

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CÂMPUS GUARAPUAVA  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Jéssica Jayne Jumes**

**USO DA TERMOGRAFIA PARA AVALIAÇÃO DE  
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO SISTEMA DE  
FACHADAS COM REVESTIMENTOS CERÂMICOS:  
ESTUDO LABORATORIAL**

Guarapuava  
Julho 2019

**JÉSSICA JAYNE JUMES**

**USO DA TERMOGRAFIA PARA AVALIAÇÃO DE  
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO SISTEMA DE  
FACHADAS COM REVESTIMENTOS CERÂMICOS:  
ESTUDO LABORATORIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação de Engenharia Civil da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Guarapuava,  
como parte dos requisitos para obtenção do título de  
Engenheira Civil.

**Orientador: Dyorgge Alves Silva**

Guarapuava  
Julho 2019

**JÉSSICA JAYNE JUMES**

**USO DA TERMOGRAFIA PARA AVALIAÇÃO DE  
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO SISTEMA DE  
FACHADAS COM REVESTIMENTOS CERÂMICOS:  
ESTUDO LABORATORIAL**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Petrônio Rodrigo Mello Montezuma da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Guarapuava, Julho de 2019

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dyorgge Alves Silva (UTFPR) - Orientador**  
Msc. – Universidade de Brasília

**Profa. Géssica Katalyne Bilcati (UTFPR)**  
Msc. – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**Profa. Rafaella Salvador Paulino (UTFPR)**  
Msc. – Universidade Estadual de Londrina

## **AGRADECIMENTOS**

Os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que colaboraram com este trabalho de pesquisa, especialmente:

A Deus, por sempre estar ao meu lado, iluminando meus passos. Agradeço pela força e coragem em muitos momentos de fraqueza. Obrigado por ser meu sustento em todos os momentos.

A minha família, por toda compreensão, apoio e encorajamento durante esse período do curso de graduação. Obrigada por investir na minha educação, pela confiança e principalmente pelo amor. Vocês são minha base.

Ao meu orientador, Professor Dyorgge Alves Silva, pela sua orientação, dedicação e incentivo.

Ao meu namorado, João Victor Correa Girardi pela ajuda e compreensão, e principalmente pelo companheirismo ao longo de todo curso.

Aos meus amigos, Ingrid Nervis, Thayna Brena, Ary Vinicius e Mariana Schulze. Obrigada pelo apoio e encorajamento. Vocês tornaram essa jornada mais leve.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Guarapuava pelo apoio financeiro e pelo acolhimento durante a realização dos ensaios.

## RESUMO

A aplicação de revestimentos cerâmicos em fachadas está associada a inúmeros benefícios como facilidade de limpeza e manutenção, durabilidade e valorização estética. Entretanto, verifica-se ainda a ocorrência de diversas patologias as quais interferem diretamente no desempenho desse sistema construtivo. A termografia de infravermelho vem sendo utilizada para a detecção e caracterização de patologias, uma vez que possui como vantagem a facilidade de inspeção. Apesar dos resultados rápidos e sem contato, essa técnica ainda apresenta incertezas quanto a realização do ensaio em fachadas. Sendo assim, foram construídos protótipos de fachadas em laboratório, na forma de placas de argamassa, sobre as quais serão induzidas patologias como descolamento cerâmico, fragilização na argamassa para simulação de fissuras e umidade. Com o auxílio da termografia de infravermelho, criou-se uma metodologia com a termocâmera HT7 para identificação destas patologias através de uma análise qualitativa. A termografia de infravermelho pode ser aplicada de forma qualitativa como técnica de inspeção de fachadas para detectar umidade e descolamentos cerâmicos. Nestes dois casos recomenda-se que o ensaio termográfico em campo seja realizados nas primeiras horas dos dias de sol, uma vez que o aumento de temperatura nas fachadas influencia negativamente na identificação destas patologias. Devido a espessura do revestimento cerâmico e as dimensões do rasgo na argamassa não foi possível a identificação, com a termocâmera HT7, das fissuras nos protótipos de fachadas. Sendo assim, existe a necessidade de aprimorar as técnicas para conseguir um bom diagnóstico dessa manifestação patológica.

Palavras-chave: Termografia de infravermelho. Patologias. Fachadas.

## **ABSTRACT**

The application of ceramic tiles on facades is associated with many benefits such as ease of cleaning and maintenance, durability and aesthetic value. However, there are still several pathologies that directly interfere in the performance of this constructive system. Infrared thermography has been used for the detection and characterization of pathologies since it has the advantage of an easy inspection. Despite the fast and non-contact results, this technique still presents numerous uncertainties regarding the performance of the facade test. Therefore, façade prototypes were constructed in the laboratory, in the form of mortar plates, on which pathologies such as artificial discolouration, mortar frailization for the simulation of cracks and moisture were implemented. With the aid of infrared thermography, a methodology was created with an HT7 term to identify pathologies through a qualitative analysis. Digital thermography can be applied qualitatively as a technique for inspection of samples and ceramic detachments. In these two cases, it is important that the thermographic field test be performed in the first hours of the sunny days, since the temperature increase in the facades negatively influence the identification of these pathologies. By the line of the sequential and the identification of the artery has not been identified, with the HT7 thermocouple, of the cracks in the prototypes of facades. Thus, there is a need for advanced techniques to obtain such a complete diagnosis of this pathological manifestation.

Palavras-chave: Infrared thermography. Pathologies. Facades.

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
1.1	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	10
1.2	OBJETIVOS DO TRABALHO.....	10
1.2.1	Objetivo principal.....	10
1.2.2	Objetivos Secundários.....	10
2	REVESTIMENTOS EXTERNOS DE PAREDES.....	12
2.1	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE REVESTIMENTO.....	12
2.2	COMPONENTES DO SISTEMA DE FACHADAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO.....	13
2.2.1	BASE E PREPARAÇÃO DA BASE.....	14
2.2.2	EMBOÇO.....	14
2.2.3	CAMADA DE FIXAÇÃO.....	15
2.2.4	PLACAS CERÂMICAS.....	16
2.2.5	JUNTAS.....	16
2.3	PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS.....	17
2.3.1	DESCOLAMENTO.....	19
2.3.2	FISSURAS.....	21
2.3.3	UMIDADE.....	22
3	TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA.....	23
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA.....	23
3.1.1	TERMOGRAFIA QUALITATIVA E QUANTITATIVA.....	23
3.1.2	TERMOGRAFIA PASSIVA E ATIVA.....	24
3.2	FATORES QUE INFLUENCIAM NA MEDIÇÃO DA RADIAÇÃO INFRAVERMELHA.....	25
3.3	VANTAGENS E LIMITAÇÕES DA TERMOGRAFIA.....	26
3.4	TERMOGRAFIA APLICADA EM EDIFICAÇÕES.....	26
3.5	ANÁLISE DE PATOLOGIAS COM A TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA.....	27
4	MÉTODOS E PROCEDIMENTOS.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
4.1	CORPOS DE PROVA E SISTEMA DE AQUECIMENTO.....	34
4.2	ANÁLISE DOS CORPOS DE PROVA.....	39
5	RESULTADOS DOS PROTÓTIPOS DE FACHADAS.....	42
5.1	FISSURAS E UMIDADE.....	42
5.2	DESCOLAMENTOS.....	44
5.3	RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS TERMOGRÁFICAS TÍPICAS.....	47
6	CONCLUSÕES.....	48
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	49
8	REFERÊNCIAS.....	50

## 1 INTRODUÇÃO

As primeiras referências de utilizações de revestimentos cerâmicos em fachadas no Brasil datam dos séculos XVII e XVIII. A princípio, grande parte desse material era importado de Portugal, entretanto, a partir do século XIX, tal produto passou a ter produção nacional. Nesse cenário, surge então, a indústria de cerâmica para revestimentos, a qual é responsável por produzir ladrilhos hidráulicos, azulejos e pastilhas cerâmicas (ESQUIVEL, 2001).

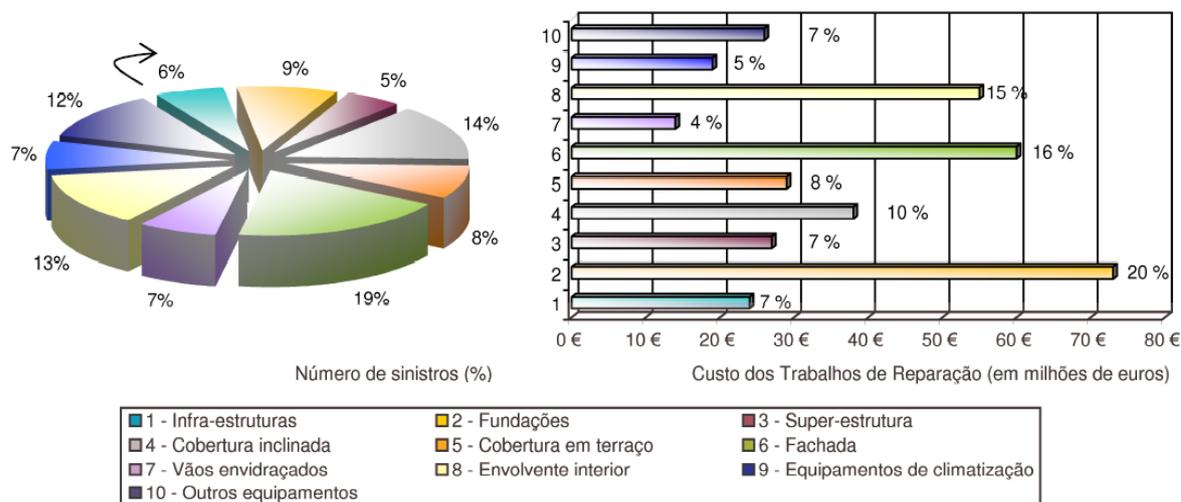
O emprego da cerâmica como revestimento apresentou uso progressivo e crescente no Brasil durante o período de 2009 a 2014. Entretanto, após esse período, pode-se observar um declínio no seu consumo, o qual passou de 853 milhões de m<sup>2</sup> em 2014 para 706 milhões de m<sup>2</sup> em 2016, conforme indica a Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica (ANFACER, 2017).

No que tange a aplicação desse material em fachadas, nota-se que sua utilização está associada a inúmeros benefícios como facilidade de limpeza e manutenção, durabilidades e valorização estética (PEZZATO, 2010).

Apesar da indústria brasileira de revestimentos cerâmicos apresentar inovações tecnológicas e, das vantagens do seu uso, Pezzato (2010) e Silva (2014) destacam as várias ocorrências de manifestações patológicas desses produtos quando aplicados em fachadas. Estudos de casos realizados nesse sistema construtivo indicam que problemas como fissuras, trincas, eflorescências e destacamento das placas cerâmicas são as principais disfunções encontradas, causando assim um desempenho abaixo do mínimo exigido para esse tipo de sistema construtivo (CARVALHO, PICANÇO, MACEDO, 2014; ESQUIVEL, 2001; ROSCOE, 2008).

O estudo desenvolvido por Alves (2008), indica que a maior frequência dessas falhas identificadas em elementos de um edifício, encontram-se nas fachadas, como mostra a Figura 1. O autor também aponta que a maioria dos problemas são ocasionados por defeitos de execução, não por acaso, é a fase que envolve maior custo com reparação. Além do mais, destaca-se que a fachada é o segundo elemento construtivo que requer mais dinheiro para trabalhos de reparos, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Distribuição dos sinistros analisados e do custo dos trabalhos de reparação correspondentes em função do elemento construtivo



(fonte: ALVES, 2008)

Segundo Terra (2001), o setor da construção civil está buscando atrelar menores custos com velocidade e rendimento das obras. Todavia, esse interesse pelo aumento da produtividade provoca a ocorrência de patologias nos sistemas construtivos.

Nesse mesmo contexto, vale ressaltar que as patologias em questão não afetam somente a estética do edifício, mas também podem comprometer o desempenho do próprio revestimento (TERRA, 2001). O autor ainda destaca que “A identificação e correção das possíveis falhas, além de contribuir para aumentar a vida útil dos revestimentos, certamente aumenta o grau de satisfação dos usuários e da população de maneira geral [...]”.

Dessa forma, os ensaios não destrutivos são executados com o intuito de auxiliar na identificação desses defeitos (PAVÓN, 2017). Como exemplo desses procedimentos, tem-se a termografia infravermelha, uma técnica importante para a detecção e caracterização de patologias, a qual fornece através da energia térmica, imagens visíveis (termogramas), oportunizando resultados rápidos e sem contato (MADRUGA, *et al.*, 2010; MILOVANOVIC; PECUR, 2011).

Mesmo com estas vantagens, Pavón (2017), em seus estudos, afirma que a análise de patologias nas fachadas com termografia de infravermelho ainda apresenta incertezas quanto a hora do dia para realizar a inspeção, a influência das condições de exposição e a forma de analisar o termograma. Portanto, o autor indica que a realização de mais estudos pode evitar tais

particularidades e encontrar padrões de comportamento e critérios que possam melhorar a forma de avaliação destas patologias, e conseqüentemente, obter-se uma interpretação adequada dos resultados com o uso desta técnica.

Tendo em vista esta situação, evidencia-se a necessidade de aprimorar as técnicas de execução e diagnosticar, de forma mais eficiente, as patologias comuns em fachadas. Dessa maneira, o presente trabalho propõe, com o auxílio da termografia, analisar algumas das principais patologias encontradas no sistema de revestimentos cerâmicos de fachadas.

## 1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O presente trabalho delimita-se à aplicar a técnica da termografia, utilizando-se a termocâmara HT 7P de acordo com as recomendações do fabricante, em protótipos de fachadas, fabricadas em escalas reduzidas no Laboratório de Materiais de Construção Civil.

## 1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho estão classificados em principal e secundários e serão apresentados nos próximos itens.

### 1.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho é criar uma metodologia com a termocâmara HT 7P para ser empregue na avaliação de patologias como descolamento cerâmico, fissuras e detecção da umidade, as quais ocorrem em fachadas com revestimentos cerâmicos.

