VERIFICAÇÃO DE FALHA DE ADERÊNCIA NA INTERFACE ARGAMASSA E BLOCO EM FACHADAS ATRAVÉS DE TERMOGRAFIA

L. KIST
Estudante
UNISC/Engenharia Civil
Santa Cruz do Sul, RS; Brasil
lidianekist@unisc.br

M. D. F. SANTOS
Engenheiro Civil
UNISC/Engenharia Civil
Santa Cruz do Sul, RS; Brasil
marcusds@unisc.br

RESUMO

A termografia é um ensaio não destrutivo, com técnica de inspeção em infravermelho que captura diferentes distribuição de calor, com o objetivo de gerar informações referentes a condição operacional de um componente, equipamento ou processo, como ferramenta de manutenção, é um processo de identificação de patologias considerada não invasiva que reconhece a intensidade de radiação emitida naturalmente pelo corpo sendo proporcional a sua temperatura. Para análise da eficácia da termografia foram construídos e analisados protótipos com blocos estruturais de concreto e cerâmico, além de blocos cerâmicos de vedação, com dimensões laterais de 120 cm e 100 cm de altura. Foram executados locais no centro das paredes sem aderência ao substrato, as quais foram construídas voltadas para as orientações solares Leste, Oeste, Norte e Sul. Após coleta de dados em quatro dias, com temperaturas máximas superiores à 30ºC, utilizando câmera térmica de alta precisão, nos horários das 8h, 12h, 16h e 19h, foram confeccionados gráficos para análise do comportamento térmico dos protótipos. Com a presente pesquisa constatou-se a confiabilidade da termografia na identificação de desplacamento através da variação térmica explicita nos termogramas em determinadas situações. A termografia é confiável, mas deve ser utilizada em determinados horários e orientações solares, analisando a emissividade, temperatura refletida, velocidade do vento e material utilizado na construção da edificação, tanto do revestimento quanto do substrato.
Palavras-chave: Termografia. Revestimento Argamassado. Patologia. Desplacamento. Sons Cavos.

ABSTRACT

In order to identify pathological manifestations not identified visually or difficult to access, we sought to verify the efficiency of the use of thermography and the behavior of cavos sounds in different mortar bases. Thermography is a non-destructive test, with an infrared inspection technique that captures thermal distribution, in order to generate information regarding the operational condition of a component, equipment or process; as a maintenance tool, is a process of identification of Pathologies considered noninvasive that recognizes the radiation intensity emitted naturally by the body being proportional to its temperature.In order to analyze the thermography efficacy, prototypes with concrete and ceramic structural blocks were constructed and analyzed, as well as ceramic sealing blocks with lateral dimensions of 120 cm and 100 cm of height. Locations were performed in the center of the walls without adherence to the substrate, which were constructed facing east, west, north and south solar orientation.Afterwards data collection during four days, with maximum temperatures above 30ºC, using a high precision thermal camera, at the hours of 8h, 12h, 16h and 19h, graphs and tables were created in order to analyze the thermal behavior of the prototypes.With this research the thermography reliability in the identification of displacement through the explicit thermal variation in the thermograms in certain situations was verified. The thermography is trustworthy, however it must be used at certain times and solar orientations, analyzing the emissivity, reflected temperature, wind speed and material used at the building construction, in the same way coating as well as the substrate.
Keywords: Thermography. Mortar Coating. Pathology. Displacement.

1. INTRODUÇÃO

Através da análise dos impactos provocados por sons cavos nas faces de edificações e havendo a possibilidade do uso desta ferramenta para identificar falhas no revestimento externo na construção civil, o trabalho limita-se identificação de patologias relacionadas aos descolamentos de argamassa em diferentes tipos de fachadas através da termografia. As análises serão realizadas com blocos de concreto e cerâmico estrutural e de vedação identificadas através da diferença da amplitude térmica em uma mesma orientação solar com o potencial do infravermelho. A densificação urbana promoveu a verticalização das edificações para atender à demanda, próxima dos grandes centros. A construção de prédios esbeltos e altos proporcionou uma dificuldade adicional à construção civil: a altura. Nessas situações, agilizar o processo para identificar a patologia é primordial, visto que uma patologia pode levar a outras. Dentre as manifestações patológicas, existem as de fácil detecção por ser visível e outras que apenas são identificados quando o revestimento descola e caem por estarem encoberto, conforme Mário (2011).

