

5 - Imagem térmica de uma zona que não apresenta singularidades.

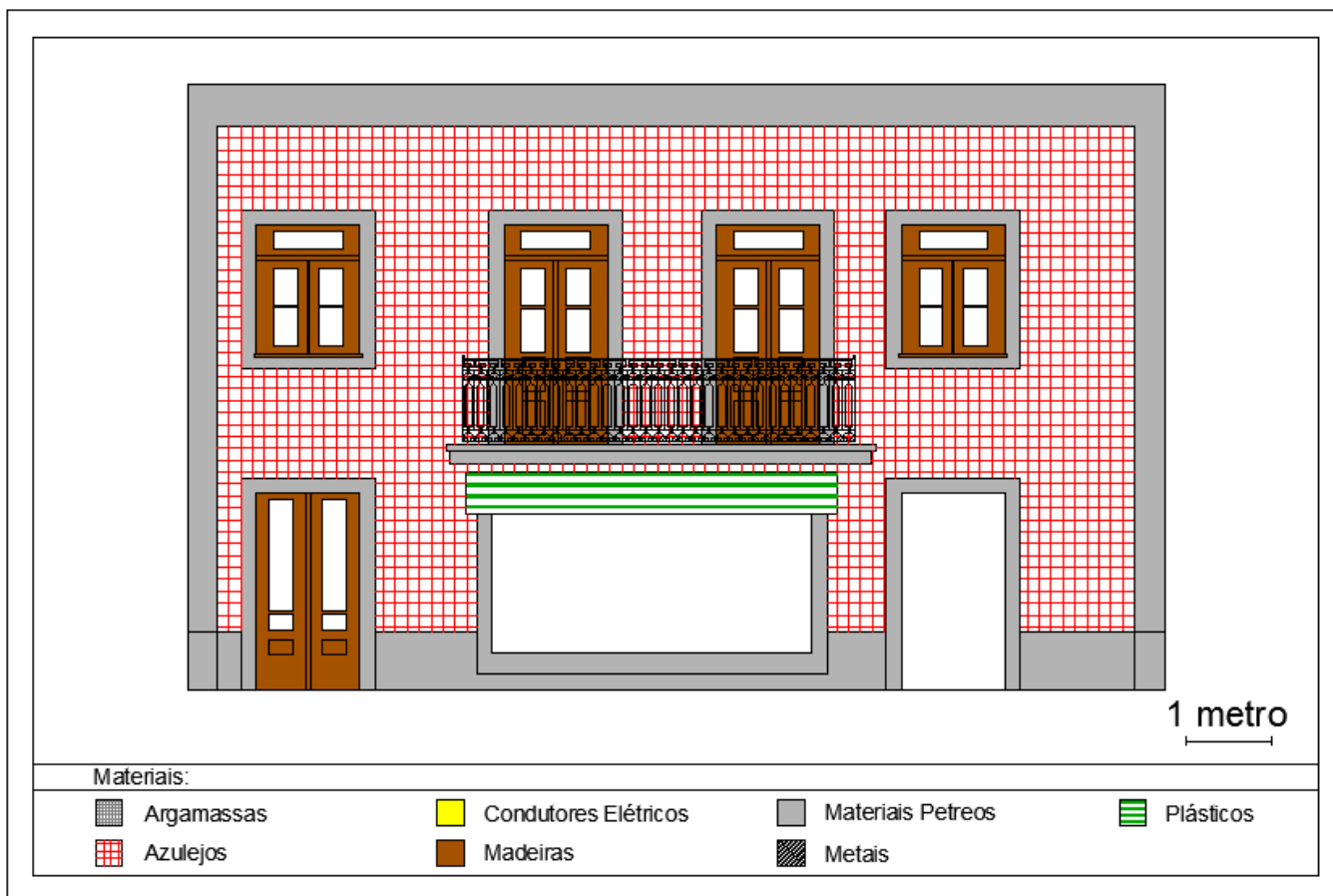
1. INFORMAÇÃO GERAL**2. LOCALIZAÇÃO**

Local	Rua Dr. José Falcão
Freguesia, cidade	Ovar
Orientação	Oeste

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL

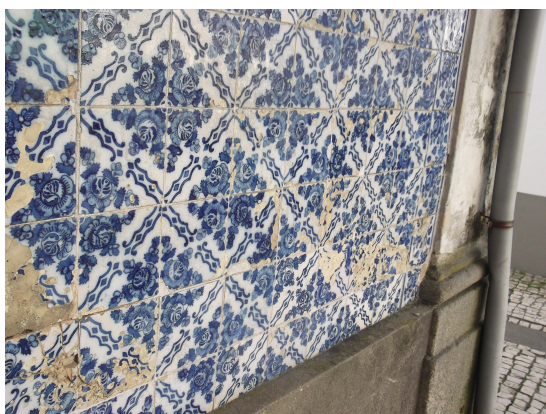
Comprimento da fachada	11,50 m
Altura da fachada	7,15 m
Área	81,65 m ²
Volumetria	2 pisos
Tipo de propriedade	Comércio

4. IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

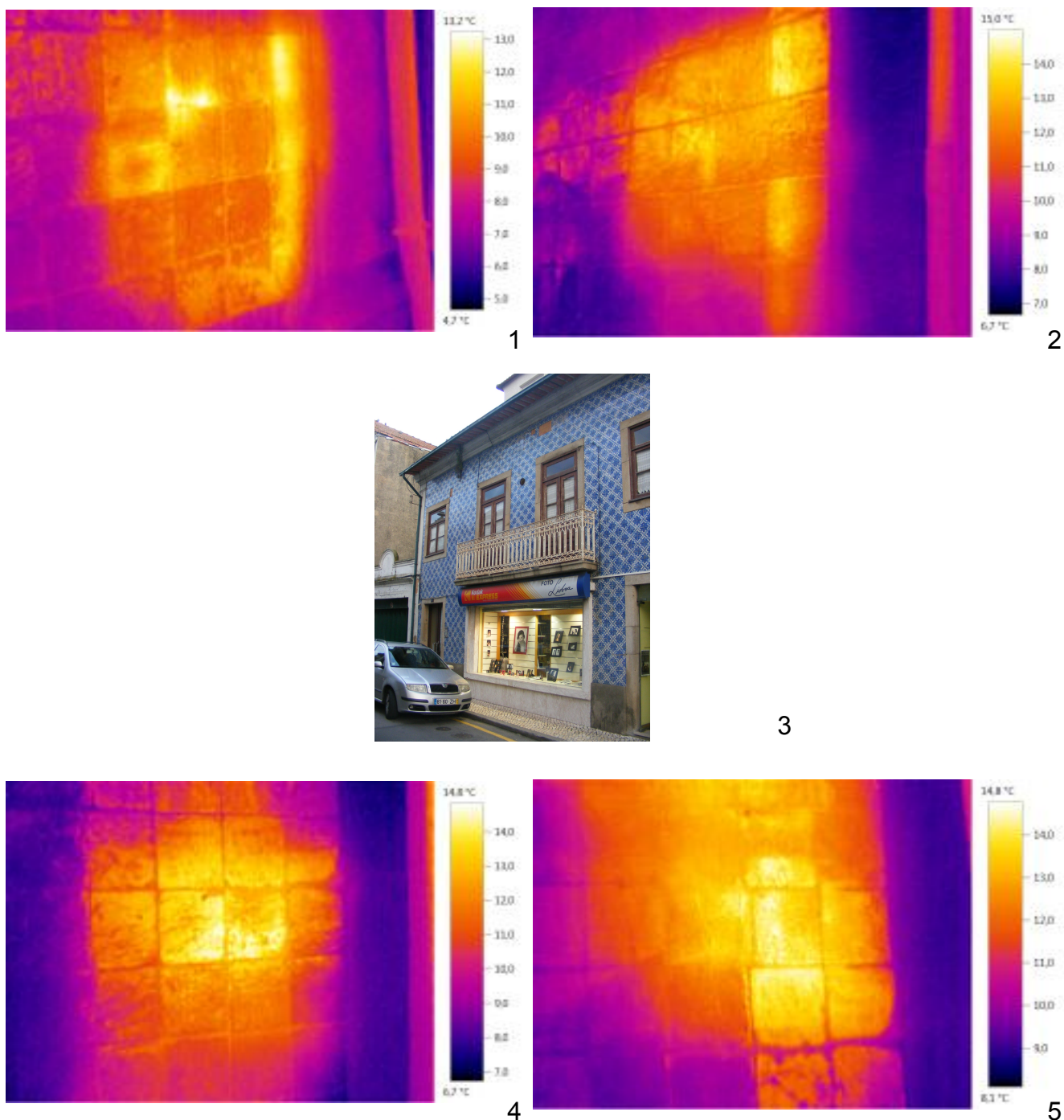


5. CARACTERIZAÇÃO DOS AZULEJOS

Dimensões 140 x 140 mm



6. TERMOGRAFIA



- 1 - Observação de destacamentos de azulejos através de temperaturas superiores ao restante revestimento, nomeadamente junto da cantaria recorrendo à termografia.
- 2 - Imagem termográfica onde se verificam temperaturas superiores junto da cantaria que correspondem a destacamentos de azulejos.
- 3 - Imagem real da fachada.
- 4 - Imagem termográfica onde se verificam azulejos com zonas com temperaturas superiores manifestando deslocamentos pontoais.
- 5 - Identificação de azulejos com zonas com temperaturas superiores manifestando deslocamentos pontoais