### 1.2.2 Objetivos Secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são:

- a) Definir critérios e padrões para a avaliação destas patologias;

- b) Avaliar qualitativamente a forma como aparece cada tipo de patologia nos protótipos de fachadas com revestimentos cerâmicos amarelos e vermelhos;
- c) Definir os momentos e circunstancias adequadas para efetuar as inspeções termográficas nas fachadas;

## 2 REVESTIMENTOS EXTERNOS DE PAREDES

O presente tópico irá abordar as principais características e componentes do sistema de fachada com revestimento cerâmico bem como as principais patologias recorrentes nesse sistema.

### 2.1 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE REVESTIMENTO

A fachada representa o sistema de vedação vertical interna e externa do edifício (ABNT, 2013b). Esse elemento construtivo é caracterizado também como um componente importante da envoltória das edificações, uma vez que ele opera como uma barreira protetora dos agentes agressivos como insolação, chuva e outros (ALBERNAZ; LIMA, 2000; SILVA, 2014).

O sistema de revestimento de fachada deve cumprir suas funcionalidades bem como seus requisitos de desempenho (RIBEIRO; BARROS, 2010). Sendo assim, Filho (2013) indica as principais funções desse sistema, as quais estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1 - Funções do sistema de revestimento externo

Funções	Descrição
Proteção	Proteger os elementos de vedação e estruturais contra deterioração. Esta função está associada às exigências de durabilidade dos elementos estruturais e das vedações, evitando com isso, a ação direta dos agentes agressivos sobre estes.
Acabamento final	Está relacionado diretamente com a estética das edificações tendo como função a valorização econômica do edifício. Também está relacionado com seu uso, nos requisitos de salubridade, higiene e segurança de utilização.
Complemento das vedações	Auxiliar no cumprimento de algumas funções das vedações, como a estanqueidade ao ar e água, proteção termo-acústica e segurança contra ação do fogo.

(fonte: FILHO, 2013)

## 2.2 COMPONENTES DO SISTEMA DE FACHADAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO

O sistema de revestimento é um conjunto de subsistemas que representa uma função importante no desempenho global dos edifícios, dessa forma, esse é um componente indispensável da fachada (SANTOS, 2017).

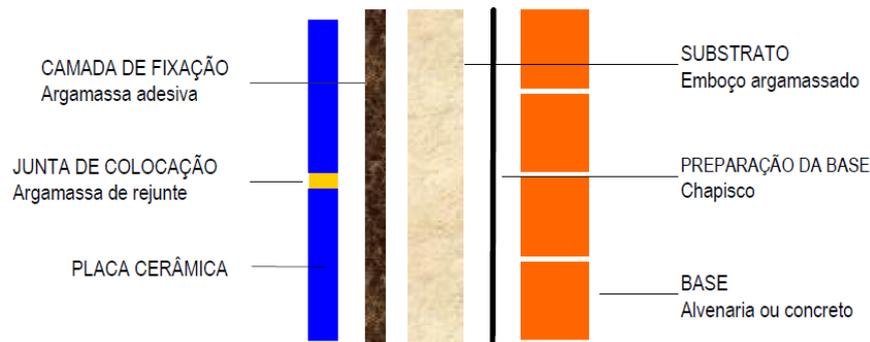
De acordo com Toledo (2007) o revestimento cerâmico de fachada é um grupo monolítico de camadas, as quais estão ligadas a base da fachada do edifício. A camada da base e sua preparação não estão englobadas nesse sistema. Apesar desse motivo, esses dois componentes são essenciais para o desempenho como um todo da fachada (MEDEIROS; SABBATIN, 1999). O Quadro 2 e Figura 2 indicam respectivamente os materiais constituintes desse sistema e a representação esquemática dessas camadas.

Quadro 2 - Camadas e matérias constituintes do revestimento cerâmico de fachada

Materiais Constituintes	Denominação da camada
Concreto armado, alvenaria de blocos cerâmicos, de concreto e de concreto celular	Base ou suporte
Argamassa de cimento e areia, com ou sem aditivo (chapisco)	Preparação da base
Argamassa de cimento e areia, com adição ou não de cal e aditivos químicos	Substrato
Argamassa adesiva à base de cimento, areia, com adição de um ou mais aditivos químicos (argamassa colante)	Assentamento ou fixação

(fonte: TORRES, 2007)

Figura 2 - Materiais e camadas constituintes mostrando os principais componentes do revestimento cerâmico de fachada



(fonte: MEDEIROS; SABBATINI, 1999)

### 2.2.1 BASE E PREPARAÇÃO DA BASE

A base, substrato do sistema de revestimentos cerâmicos de fachada, é normalmente constituída pela alvenaria juntamente com a estrutura de concreto, e também é responsável por dar suporte às próximas camadas (RIBEIRO; BARROS, 2010; SILVA, 2010).

O substrato do sistema de revestimentos cerâmicos de fachadas possui características como superfície de regularidade geométrica, porosidade e constituição mineralógica, as quais afetam o desempenho do revestimento (RIBEIRO; BARROS, 2010). Dessa maneira, as autoras ainda destacam a importância da preparação da base.

Este processo é realizado através do chapisco (material composto por argamassa, cimento e areia), o qual possui como finalidade melhorar resistência de aderência do revestimento ao suporte bem como diminuir a absorção de água pela base (RIBEIRO; BARROS, 2010; TERRA, 2001).

### 2.2.2 EMBOÇO

O emboço é aplicado posteriormente a camada de regularização da base e deve proporcionar uma superfície adequada para receber as placas cerâmicas (JUNGINGER, 2003). Segundo

Junginger (2003), Ribeiro e Barros, (2010), Terra (2001) e Toledo (2007) essa camada deve possuir:

- a) Resistência mecânica: adequada para assegurar capacidade de suporte das placas;
- b) Planeza: Para auxiliar no assentamento das placas sem que haja o aglomeração da argamassa de assentamento em pontos localizados;
- c) Capacidade para absorver deformações: visto que o comportamento da camada de acabamento e da base podem ser diferentes, sendo assim essa camada é essencial para absorver e dissipar as movimentações diferenciadas.
- d) Homogeneidade e regularidade superficial: para auxiliar na etapa do aplicação da argamassa bem como para evitar o surgimento de tensões localizadas.

Segundo a ABNT (2013a), essa camada deve possuir compatibilidade com o acabamento decorativo, apresentar rugosidade uniforme, apresentar-se sem imperfeições e também dispor uma espessura de 20 mm a 30 mm.

### **2.2.3 CAMADA DE FIXAÇÃO**

A principal finalidade dessa camada é unir as placas cerâmicas ao substrato, sendo que para realizar esse procedimento utilizam-se as argamassas colantes ou colas (RHOD, 2011; JUNGINGER, 2003; TOLEDO, 2007). Campante e Baia (2003) destacam que as espessuras necessárias para a execução dessas camadas e a capacidade de absorção são os fatores que diferenciam esses tipos de materiais para fixação.

Quando comparada as argamassas dosadas em obras, as argamassas colantes são os materiais mais empregues para desempenhar a função de fixação. Isso deve-se às diversas vantagens das argamassas colantes, dentre as quais pode-se citar maior resistência de aderência, maior produtividade, menor custo global, ser compatível com as práticas de regularização da base bem como a não formação de tensões nas placas cerâmicas, as quais são provocadas pela retração por secagem desse material (CAMPANTE; BAIA. 2003).

## **2.2.4 PLACAS CERÂMICAS**

As placas cerâmicas, juntamente com a argamassa de assentamento e o rejunte, compõem a camada de revestimento cerâmico (ABNT, 1997a). Ou seja, as placas cerâmicas fazem parte da camada de acabamento do sistema de revestimento decorativo (RIBEIRO; BARROS, 2010).

Segundo Torres (2007), este material possui características que justificam o seu emprego em fachadas, sendo elas a resistência a penetração da água, facilidade de limpeza e influência estética do empreendimento.

Medeiros e Sebbatini (1999) destacam que quando aplicadas em fachadas, as placas cerâmicas apresentam vantagens como a não propagação de fogo, elevada impermeabilidade, excelente isolamento e também custo final do sistema construtivo compatível com os benefícios desse material.

Vale ressaltar que a ABNT (1997b), com o intuito de facilitar a especificação, classifica este material quanto a esmaltação, ao método de fabricação, a absorção de água, a abrasão superficial, ao ataque químico e também quanto ao manchamento.

## **2.2.5 JUNTAS**

As juntas são indispensáveis por serem um componente determinante da estabilidade dos revestimentos, sendo assim o seu planejamento e especificações devem ser realizadas antes de sua execução (FIORITO, 2009). O autor ainda destaca que antes da aplicação dos revestimentos deve ser previsto o tipo de juntas, seu posicionamento, largura e material de preenchimento.

No que tange ao material empregue nas juntas, Silva (2010, p.27) destaca que esses devem ser “impermeável, resilente e compressível e apresentar resistência a água, aos agentes de limpeza, aos ataques químicos e ao desenvolvimento de microorganismos”.

As juntas de assentamento, preenchidas por rejunte, localizam-se entre as placas cerâmicas e recebem esse nome visto que surgem devido ao processo de assentamento das placas. (RIBEIRO; BARROS, 2010).

Junginger (2003) afirma que o rejunte possui grande importância no desempenho do revestimento cerâmico, uma vez que este está ligado às solicitações a que o revestimento cerâmico está exposto. O autor ainda destaca que características como auxiliar no desempenho estético do revestimento, estabelecer regularidade superficial, compensar variações de bitola e facilitar assentamento das placas, vedar o revestimento cerâmico, permitir difusão de vapor de água, proporcionar alívio de tensões e otimizar aderência das placas são as principais funções das juntas de assentamento.

As juntas estruturais possuem objetivo de absorver as tensões produzidas pela deformação do edifício, por conta disso são definidas no projeto estrutural. Nesse caso, as juntas do revestimento cerâmico devem respeitar a disposição das juntas estruturais (CAMPANTE; BAIA, 2003).

As juntas de movimentação são espaços regulares que permitem movimentos entre dois elementos adjacentes (RIBEIRO; BARROS, 2010). As autoras ainda destacam que a sua função principal é acomodar os movimentos diferenciais entre dois elementos construtivos.

### 2.3 PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS

A patologia pode ser entendida como uma falha no desempenho de um material, componente ou sistema construtivo (MORAIS, 2007). Nesse contexto, a autora classifica as manifestações patológicas em quatro categorias:

- a) Congênitas: são aquelas originárias da fase de projeto, em função da não observância das normas técnicas, ou de erros e omissões dos projetistas, que resultam em falhas no detalhe e concepção inadequada dos revestimentos. São responsáveis por grande parte das avarias registradas em edificações;
- b) Construtivas: quando a sua origem está relacionada com a fase de execução da obra, resultante do emprego da mão de obra desqualificada, produtos não certificados, ausência de metodologia para assentamento das peças, o que, segundo pesquisas mundiais, também são responsáveis por grande parte das patologias em edificações;
- c) Adquiridas: quando ocorrem durante a vida útil dos revestimentos, sendo resultado da exposição ao meio em que se inserem, podendo ser naturais, decorrentes da agressividade do meio, ou da ação humana, em função de manutenção inadequada ou realização de interferência

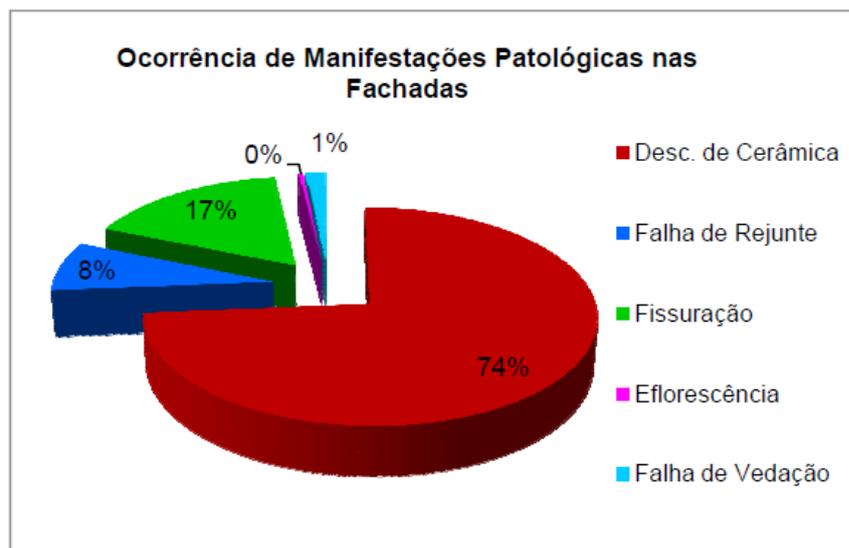
incorreta nos revestimentos, danificando as camadas e desencadeando um processo patológico.

- d) Acidentais: caracterizadas pela ocorrência de algum fenômeno atípico, resultado de uma solicitação incomum, como a ação da chuva com ventos de intensidade superior ao normal e até mesmo incêndio. A sua ação provoca esforços de natureza imprevisível, especialmente na camada de base e sobre as juntas, quando não atinge até mesmo as peças, provocando movimentações que irão desencadear processos patológicos em cadeia.

Segundo Medeiros e Sabbatini (1999), quando essas patologias estão visíveis o revestimento cerâmico já foi comprometido, dificultando assim a recuperação desse sistema construtivo. Além do mais, o autor ainda destaca que nesses casos o custo com restauração é alto, podendo até mesmo superar os custos da execução original.

No seu estudo Silva *et al.*, (2014) analisou 28.416.00 m<sup>2</sup> de fachada de edifícios da cidade de Brasília e realizou o levantamento, identificação e mapeamento das principais manifestações patológicas. Nesse estudo de caso, as três patologias mais recorrentes foram os descolamentos das peças cerâmicas (74%), a fissuração (17%) e a falha no rejunte (8%), como indica a Figura 3.

Figura 3 - Percentual de ocorrência de manifestações patológicas nas fachadas, na cidade de Brasília



(fonte: SILVA, *et al.*, 2014)

Sendo assim, as principais patologias encontradas no sistema de fachadas com revestimentos cerâmicos são as fissuras e trincas, descolamentos, destacamentos, falhas nas juntas, falhas no rejunte, manchas, falhas de vedação e deterioração de placas cerâmicas (SILVA, 2014; TOLEDO 2007).

### **2.3.1 DESCOLAMENTO**

Segundo Franco e Just (2001), o descolamento é a anomalia mais recorrente entre as patologias encontradas no sistema de fachadas com revestimentos cerâmicos. O autor ainda ressalta a importância do conhecimento dos descolamentos, uma vez que esse problema pode causar riscos aos usuários.

A patologia em questão está atrelada com a execução deste sistema construtivo bem como com a falta de especificação dos materiais empregados (TOLEDO, 2007). O autor ainda destaca a importância do conhecimento desse problema, uma vez que são diversos os fatores que interferem na sua ocorrência. Franco e Just (2001) ressaltam que na maioria dos casos o descolamento das peças cerâmicas são ocasionadas pela combinação desses fatores intervenientes.

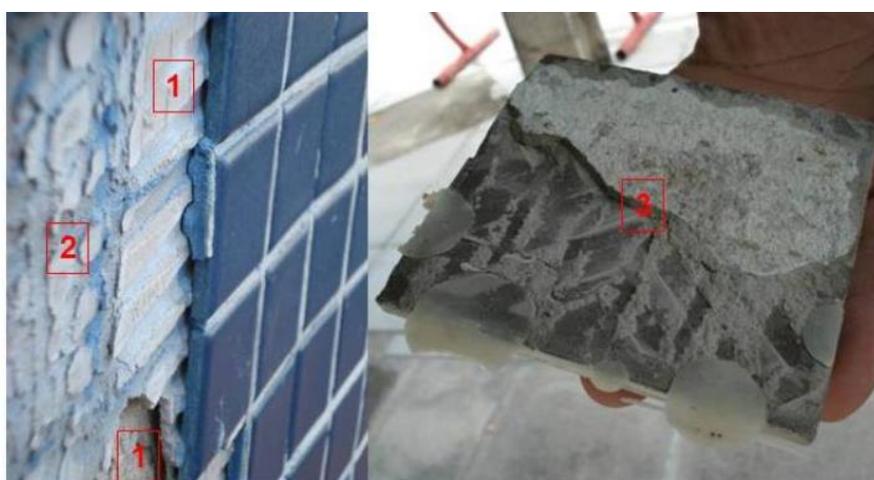
O descolamento do revestimento cerâmico pode ser provocado por fatores como peso próprio; diferença das propriedades dos materiais, movimentação da base bem como por tensões decorrentes de efeitos térmicos (SARAIVA, 1998).

Essa patologia possui outras causas prováveis como a ausência de detalhes construtivos, a instabilidade da base, e qualidade da mão de obra. O emprego da argamassa colante no prazo vencido ou o assentamento das placas cerâmicas sobre uma superfície contaminada também colaboram para o surgimento dessa patologia (CAMPANTE; BAIA, 2003).

Dentre os fatores que ocasionam o descolamento dos revestimentos cerâmicos das fachadas, Medeiros (2000) ainda destaca a ausência de juntas de dilatação, a especificação inadequada dos materiais e o preenchimento insuficiente do tarso da cerâmica com argamassa adesiva como sendo as três principais causas desse problema.

As principais formas que ocorrem o descolamento das peças cerâmicas é através da ruptura adesiva, coesiva e mista, conforme ilustra a Figura 4. A ruptura adesiva ocorre entre o revestimento e a camada de fixação, sendo que enquanto a placa cerâmica descola o adesivo continua aderido ao substrato. Já a ruptura coesiva é caracterizada pelo descolamento do substrato juntamente com a peça cerâmica. Quando ocorre o descolamento adesivo e misto, a ruptura é denominada mista (RÊGO, 2012).

Figura 4 - Tipos de danos em revestimentos: 1) Ruptura adesiva, 2) Ruptura coesiva, 3) Ruptura mista



(fonte: RÊGO, 2012)

Quando o descolamento do revestimento cerâmico acontece na camada de fixação, Franco e Just (2001) afirmam que a origem dessa patologia pode estar atrelada a falhas na execução do serviço, assim como as propriedades do material, o qual pode possuir capacidade de aderência insuficiente.

Para Franco e Just (2001), essa patologia pode ser evitada através da observação dos materiais empregues, dos procedimentos adotados para a produção bem como pela análise adequada do projeto.

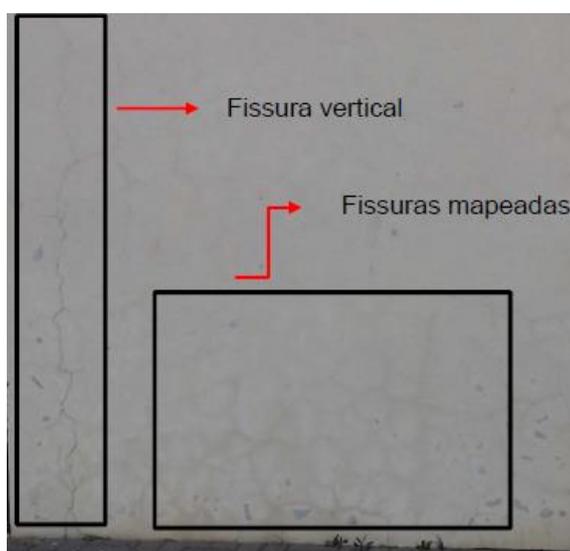
### 2.3.2 FISSURAS

As edificações, ao longo da sua vida útil, sofrem inúmeras movimentações que dão origem as tensões. As variações de temperatura e umidade, fenômenos químicos ou descolamentos são as principais características responsáveis por estes movimentos. Sendo assim, quando as tensões originadas por esses fatores ultrapassarem a capacidade dos elementos resistentes, ocorre a fissuração (GASPAR; FLORES-COLEN; BRITO, 2007).

Para Bauer (1997) as fissuras nas argamassas de revestimento são decorrentes de causas relacionadas a execução desse revestimento, solicitações higrotérmicas, bem como a retração hidráulica que esse material sofre quando é aplicado no substrato.

A retração da argamassa é um fenômeno caracterizado pela diminuição do volume desse material de base cimentícia. Devido a esse acontecimento, surgem patologias como a fissuração, a qual compromete a estética e a durabilidade desse revestimento (SCARTEZINI, 2002). Outros fatores que podem levar a fissuração da argamassa de revestimento é a cura inadequada da superfície, número e espessura inapropriada de camadas, teor de finos elevado bem como o alto consumo de cimento e de água de amassamento (BAUER, 1997). Esse fenômeno patológico é classificado em fissuras mapeadas e geométricas, como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Fissura vertical e mapeada



(fonte: PAVANELO, 2017)

As fissuras horizontais são decorrentes da expansão da argamassa de assentamento. Quando ocorre a retração higrotérmica, ou a movimentação de materiais, nota-se a presença de fissuras verticais como pode ser observado na Figura 5, as quais tendem a aparecer em locais onde deveriam ter sido previstas juntas de dilatação (ABNT, 2013a).

### **2.3.3 UMIDADE**

Um das ações mais perigosas que ocorrem nas edificações é a umidade nas paredes. A umidade devido a construção e do terreno são algumas das várias possibilidades para a ocorrência dessa ação (HENRIQUES, 2007).

A umidade de construção é originada na fase construtiva da edificação. Grande parte dos materiais aplicados nesse etapa necessitam de água para sua fabricação (HENRIQUES, 2007). O excesso de água presente na composição desses materiais tendem a evaporar e causam a contração do material, podendo levar a fissuração dos elementos do sistema construtivo (THOMAZ, 1989).

A umidade do terreno acontece onde a fachada sem impermeabilização está em contato com o solo. Nesse caso ocorre a absorção da água por capilaridade (BAUER, 1997). Para Henriques (2007) as patologias decorrentes desse fenômeno são caracterizadas pela presença de manchas de umidades.

A umidade colabora para a deterioração do material bem como com o aparecimento de várias manifestações patológicas (NAPPI, 1996). Segundo Silva (2007), as anomalias recorrentes nesse caso são as manchas, fissuras e degradações.

### **3 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA**

A termografia infravermelha refere-se a uma técnica não destrutiva. Através da radiação infravermelha, esse método permite a identificação de regiões ou pontos onde a temperatura encontra-se diferente de um padrão preestabelecido (BAUER; LEAL, 2013).

Sendo assim, esse ensaio baseia-se na obtenção de imagens de calor, também denominadas de termogramas, através de uma câmera termográfica (MENDONÇA; AMARAL; CATARINO, 2012). Para os autores, a utilização desse equipamento deve estar atrelado ao acompanhamento preciso da medição térmica.

As imagens térmicas são geradas com o auxílio da câmara termográfica, a qual capta a radiação infravermelha emitida pela superfície e transforma em sinais elétricos, sendo esse o responsável por criar os termogramas (BARREIRA; FREITAS, 2007). Essas imagens apresentam, na forma de gradientes de coloração (escala policromática) ou de tonalidades de cinza (escala monocromáticas), as diferenças de temperaturas no local estudado (TARPANI *et al.*, 2009). Vale ressaltar que as câmeras termográficas só conseguem identificar a distribuição de temperatura superficial se existir uma diferença de temperatura nas partes do objeto, ou diferença dessa com o com o meio (TAVARES, *et al.*, 2006).

#### **3.1 CLASSIFICAÇÃO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA**

A termografia infravermelha classifica-se em qualitativa, quantitativa, ativa e passiva. Sua especificação depende do tipo de análise que pretende-se realizar bem como do tipo de estimulação utilizada para o procedimento (PAVÓN, 2017).

##### **3.1.1 TERMOGRAFIA QUALITATIVA E QUANTITATIVA**

Referente ao método de análise, a termografia pode ser classificada em qualitativa e quantitativa. A termografia qualitativa, por ser simples e de fácil compreensão, é empregue quando deseja-se obter resultados mais superficiais do problema. Essa análise possibilita, com o auxílio dos termogramas, avaliar sem grandes detalhes as condições térmicas do objeto estudado (BARREIRA, 2004).

Apesar da termografia qualitativa considerar somente a diferença de temperatura superficial, vale lembrar que essa análise proporciona a verificação da existência ou não de patologias em uma determinada área (ALAM, *et al.*, 2016).

Para facilitar a análise qualitativa e evitar erros, Barreira (2004) propõe que o termografista deve obter imagens de referências em lugares não afetados, para futuramente compara-los com as áreas de problemas. A autora destaca que esse procedimento pode ser levado em consideração desde que as condições de ensaio e da fachada sejam iguais.

A termografia quantitativa é empregue quando deseja-se classificar a importância de uma anomalia (BAUER *et al.*, 2014). Esse tipo de análise é mais demorada, visto que necessita de maiores números de detalhes e ensaio mais rigoroso. Entretanto, quando comparada com a termografia qualitativa, esse método mostra-se mais eficaz uma vez que possibilita o conhecimento da temperatura superficial (BARREIRA, 2004).

### **3.1.2 TERMOGRAFIA PASSIVA E ATIVA**

Na termografia passiva não há estimulação artificial, sendo assim torna-se necessário a existência de uma diferença natural de temperatura entre o objeto estudado e o meio em que esse está inserido (PEDRA, 2011). Nesse técnica, os resultados obtidos são de caráter qualitativo, tendo em vista que apresentam sinais de anomalias (MENDONÇA; AMARAL; CATARINO, 2012).

Já na termografia ativa um estímulo externo é essencial para que possa existir diferenças relevantes na temperatura. Essa técnica é utilizada, na maioria dos casos, quando deseja-se obter resultados quantitativos, visto que permite controlar fatores como tempo, intensidade e distância. (MENDONÇA; AMARAL; CATARINO, 2012; PEDRA, 2001). Nesse caso, os tipos de estímulo térmico mais utilizados são os estímulos pulsados, *lock-in*, pulsada por fase e a vibrotermografia (BAGAVATHIAPPAN; *et al.*, 2013).

### 3.2 FATORES QUE INFLUENCIAM NA MEDIÇÃO DA RADIAÇÃO INFRAVERMELHA

O ensaio termográfico aparenta ser de fácil realização, entretanto essa técnica pode gerar conclusões erradas se os defeitos dos objetos forem confundidos com irregularidades na temperatura superficial (BARREIRA, 2004). Para a autora, os fatores externos que influenciam na temperatura superficial resultante são:

- a) Condições térmicas do objeto e do meio externo, antes e durante o ensaio;
- b) Presença de fontes externas: sombras, reflexão superfície com diferentes acabamentos;
- c) Condições de medição: emissividade adotada, temperatura do ar, distância entre a câmera e o objeto, definições do equipamento.

A medição termográfica pode ser influenciada tanto pelo equipamento como por fatores relacionados ao alvo. A resolução geométrica IFOV (*Instantaneous field of view*) e da câmera bem como o foco e o ângulo de visão são as variáveis relacionadas ao equipamento do ensaio. No que tange ao alvo, os principais fatores de interferência no ensaio são a emissividade e reflexão (PAVÓN, 2017).

As variáveis relacionadas ao equipamento são estabelecidas pelo fabricante. As câmeras termográficas que possuem maior resolução e menor índice de IFOV possibilitam obter resultados mais precisos e termogramas mais nítidos, facilitando assim a detecção de anomalias (PAVÓN, 2017).

A emissividade pode ser definida como a capacidade de um objeto emitir radiação eletromagnética, nesse caso a energia infravermelha, em relação a um corpo negro (BAUER, LEAL, 2013). Fatores como tipo de material, textura da superfície e ângulo de medição influenciam diretamente na emissividade e, conseqüentemente, na obtenção dos valores reais da temperatura quando realiza-se o ensaio (PAVÓN, 2017).

Outro fator que interfere os resultados do ensaio termográfico é a reflexão. Segundo Pavón (2017, p. 18) “a reflexão é a perturbação causada sobre a superfície ou da superfície do alvo, proveniente de um objeto ou elemento posicionado no campo da imagem termográfica”. O autor ainda destaca que essa ocorrência é comum principalmente quando a medição termográfica é realizada sobre forte incidência solar.

### 3.3 VANTAGENS E LIMITAÇÕES DA TERMOGRAFIA

Para Mendonça, Amaral e Catarino (2012) a termografia infravermelha possui diversas vantagens entre as quais pode-se citar que esse é um ensaio não destrutivo, dispensa contato direto com o objeto estudado, possui capacidade de análise de pequenas e grandes áreas, eficiência em termos de trabalho e equipamento, detecção de patologias não visíveis e também não provoca perturbações aos moradores.

Segundo Mendonça (2005), a utilização da termografia traz consigo benefícios como a não emissão de radiação, a redução do tempo de realização do trabalho bem como uma grande área abrangida para a realização do ensaio.

Barreira (2004) destaca que além de essa técnica ser rápida e eficaz ela ainda possibilita o diagnóstico de patologias em larga escala. A autora enfatiza a segurança que esse método proporciona, uma vez que esse dispensa andaimes, plataformas de trabalho ou qualquer outro equipamento para medição.

Sobretudo, para Barreira (2004), a termografia infravermelha é importante visto a sua capacidade de inspecionar o sistema construtivo em uma fase preliminar, obtendo assim dados iniciais sobre as patologias.

Apesar das suas inúmeras vantagens, a termografia infravermelha é limitada uma vez que não é capaz de determinar a espessura e profundidade das patologias (MENDONÇA; AMARAL; CATARINO, 2012). Para Pavón (2017), um dos principais fatores limitantes desse método é a reflexão sobre a superfície estudada.

### 3.4 TERMOGRAFIA APLICADA EM EDIFICAÇÕES

Dentre as diversas aplicabilidades da termografia infravermelha em edifícios, pode-se citar a detecção de problemas patológicos não visíveis bem como a constatação das causas das patologias visíveis (MENDONÇA; AMARAL; CATARINO, 2012). Os autores ainda destacam que esta técnica pode ser empregue para:

- a) Detecção de infiltrações ou fugas de água;
- b) Detecção de fendas estruturais;
- c) Detecção de vazios no interior do concreto;
- d) Localização de redes interiores;
- e) Análise térmica dos edifícios.

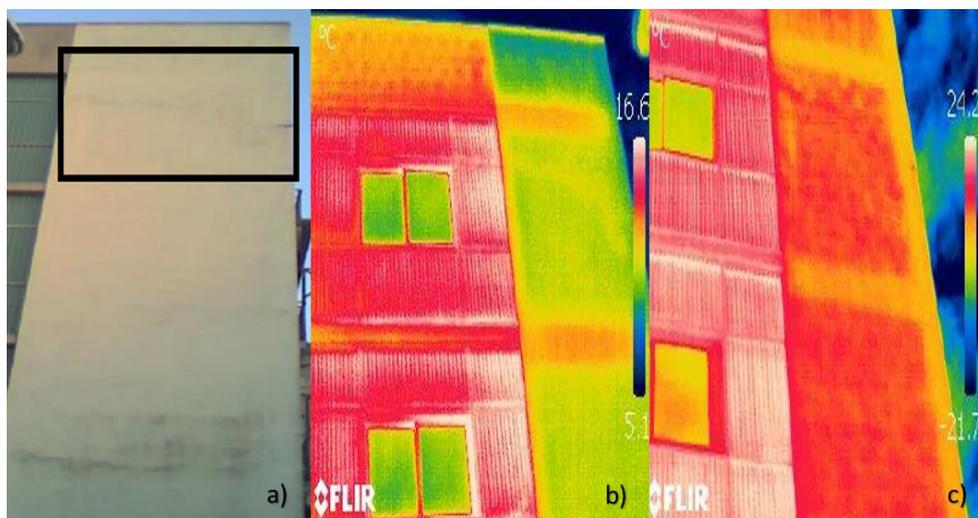
A termografia infravermelha possibilita a identificação de patologias bem como o mapeamento das áreas afetadas, contribuindo assim para a manutenção e reabilitação do sistema construtivo. Além do mais, essa técnica auxilia nos estudos de desempenho térmico do edifício como um todo (BARREIRA, 2004). A autora ainda ressalta que esse método pode ser aplicado para:

- a) Detecção de zonas com isolamento deficiente em fachadas;
- b) Detecção de problemas em coberturas;
- c) Detecção de fugas de ar através das janelas;
- d) Detecção de defeitos em revestimentos de fachadas;
- e) Detecção de pontos de menor resistência em ensaios ao fogo;
- f) Avaliação do conforto de revestimentos de pavimento.

### 3.5 ANÁLISE DE PATOLOGIAS COM A TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

Em seu estudo, Santos (2014) utilizou-se da termografia infravermelha para realizar uma análise qualitativa de nove fachadas de edifícios com diferentes revestimentos. O autor efetuou medições sobre diferentes condições climáticas nos períodos do dia correspondentes a manhã, meio-dia, tarde, pôr-do-sol e à noite. Em um dos edifícios de fachada revestida com argamassa e pintura branca foi possível a identificação de fissuras, como indica a Figura 7.

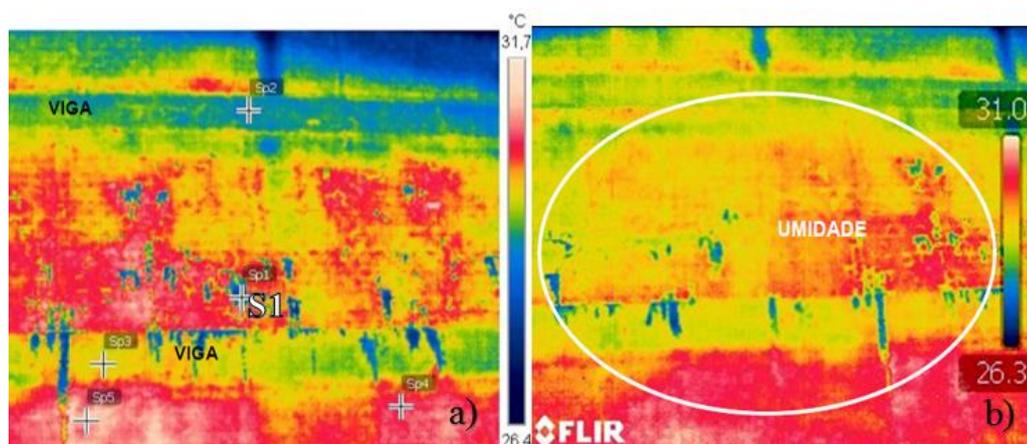
Figura 7 - Identificação de fissuras na fachada Norte do Edifício D: a) Fotografia digital; b) Termograma com o céu completamente nublado e com chuva (10h15); c) Termograma com o céu parcialmente nublado (14h00)



(fonte: SANTOS, 2014)

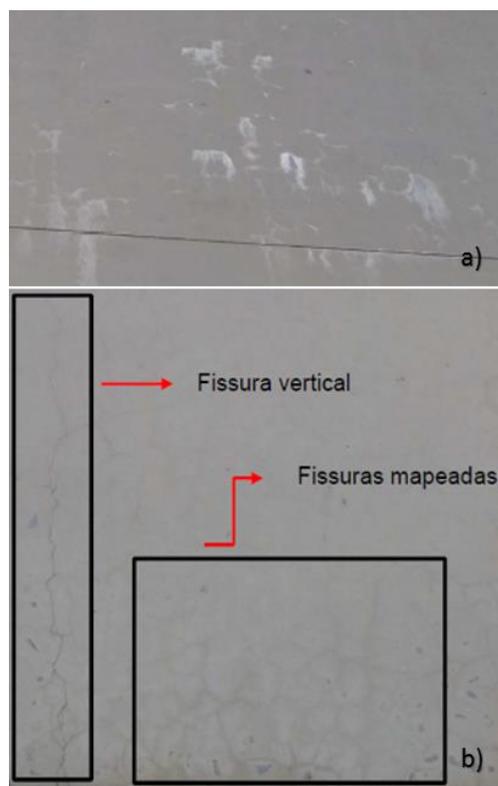
Pavanelo (2017), por meio da termografia de infravermelho, realizou uma análise passiva de quatro fachadas com revestimento argamassado da Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete. A autora realizou a inspeção e detecção das manifestações patológicas de cada edifício onde tornou-se possível identificar patologias como fissuração e também devido a umidade. Essas patologias podem ser observadas nas Figuras 8 e 9. O ponto “S1” presente no termograma 8a) refere-se a uma mancha devido a umidade presente na fachada.

Figura 8 - Termogramas das manifestações patológicas da Fachada 1: a) Fissuras mapeadas e manchas de umidade; b) Manchas de umidade



(fonte: PAVANELO, 2017)

Figura 9 - Foto digital das manifestações patológicas da Fachada: a) Mancha de umidade; b) Fissura vertical, fissuras mapeadas e degradação da pintura

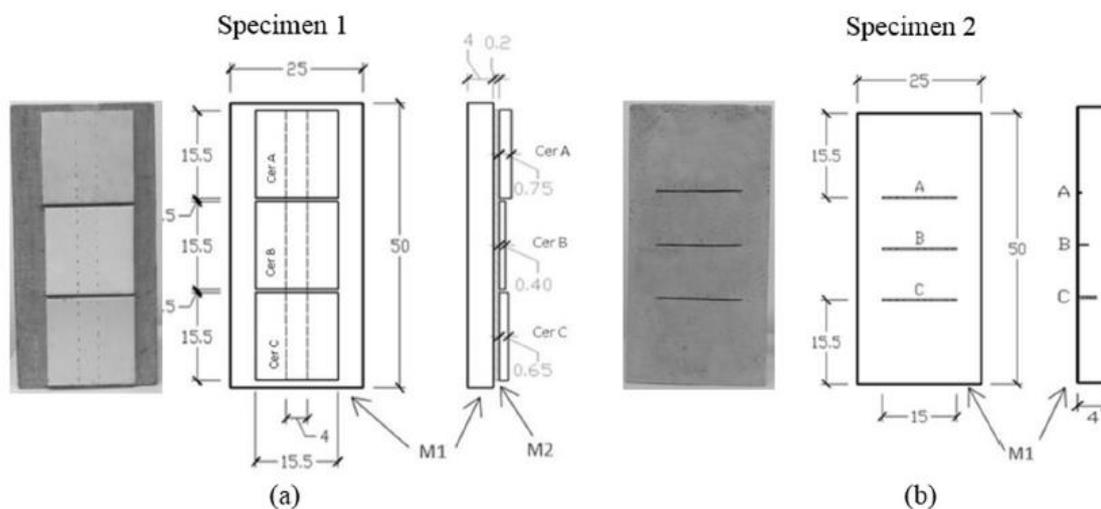


(fonte: PAVANELO, 2017)

Bauer *et al* (2016), com o intuito de analisar o comportamento do Delta-T (diferença de temperatura) de patologias em fachadas, desenvolveram um estudo experimental que constava na elaboração de placas em argamassa de cimento e areia para induzir patologias como descolamento do revestimento cerâmico e fissuras na camada do reboco.

Na placa 1 os autores induziram defeitos na aplicação da argamassa colante para então assentar três ladrilhos cerâmicos. Nesse caso, as peças cerâmicas possuíam diferentes espessuras. As cerâmicas “A” “B” e “C”, como eram denominadas, apresentavam espessuras de 0,75cm, 0,40cm e 0,65cm. Para a placa 2, criou-se na argamassa as fissuras “A” “B” e “C” com dimensões de 15 cm de comprimento, 2 cm de largura. A profundidade dessa patologia foi de 0,5cm, 1,5cm, e 2,5cm para as fissuras “A” “B” e “C”, respectivamente. A construção desses corpos de prova podem ser observados na Figura 10.

Figura 10 - Elaboração das placas: a) Placa1 de argamassa com ladrilhos cerâmicos e defeito na argamassa colante; b) Placa 2 de argamassa com fissuras superficiais



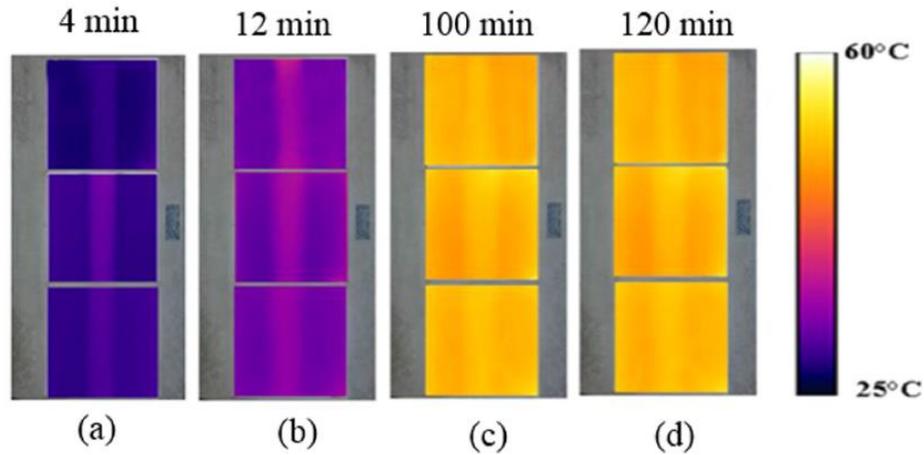
(fonte: BAUER, et al., 2016)

Para a análise das placas empregou-se dois aquecimentos diferentes, o aquecimento direto e inverso. No primeiro caso o aquecimento e a medição termográfica coincidiam, sendo essas realizadas na superfície frontal da placa. Na segunda análise esses parâmetros não coincidiam, uma vez que realizou-se a medição termográfica na superfície frontal e o aquecimento na superfície oposta.

Com esses dois tipos de aquecimentos, os autores obtiveram as temperatura dos termogramas e determinaram a evolução do Delta-T, o qual é obtido pela diferença de temperatura do ciclo direto com a do inverso. Sendo assim, pode-se dizer que esse parâmetro surge quando existe uma mudança de calor, o qual é causado por uma patologia.

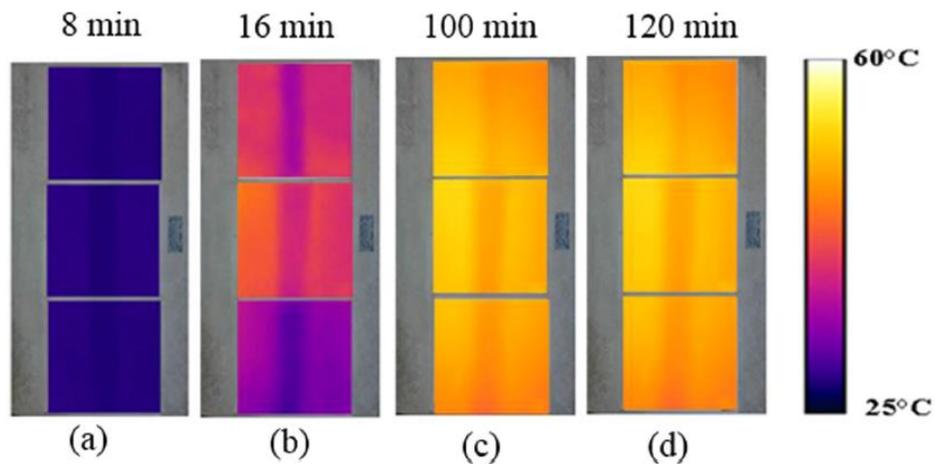
Nas placas com descolamentos cerâmicos, os autores constataram que a evolução do Delta-T depende do tipo, da geometria e das dimensões dessa patologia. Vale ainda ressaltar que quanto menor a espessura da placa cerâmica maior os valores do Delta-T. Os termogramas obtidos para essa manifestação patologia podem ser observados nas Figuras 11 e 12.

Figura 11 - Termogramas da placa 1 durante o ciclo de aquecimento direto (descolamento)



(fonte: BAUER, *et al.*, 2016)

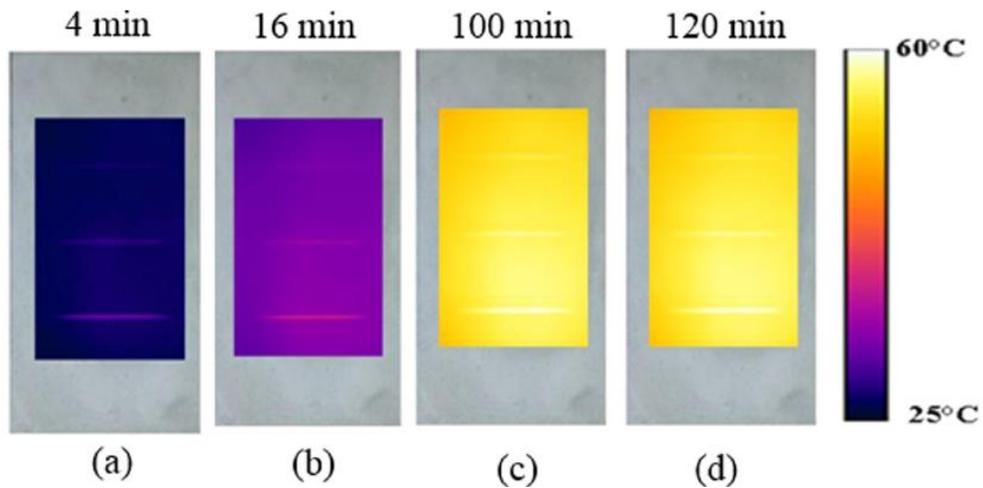
Figura 12 - Termogramas da placa 1 durante o ciclo de aquecimento inverso (descolamento)



(fonte: BAUER, *et al.*, 2016)

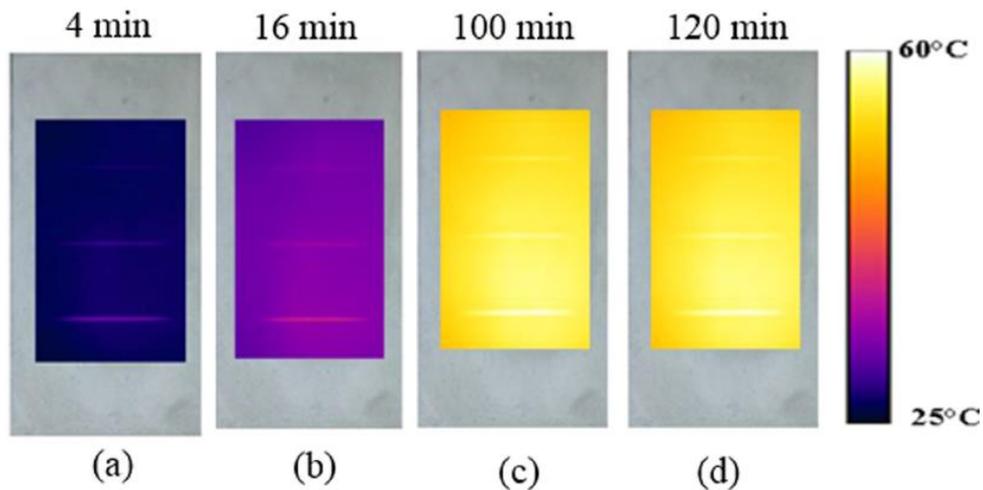
Os autores também observaram que nas placas com fissuras, a evolução Delta-T depende da profundidade dessa patologia nos ciclos direto e inverso de aquecimento. Sendo assim, quanto maior for a profundidade da trinca maiores são os valores do Delta-T. Os termogramas obtidos para essa manifestação patologia podem ser observados nas Figuras 13 e 14.

Figura 13 - Termogramas da placa 2 durante o ciclo de aquecimento direto (fissuras)



(fonte: BAUER, *et al.*, 2016)

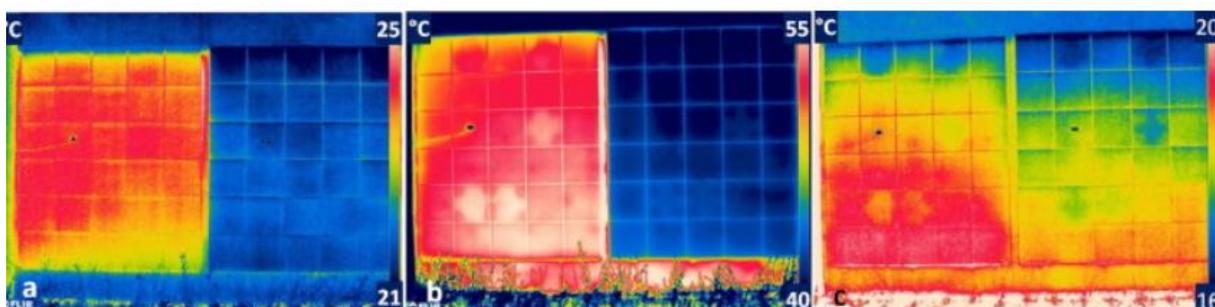
Figura 14 - Termogramas da placa 2 durante o ciclo de aquecimento inverso (fissuras)



(fonte: BAUER, *et al.*, 2016)

Lourenço, Matias e Faria (2017) analisaram o descolamentos de placas cerâmicas do tipo porcelanato nas cores branca e preta. Realizou-se a análise termográfica em diferentes horas do dia e obteve-se os termogramas indicados na Figura 15, onde a fachada da esquerda faz referência ao revestimento cerâmico na cor preta e a da direita ao revestimento na cor branca.

Figura 15 - Termograma de descolamentos de revestimento cerâmico: a) Termograma das 9:30 horas da manhã; b) Termograma as 15:30 horas; c) Termograma as 22:15 horas



(fonte: LOURENÇO; MATIAS; FARIA, 2017)

Através da análise qualitativa dos termogramas, os autores observaram que no período da manhã e sem a presença de incidência solar é difícil a identificação dos descolamento nas fachadas revestidas com placas cerâmicas pretas e brancas (Figura 15a). A incidência solar presente no período da tarde auxiliou na detecção dessa patologia, a qual é mais visível na fachada com revestimento cerâmico na cor preta (Figura 15b, fachada da esquerda). O descolamento na fachada com revestimento cerâmico branco é visível no termograma da Figura 15c), o qual é característico por apresentar temperaturas diferentes das regiões sem falhas.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia abordada consiste na construção de três corpos de prova nos quais foram induzidas fissuras, descolamento cerâmicos e umidade, patologias comuns em fachadas com revestimentos cerâmicos. Posteriormente estes protótipos de fachadas foram submetidos ao processo de aquecimento e arrefecimento nos quais realizou-se, através da termografia de infravermelho, uma análise qualitativa.

### 4.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Para a construção da base do protótipo de fachada fez-se o uso de madeira, parafusos, lona e argamassa industrializada. As formas foram constituídas por madeiras doadas pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Guarapuava. Os demais materiais utilizados nesse processo foram adquiridos na loja de materiais de construção. O Quadro 3 descreve as características dos materiais empregues na construção das formas de madeira, já o Quadro 4 as propriedades da massa pronta da marca Votorantim da linha Votomassa.

Quadro 3 – Materiais utilizados na construção das formas de madeira

Descrição	Quantidade	Dimensão (cm)
Madeira	6	25x6
	6	50x6
	3	50x25
Parafusos	48	-
Lona	3	58x33

O protótipo de fachada foi revestido com cerâmicas vermelhas e amarelas nas dimensões de 5x10 centímetros. Para assentar esse material utilizou-se argamassa AC III da marca Euromax. A fachada foi finalizada com a aplicação do rejunte Tipo II também da marca Euromax. As propriedades destas argamassas estão descritas no Quadro 4.

Quadro 4 – Propriedades das argamassas

Especificação	Massa pronta para base do protótipo		Argamassa AC III		Argamassa para rejunte	
	Descrição	Unidade	Descrição	Unidade	Descrição	Unidade
Quantidade de argamassa	40	Kg	5	Kg	1	Kg
Água utilizada	6,2	L	1,05	L	0,210	L
Rendimento	17	Kg/m <sup>2</sup> para 1 cm	4	Kg/m <sup>2</sup>	-	-
Tempo para uso	2	horas	2	horas	2	horas

(fonte: VOTORANTIM, 2019)

Para o aquecimento dos protótipos de fachada foi construído um sistema de aquecimento com madeiras, parafusos, lâmpadas de 250 W, fio 2,5 milímetros, e conector macho. Estes itens foram obtidos na loja de materiais de construção e suas características estão de acordo com o Quadro 5.

Quadro 5 – Materiais utilizados na construção das formas de madeira

Descrição	Quantidade (uni)	Dimensão (cm)
Madeira	4	25x25
	4	25x50
	2	50x25
Parafusos	20	-
Lâmpadas 250 W	6	-
Conector macho	2	-
Fio 2,5 mm	2	100

Para obtenção dos termogramas utilizou-se a termocâmera modelo HT7, com uma faixa de temperatura de -20°C a 650°C, precisão de  $\pm 2\%$ , faixa espectral de 8 a 14  $\mu\text{m}$ , com resolução

de 384 x 288 pixels e IFOV de 1,36 mrad. A Figura 16 apresenta o modelo de câmera termográfica utilizada. Na realização do ensaio com essa câmera os termogramas indicam três pontos de temperatura, sendo eles: temperatura mínima (SC), temperatura máxima (SH) e temperatura no ponto indicado (S1).

Figura 16 – Termocâmera HT7

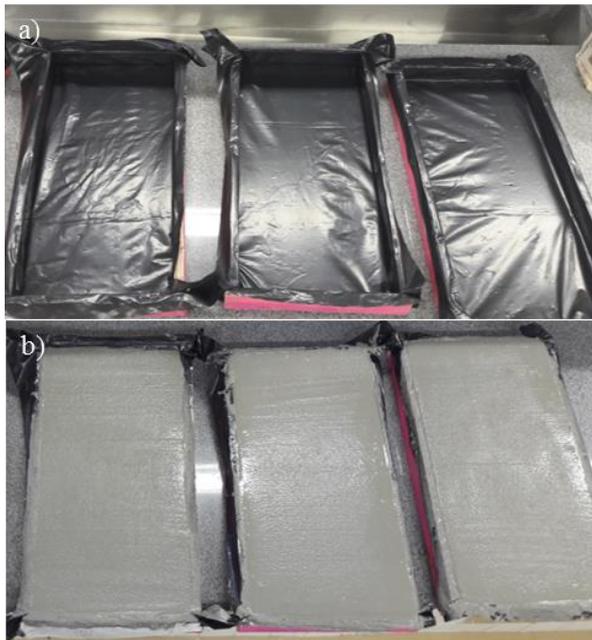


(fonte: HOTTEC, 2019)

## 4.2 CORPOS DE PROVA E SISTEMA DE AQUECIMENTO

Desenvolveu-se três corpos de prova os quais são constituídos por uma placa em argamassa industrializada com dimensões de 25x50 centímetros, e com espessura de 4 centímetros. A confecção desses corpos de prova deu-se a partir de formas de madeira, como indica a Figura 17. Cada placa foi curada em câmara úmida por 28 dias e posteriormente secas em estufa a 50°C durante três dias.

Figura 17 – Confeção dos corpos de prova: a) formas de madeira forrada com lona; b) moldes preenchidos com argamassa industrializada



A partir daí deu-se o início da indução de patologias como fissuras, descolamentos cerâmicos e umidade. Em dois corpos de prova a argamassa foi fragilizada para simular fissuras. Para realizar esse processo utilizou uma serra circular e o corpo de prova foi fraturado nas dimensões de 10 e 15 milímetros de profundidade e 2,5 milímetros de espessura, como pode ser observado na Figura 18 e 19. No corpo de prova restante simulou-se o descolamento da placa cerâmica a partir da criação de espaços vazios de 1 centímetro, na argamassa de assentamento, no instante em que as placas estavam sendo assentadas. A disposição dessa anomalia bem como sua dimensão pode ser observada na Figura 20.

Figura 18 – Fissuras na placa de argamassa industrializada

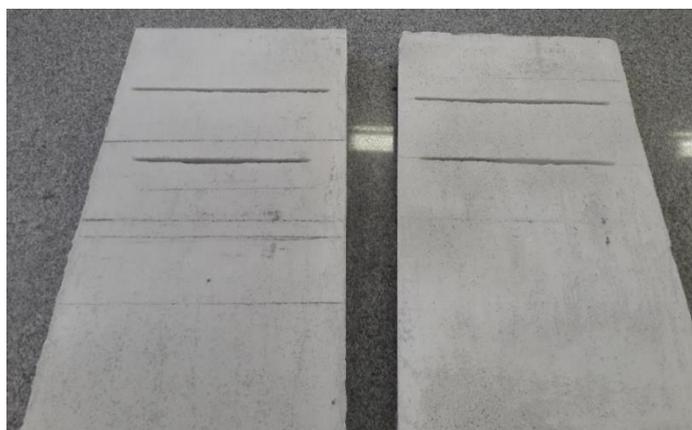


Figura 19 – Disposição das fissuras

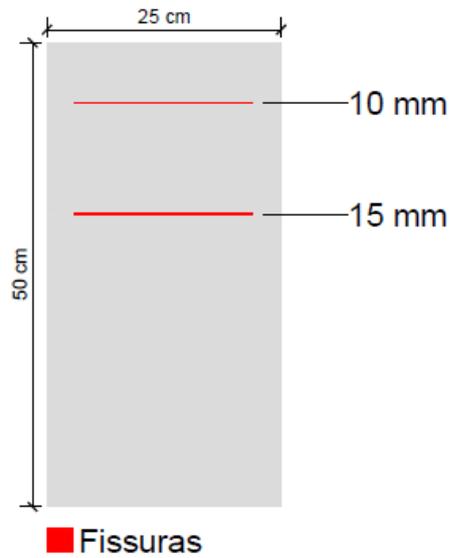
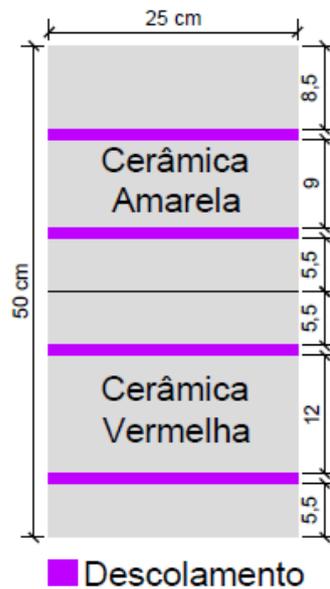


Figura 20 – Disposição dos descolamentos



Após esse procedimento assentou-se as placas cerâmicas, conforme a Figura 21, com argamassa colante AC III de espessura aproximada de 2 milímetros. Os corpos de prova que estavam fragilizados foram revestidos em sua totalidade com material cerâmico vermelho e amarelo. O corpo de prova com indução de descolamento foi revestido com 50% com cada cor de placa cerâmica. Vale destacar ainda que o revestimento cerâmico utilizado possuía dimensões de 5x10 centímetros e espessura de 2 centímetros.

Figura 21 – Corpos de prova revestidos com placas cerâmicas



No que tange ao sistema de aquecimento este foi constituído por duas caixa de 50 centímetros de comprimento por 25 centímetros de largura e altura. Instalou-se dentro de cada caixa 3 lâmpadas de 250W, com o intuito de simular o aquecimento que ocorre nas fachadas durante o decorrer do dia. O sistema de aquecimento está indicado na Figura 22.

Figura 22 – Dispositivo de aquecimento



### 4.3 ANÁLISE DOS CORPOS DE PROVA

Inicialmente posicionou-se cada corpo de prova frente ao sistema de aquecimento, como observado na Figura 23, 24 e 25. Os dispositivos de aquecimento encontravam-se a 90 centímetros da superfície da placa, e a câmera termográfica a uma distância de aproximadamente 180 centímetros. Com o intuito de padronizar o ensaio tomou-se o cuidado para que o ângulo de obtenção dos termogramas fossem o mais próximo possível, mesmo esse não sendo objeto de estudo do presente trabalho.

Figura 23 – Sistema de aquecimento da placa com revestimento cerâmico vermelho:  
a) Sistema de aquecimento com as lâmpadas desligadas; b) Sistema de aquecimento com as lâmpadas ligadas

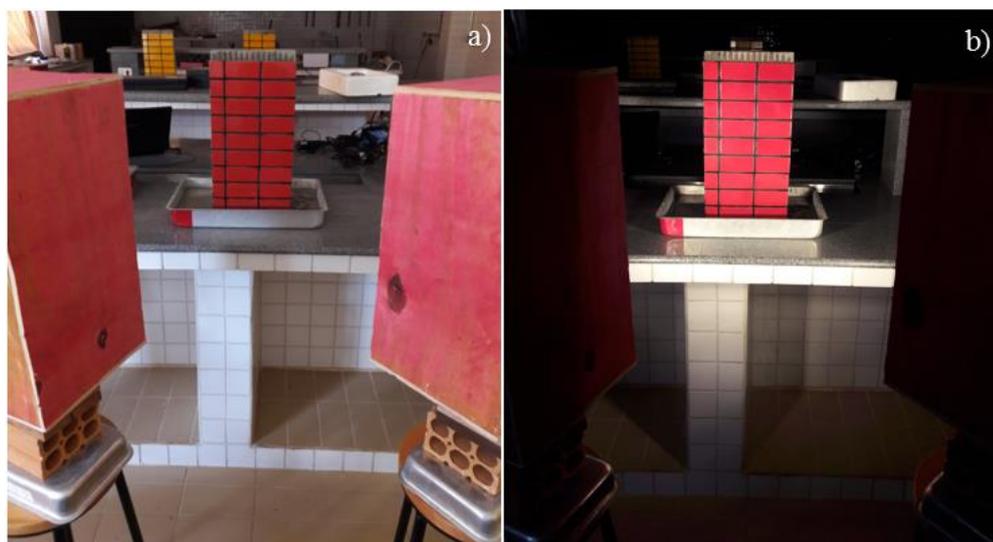
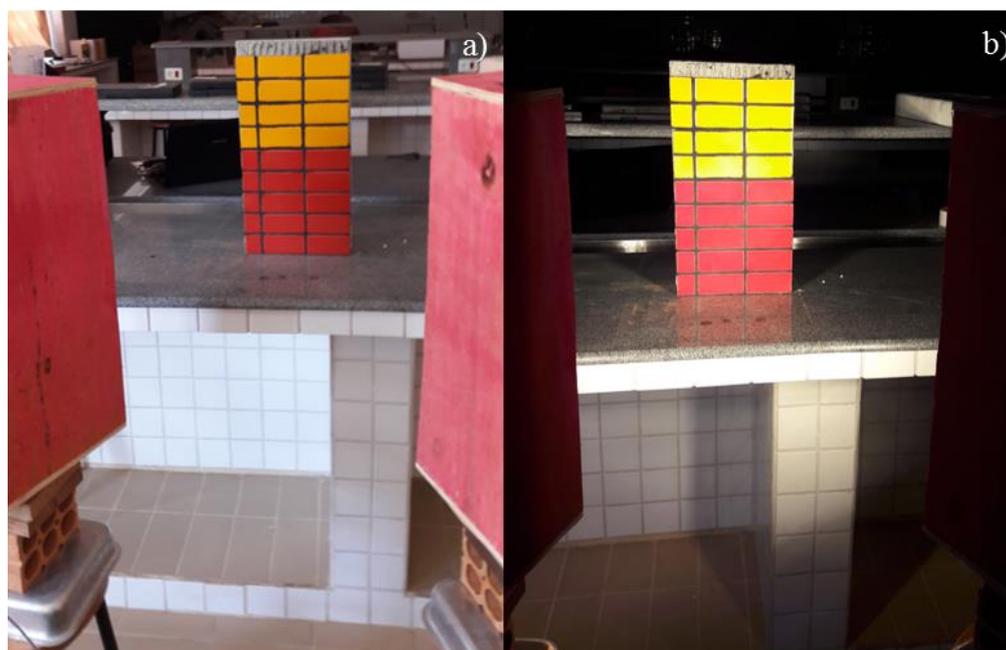


Figura 24 – Sistema de aquecimento da placa com revestimento cerâmico amarelo:  
a) Sistema de aquecimento com as lâmpadas desligadas; b) Sistema de aquecimento com as lâmpadas ligadas



Figura 25 – Sistema de aquecimento da placa com revestimento cerâmico 50% de cada cor: a) Sistema de aquecimento com as lâmpadas desligadas; b) Sistema de aquecimento com as lâmpadas ligadas



Os protótipos de fachadas revestidos em sua totalidade por cerâmicas vermelhas e amarelas foram aquecidos durante 120 minutos, sendo que ao decorrer desse tempo obteve-se termogramas com a termocâmara HT7 em 40 minutos, 80 minutos e 120 minutos. Ao final desse procedimento os corpos de prova eram resfriados naturalmente (processo de arrefecimento) de modo que se obteve termogramas no mesmo tempo indicado no período de aquecimento. Vale ressaltar ainda que 15 minutos antes do início da etapa de aquecimento os corpos de prova em questão foram submersos em uma lamina de água de 3 centímetros, na qual permaneceram durante toda execução do ensaio, para que assim fosse possível existir a absorção de água por capilaridade.

O corpo de prova com indução de descolamento cerâmico também foi submetido ao processo de aquecimento e resfriamento durante 120 minutos. Entretanto, nesse caso, obteve-se termogramas a cada 5 minutos de ensaio.

## 5 RESULTADOS DOS PROTÓTIPOS DE FACHADAS

### 5.1 FISSURAS E UMIDADE

As Figuras 26 e 27 indicam os termogramas obtidos na fase de aquecimento dos protótipos de fachada revestidos com placas cerâmicas vermelhas e amarelas, respectivamente. Através dessas imagens pode-se observar que com a termocâmera HT7 não foi possível a visualização das fissuras induzidas nos corpos de prova argamassado. Vale ressaltar ainda que o aparelho termográfico mostrou-se ineficaz durante todo o período de ensaio para identificação de fissuras. Isso deve-se ao fato da espessura do revestimento cerâmico utilizado ou também das dimensões escolhidas para as fissuras.

Figura 26 – Termogramas do aquecimento do protótipo de fachada com placas cerâmicas vermelhas a) 40 minutos; b) 80 minutos; c) 120 minutos

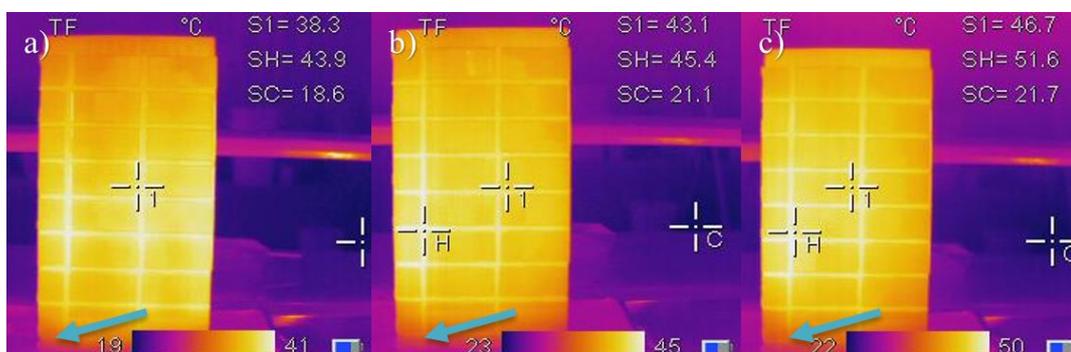
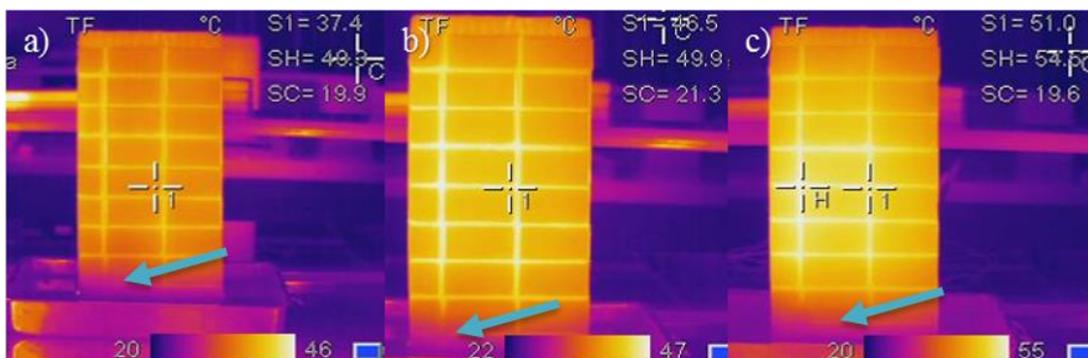


Figura 27 – Termogramas do aquecimento do protótipo de fachada com placas cerâmicas amarelas: a) 40 minutos; b) 80 minutos; c) 120 minutos



Referente a realização ensaio na fase de arrefecimento nota-se, com o auxílio das Figuras 28 e 29, que as fissuras no corpo de prova de argamassa também não puderam ser identificadas. Nessa etapa o aparelho termográfico em questão mostrou-se ineficaz para identificação das fissuras assim como na fase de aquecimento.

Figura 28 – Termogramas do arrefecimento do protótipo de fachada com placas cerâmicas vermelhas: a) 40 minutos; b) 80 minutos; c) 120 minutos

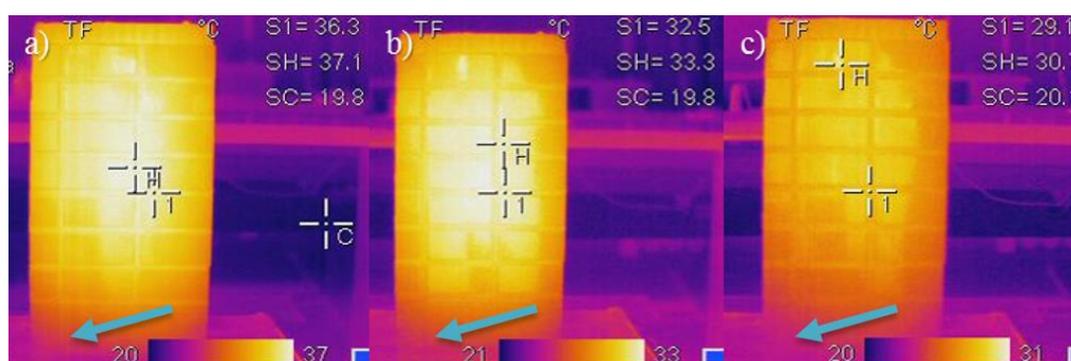
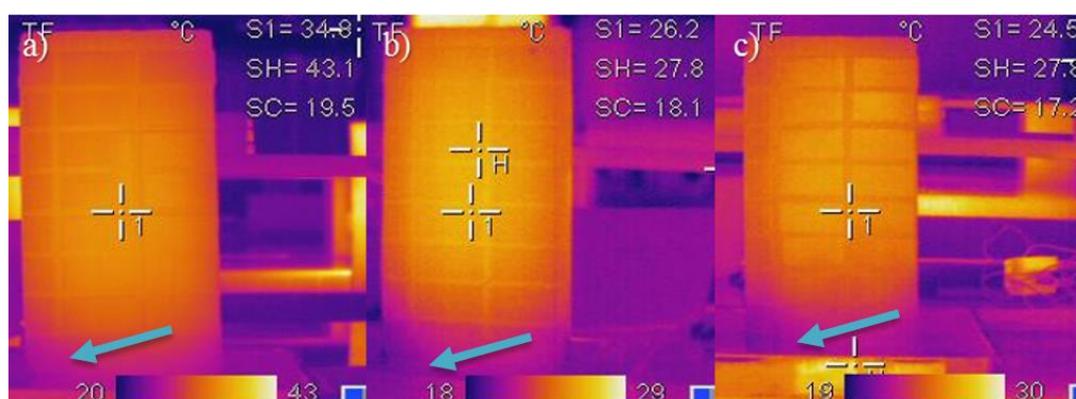


Figura 29 – Termogramas do arrefecimento do protótipo de fachada com placas cerâmicas amarelas: a) 40 minutos; b) 80 minutos; c) 120 minutos

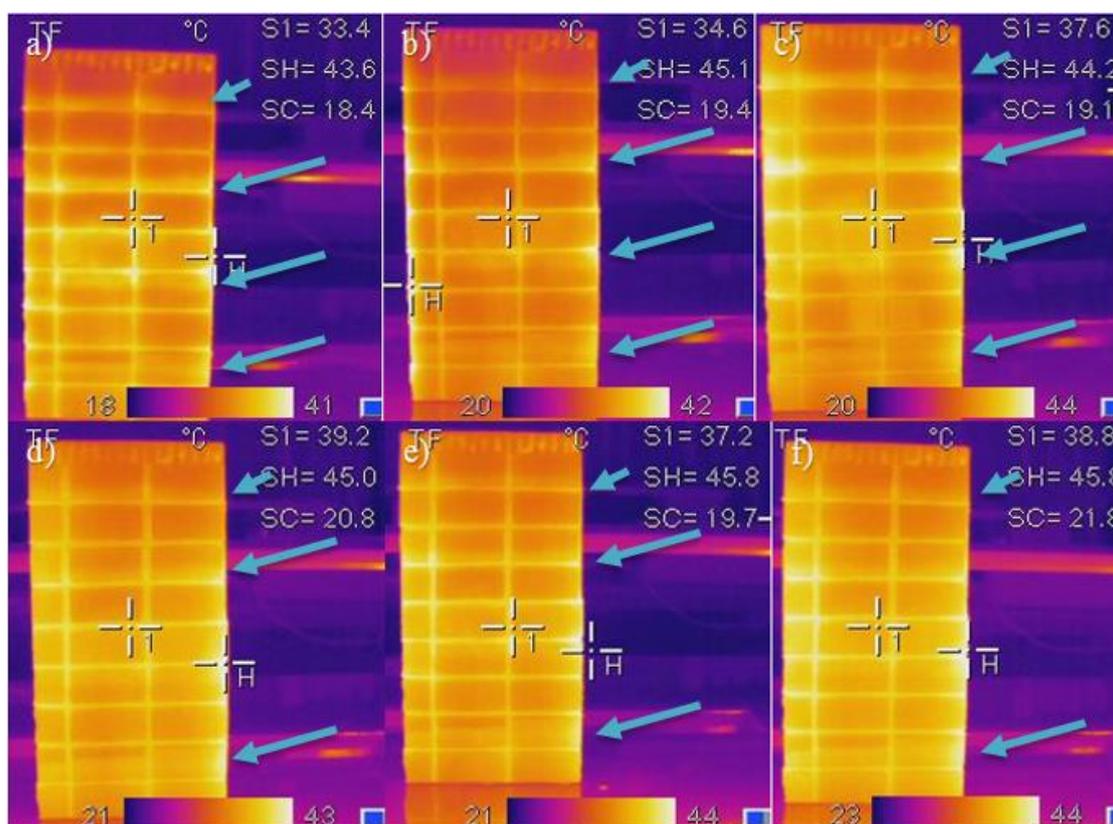


Através dos termogramas indicados nas Figuras 26, 27, 28 e 29 pode-se detectar a umidade, decorrente da ascensão capilar da água, nos protótipos de fachadas. Na fase de aquecimento e arrefecimento a patologia pode ser observada tanto no corpo de prova com placas cerâmicas vermelhas quanto no com amarelas. Além do mais verifica-se nas duas etapas, através da diferença dos tons quentes e frios, que a visualização da umidade é mais expressiva no protótipo de fachada com placas cerâmicas amarelas, que apresenta menor quantidade de calor absorvido.

## 5.2 DESCOLAMENTOS

A Figura 30 indica os termogramas obtidos na fase de aquecimento do protótipo de fachada com indução de descolamentos cerâmicos. Através dessa imagem pode-se observar que a identificação da região de falha estudada é nítida no início do ensaio, ou seja, nos primeiros 15 minutos. No período entre 15 minutos e 30 minutos ainda é possível a identificação dessa patologia, entretanto a análise fica comprometida por conta da elevação de temperatura na superfície do corpo de prova após esse período de tempo.

Figura 30 – Termogramas do aquecimento do protótipo de fachada com descolamento cerâmico: a) 5 minutos; b) 10 minutos; c) 15 minutos; d) 20 minutos; e) 25 minutos; f) 30 minutos

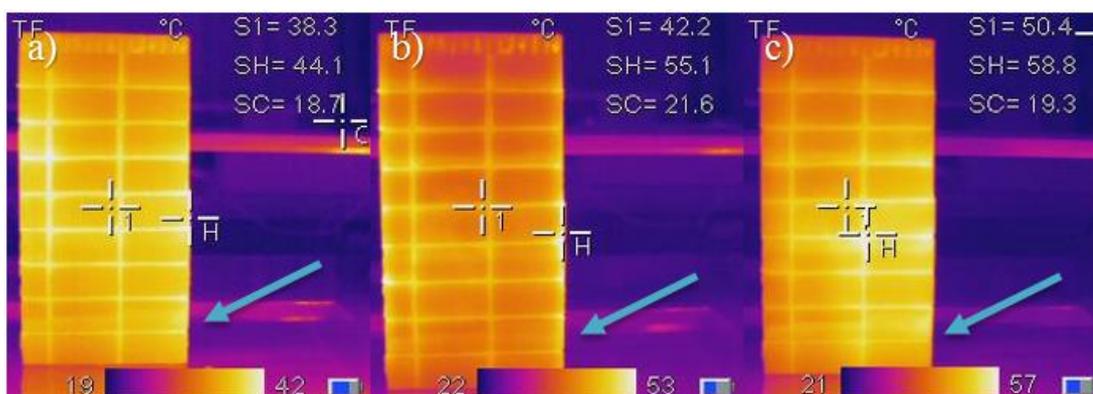


Nota-se também, com o auxílio da Figura 26, que a falta de argamassa de assentamento é mais visível na superfície em que se assentou as placas cerâmicas vermelhas. Isso está ligado a absorção de temperatura em função da cor da placa cerâmica, que para a amarela está em uma faixa de 30%, e para vermelha 74% (ABNT, 2008). Essa desigualdade de absorção explica as

diferentes temperaturas encontradas no corpo de prova na superfície amarela e vermelha. Nesse caso, a temperatura na superfície superior (amarela) está muito próxima a temperatura da patologia, dificultando assim a sua visualização. Observa-se que outro fator importante que pode ter influenciado nos resultados é o ângulo de captura dos termogramas, entretanto, esse não é objeto de estudo do presente trabalho.

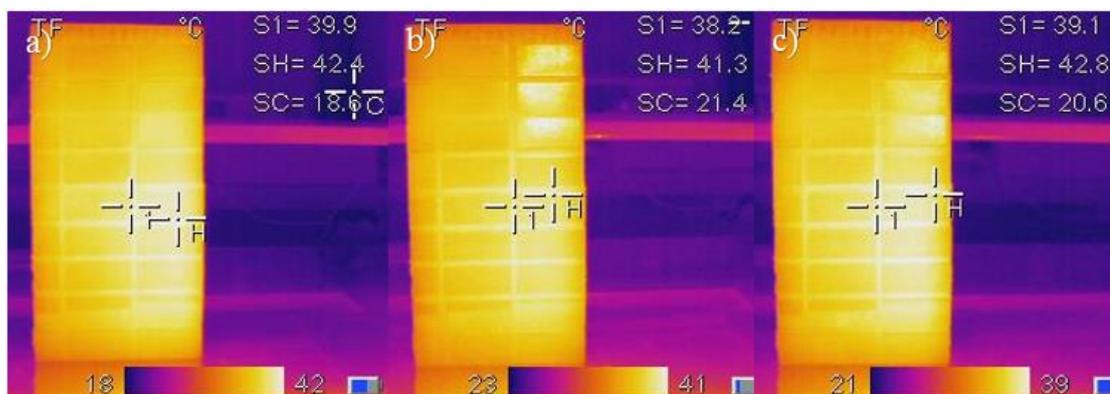
Ainda em relação a essa etapa, verificou-se que a partir dos 30 minutos de aquecimento tornou-se mais difícil a visualização do descolamento cerâmico, como pode ser observado na Figura 31. A dificuldade está ligada ao aumento constante da temperatura no corpo de prova, e principalmente a proximidade desta com a temperatura da região de falha.

Figura 31 – Termogramas do aquecimento do protótipo de fachada com descolamento cerâmico: a) 40 minutos; b) 80 minutos; c) 120 minutos



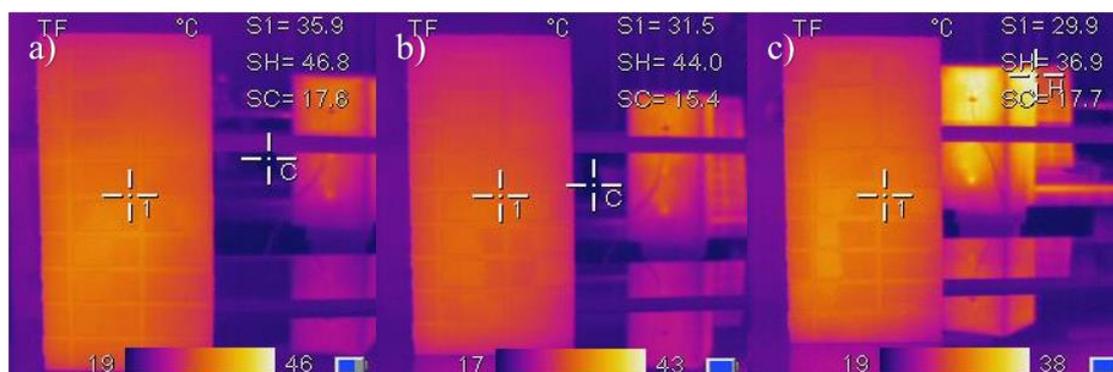
A Figura 32 refere-se ao protótipo de fachada na fase de arrefecimento. Através desses termogramas pode-se notar que o descolamento cerâmico não pode ser visualizado no início do resfriamento do corpo de prova. A dificuldade na visualização desta anomalia está atrelada a alta temperatura do protótipo de fachada bem como a semelhança desta com a temperatura da área em que se encontra a patologia. O protótipo de fachada perdeu calor rapidamente e de forma similar, portanto não tornou-se possível a visualização desta patologia em nenhum momento do arrefecimento.

Figura 32 – Termogramas do arrefecimento do protótipo de fachada com descolamento cerâmico: a) 5 minutos; b) 10 minutos; c) 15 minutos



A Figura 33 indica os termogramas obtidos no final deste experimento, onde também não foi possível a identificação do descolamento, uma vez que a temperatura na região da patologia é muito semelhante àquelas encontradas nas demais áreas. Ao longo da realização do ensaio de arrefecimento os corpos de prova tendem a perder calor, como pode ser observado na indicação da temperatura S1 (temperatura no ponto medido) das Figuras 32 e 33. Entretanto, notou-se que a temperatura máxima (SH) obtida nos termogramas no início do ensaio (Figura 32) são inferiores as que foram obtidas no fim (Figura 33). Isso ocorre devido à elevação da temperatura no ambiente, a qual é decorrente da incidência do sol na fachada do laboratório de materiais, onde estava sendo realizado os ensaios.

Figura 33 – Termogramas do arrefecimento do protótipo de fachada com descolamento cerâmico: a) 110 minutos; b) 115 minutos; c) 120 minutos



### 5.3 RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS TERMOGRÁFICAS TÍPICAS

Após a realização dos ensaios no laboratório, tornou-se possível identificar como algumas patologias em revestimentos cerâmicos de fachadas se apresentam quando é feito o uso da termografia para sua caracterização. No quadro 6 foram compiladas todas as manifestações patológicas realizadas nos experimentos bem como suas características são indicadas.

Quadro 6 – Resumo das características patológicas

ENSAIO	Levantamentos termográficos.			
Parâmetro medido	Radiação térmica emitida em revestimentos cerâmicos. Com esta técnica é possível fazer um levantamento de algumas patologias em revestimentos cerâmicos de fachada observado uma vez que diferentes materiais reagem de forma diferente às solicitações térmicas.			
Equipamento	Termocâmera HT7			
Patologia	Descrição	Causa	Características Termográfica	Realização do ensaio
Descolamento	Ruptura adesiva, coesiva ou mista entre o revestimento cerâmico e a base	Qualidade da mão de obra	Maior temperatura na região da patologia	Pela manhã, nas primeiras horas do dia
		Movimentação da base		
		Preenchimento insuficiente do tardo da cerâmica com argamassa adesiva		
Fissura	Patologia decorrente das tensões excedentes da tensão de resistência da argamassa	Retração da argamassa	Não foi possível identificar essa patologia	Não foi possível identificar essa patologia
		Cura inadequada da argamassa		
		Espessura inadequada da camada de argamassa		
Umidade	Contato da fachada sem impermeabilização com o solo, ocorrendo a absorção por capilaridade	Falta de impermeabilização da fachada	Menor temperatura na região da patologia	Pela manhã, nas primeiras horas do dia

## 6 CONCLUSÕES

Tendo em vista a identificação de fissuras no substrato argamassado com assentamento de placas cerâmicas, independentemente de sua cor, nota-se que as características técnicas da termocâmara apresenta incertezas na avaliação dos resultados, uma vez que não foi possível a visualização desta patologia nos testes. Havendo a necessidade de aprimorar as técnicas de diagnóstico, de forma mais eficiente, para este tipo de patologia em fachadas.

Com a termografia de infravermelho tornou-se possível a detecção de umidade em protótipos de fachadas com revestimentos cerâmicos vermelhos e amarelos. Entretanto, a visualização desta patologia é mais clara no corpo de prova com placas cerâmicas amarelas. Além do mais recomenda-se que o ensaio seja realizado nas primeiras horas de sol do dia. Dessa maneira torna-se possível obter melhores resultados referentes a identificação desta patologia, uma vez que quanto menor a temperatura do objeto estudado mais visíveis são as diferenças dos tons quentes e frios e mais facilmente de detecta a umidade.

A termocâmara HT7 mostrou-se uma boa opção para identificação de descolamentos cerâmicos, principalmente em fachadas com placas cerâmicas vermelhas. Para realização do ensaio recomenda-se que este seja realizado em fachadas durante a manhã, logo no início do dia. Desse forma a identificação desta patologia fica mais clara, uma vez que durante o período da manhã a temperatura superficial da fachada ainda se encontra baixa.

Sendo assim pode-se afirmar que a termografia de infravermelho pode ser aplicada de forma qualitativa como técnica de inspeção de fachadas, pois auxilia rapidamente na identificação dos defeitos mais comuns em fachadas com revestimentos cerâmicos. Vale ressaltar que na identificação dos descolamentos cerâmicos e na detecção de umidade o aumento de temperatura nas fachadas influencia negativamente na identificação das patologias. Portanto, para conseguir um bom diagnóstico destes tipos de manifestações patologias são necessários mais estudos.

## **7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Diante do apresentado sugere-se que para um melhor diagnóstico de manifestações patológicas também seja avaliado:

- a) Diferentes espessuras e profundidades de fissuras;
- b) Diferentes cores de revestimentos cerâmicos;
- c) Diferentes modelos de termocâmeras;
- d) Ensaio realizado em campo.
- e) Usar metodologia e estímulo diferente para avaliação das patologias de fachadas.

## 8 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13816: Placas cerâmicas para revestimento: terminologia.** Rio de Janeiro, 1997a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13817: Placas cerâmicas para revestimento: classificação.** Rio de Janeiro, 1997b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2: Desempenho térmico das edificações – Desempenho parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes da edificação.** Rio de Janeiro, 2008).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: especificação.** Rio de Janeiro, 2013a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4: Edificações habitacionais – Desempenho parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas.** Rio de Janeiro, 2013b).

ALBERNAZ, M. P.; LIMA, C. M. **Dicionário ilustrado de arquitetura.** Volume 2. 2 edição. São Paulo: ProEditores, 2000.

ALVES, S. M. M. **WWW.PATORREB.COM:** Um contributo para a sistematização do conhecimento da patologia da construção. 2008. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO, 2017. Disponível em: <<https://www.anfacer.org.br/portfolio-2016>> Acesso em: 20. Agosto. 2018.

ALAM, F. W. A.; *et al.* Potencial da termografia infravermelha na detecção de manifestações patológicas ocultas ocasionadas pela umidade Acidental em paredes de alvenarias cerâmicas com revestimento de argamassa e pintura. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 5, n. 1, p. 28–47, 2016.

BAGAVATHIAPPAN, S.; *et al.* Infrared thermography for condition monitoring – A review. **Infrared Physics & Technology**, v. 60, p. 35-55, 2013.

BARREIRA, E. S. B. M. **Aplicação da termografia ao estudo do comportamento higrotérmico dos edifícios**. 2004. 198 f. Dissertação (Mestrado em Construção de Edifícios) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.

BARREIRA, E.; FREITAS, V. P. Evaluation of building materials using infrared thermography. **Construction and Building Materials**, v. 21, n. 4, p. 218 – 224, 2007.

BAUER, E.; LEAL, F. C. B. **Condicionantes das medições termográficas para avaliação da temperatura em fachadas**. X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Fortaleza, 2013.

BAUER, E.; *et al.* Critérios para a aplicação da termografia de infravermelho passiva como técnica auxiliar ao diagnóstico de patologias em fachadas de edifícios. **Revista Politecnica (Bahia)**, v. 21, p. 266–277, 2014.

BAUER, E.; *et al.* Analysis of building facade defects using infrared thermography: Laboratory studies. **Journal of Building Engineering**, v.6, p.93-104, 2016.

BAUER, R. J. F. Patologia em revestimentos de argamassa inorgânica. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2., 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: CETA/ANTAC, 1997. p. 321-333.

CAMPANTE, E. F.; BAÍA, L. L. M. **Projeto e execução de revestimento cerâmico**. 1<sup>o</sup> edição. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003. 104 p. ISBN 85-86872-06-7.

CARVALHO, I. C.; PICANÇO, M. S.; MACEDO, A. N. Identificação de patologias em fachadas e metodologia de análise: Estudos de casos na Universidade Federal do Pará. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v.9, n.2, p.38-56, 2014.

CORTIZO, E. C. **Avaliação da técnica de termografia infravermelha para identificação de estruturas ocultas e diagnóstico de anomalias em edificações: Ênfase em edificações do patrimônio histórico**. 2007. 178 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais.

ESQUIVEL, J. F. T. **Avaliação do uso de revestimentos cerâmicos de fachada em edifícios residenciais multifamiliares em São Paulo**: Estudo de caso região Sul – 1994 1998. 2011. 427 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas Ambientais Urbanas) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FILHO, R. H. Avaliação dos requisitos normativos das argamassas industrializadas associadas a critérios de emprego e utilização. 2013. 268 f. Dissertação (Mestrado em Construções Civas) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília.

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos**: estudos e procedimentos de execução. 2º edição. São Paulo: Pini, 2009. ISBN 978-85-7266-189-8.

FRANCO, L. S.; JUST. A. Descolamentos dos revestimentos cerâmicos de fachada na cidade do Recife. 2001. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade De São Paulo**. São Paulo, 2001.

GASPAR, P.; FLORES-COLEN., I; BRITO, J. de. **Técnicas de diagnóstico e classificação de fissuração em fachadas rebocadas**. 2º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios –PATORREB, 2007.

HENRIQUES, F. **Umidade em paredes**. 4º edição. Lisboa: LNEC, 2007. ISBN 978-972-49-15292-0-.

JUNGINGER, M. **Rejuntamento de revestimentos cerâmicos**: Influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis. 2003. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

LOURENÇO, T.; MATIAS, L.; FARIA, P. Anomalies detection in adhesive wall tiling systems by infrared thermography. **Construction and Building Materials**, v. 148, p. 419 – 428, 2017.

MADRUGA, F. J.; *et al.* Infrared thermography processing based on higher-order statistics. **NDT&E International**, v. 43, n. 8, p. 661 – 666, 2010.

MEDEIROS, J. S. Why does facade ceramic tiling fail?. In: WORLD CONGRESS ON CERAMIC TILE QUALITY, VI. Castellón, 2000. **Qualicer 200**. Castellón. Càmara Oficial

do Comércio, Industria y Navegation 2000. v.3, p. 147-56. Disponível em <  
<http://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/0033132e.pdf>> Acesso em: 22  
Setembro. 2018

MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios: 1999. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**. São Paulo, 1999.

MENDONÇA, L. V. Termografia por infravermelhos: inspeção de betão. **Revista Engenharia e Vida**. nº 16. P.53-57, 2005.

MENDONÇA, L. V.; AMARAL, M. M.; CARATINO, P. S. Termografia por infravermelhos como ferramenta para auxílio à inspeção e manutenção dos edifícios. **Jornadas de Engenharia de Manutenção**. Lisboa, 2012.

MILOVANOVIĆ, B.; PECUR, I. B. The Role of Infrared Thermography in Nondestructive testing of Civil Engineering Structures. 2011. Disponível em <  
[https://bib.irb.hr/datoteka/534221.Milovanovic\\_-\\_paper.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/534221.Milovanovic_-_paper.pdf)>. Acesso em: 6 Setembro. 2018.

MORAIS, A. I. B. **Soluções de Reabilitação de Fachadas com Revestimentos em Ladrilhos Cerâmicos**. 2007. 170 f. Dissertação (Mestrado em Reabilitação do Patrimônio Edificado) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.

NAPPI, S. C. B. Umidades em paredes. In: **CONGRESSO TÉCNICO-CIENTÍFICO DE ENGENHARIA CIVIL**, 1996, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1996. v. 04, p. 537-544.

PAVANELO, D. J. **Avaliação de manifestações patológicas de fachada da Unipampa Campus Alegrete utilizando a termografia infravermelha**. 2017. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Pampa. Alegrete.

PAVÓN, E. **Critérios e padrões de comportamento para avaliação de descolamentos cerâmicos com termógrafia de infravermelho**. 2017. 250 f. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília.

PEZZATO, L. M. **Patologias no sistema revestimento cerâmico**: Um estudo de casos em fachada. 2010. 162 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

RÊGO, S. R. **Mecanismos de adesão em sistemas cerâmicos aderidos sujeitos a variações térmicas cíclicas**. 2012. 109 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

RIBEIRO, F. A.; BARROS, M. M. S. B. **Juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas**. 1º edição. São Paulo: Pini, 2010. 148p. ISBN 987-85-7266-2253.

RHOD, A. B. **Manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos: Análise da frequência de ocorrência em áreas internas de edifícios em uso em Porto Alegre**. 2011. 71f. Trabalho de Conclusão de Curso - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul Minas Gerais, Belo Horizonte.

ROSCOE, M. T. **Patologias em revestimento cerâmico de fachada**. 2008. 80f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Construção Civil). - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Porto Alegre.

SANTOS, M. C. F. N. Uso da termografia para caracterizar qualitativamente fachadas de edifícios. 2014. 80 f. Dissertação (Mestrado em Construções) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra.

SANTOS, M. J. B. O. **Catálogo de patologias em fachadas de edifícios residenciais de Brasília**. 2017. 227 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Faculdade de Tecnologia, Universidade De Brasília, Brasília.

SARAIVA, A. G. Contribuição ao estudo de tensões de natureza térmica em sistemas de revestimento cerâmico de fachada. 1998. 190 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília.

SCARTEZINI, L. M, B. **Influência do tipo e preparo do substrato na aderência dos revestimentos de argamassa**: Estudo da evolução ao longo do tempo, influência da cura e

avaliação da perda de água da argamassa fresca. 2002. 286 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SILVA, A. R. R. **Patologia em fachadas com revestimentos de ladrilhos cerâmicos**. 2010. 166 f. Dissertação (Mestrado em Edificações) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.

SILVA, M. N. B. **Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada: Aplicação ao caso de Brasília/DF**. 2014. 217 f. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília.

SILVA, M. N. B.; *et al.* Distribuição de ocorrência de danos e patologias em fachadas de Brasília – Estudo de Caso. In: I SIMPÓSIO DE ARGAMASSAS E SOLUÇÕES TÉRMICAS DE REVESTIMENTOS, 2014, Coimbra, Portugal. **Anais**.

TARPANI, J. R.; *et al.* Inspeção termográfica de danos por impacto em laminados de matriz polimérica reforçados por fibras de carbono. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos. v. 19, n. 4, p. 318-328, 2009.

TAVARES, S. G.; *et al.* Comparative study between infrared thermography and laser Doppler vibrometry applied to frescoes diagnostic. In: **Proc. of the QIRT2006 Congress, Padoue, Italie**. 2006. Disponível em < <http://qirt.gel.ulaval.ca/archives/qirt2006/papers/039.pdf> > Acesso em: 27 setembro. 2018.

TERRA, R. C. **Levantamento de manifestações patológicas em revestimentos de fachadas das edificações da cidade de Pelotas**. 2001. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

THOMAZ, É. **Trincas em edifícios: causas prevenção e recuperação**. 1º edição. São Paulo: Pini, 1989. 189 p.

TOLEDO, L. B. F. **Patologia em revestimentos cerâmicos de fachada de edifícios estudo regionalizado para a cidade de Divinópolis MG**. 2007. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

TORRES, J. R. **Controle do processo de revestimento cerâmicos em fachadas de edifícios:** estudo multicaso. 2007. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.