Geralmente a identificação patológica é feita quando a mesma aflora na superfície da edificação, na suposição da existência ou não de uma anomalia, executa-se um ensaio de percussão para comprovar a presença de descolamento da fachada. O ensaio de percussão é realizado através de impactos leves, não agressivo, com instrumentos rijos. O revestimento que emitir um som cavo estará solto, para a execução deste ensaio, as edificações são acessadas através de balancins, do primeiro ao último pavimento, de forma a abranger toda a área das fachadas, após o mapeamento é feito um ensaio de arrancamento para saber a causa e então é feita a devida intervenção. Devido a grande complexidade para se identificar as manifestações patológicas, notável é um ensaio que conseguisse reunir a agilidade, eficiência e integridade de uma edificação. Um método muito aplicado em outras áreas para a identificação de deficiências na parte elétrica, por exemplo, é a câmera termográfica.

Conforme NBR 15424 (ABNT, 2006), a termografia é um ensaio não destrutivo, com técnica de inspeção em infravermelho que captura diferentes distribuição de calor, com o objetivo de gerar informações referentes a condição operacional de um componente, equipamento ou processo, como ferramenta de manutenção, é um processo de identificação de patologias considerada não invasiva que reconhece a intensidade de radiação emitida naturalmente pelo corpo sendo proporcional a sua temperatura.

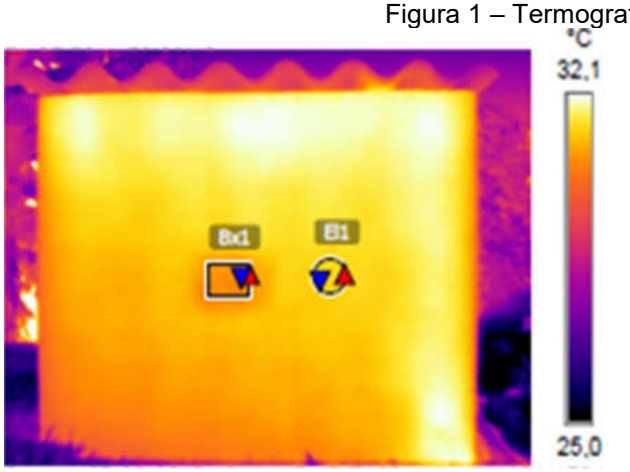
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Referencial teórico

Os revestimentos argamassados são de suma importância para vedação e durabilidade das edificações, desempenham funções de absorver deformações, revestir e proteger de agentes agressivos externos, apesar do intenso uso é muito frequente a ocorrência de patologias nos mesmo que surgem por diversos fatore e que ocasiona uma serie de prejuízos aos setores envolvidos para Bauer (1996).

A termografia é um método de detecção da radiação infravermelho com capacidade de detectar a heterogeneidade da energia térmica emitida na superfície, considerada como um ensaio não destrutivo permite identificar pontos onde a temperatura se encontra alterado quando comparado com uma temperatura prefixada conforme Figueira (2006). O equipamento transforma a radiação térmica numa imagem (termograma), com uma escala em que cada cor corresponde a uma gama de temperatura citado por Cortizo (2007) como demostrado na figura 1. A termografia por infravermelho depende de três fatores para a inspeção da temperatura superficial: Condições da superfície, Configuração interna, Meio ambiente. A configuração interna, parte do princípio que o calor não pode ser impedido de se deslocar dentro de um corpo de regiões mais quentes para regiões mais frias, apenas pode se deslocar com velocidades diferentes devido aos materiais apresentarem diferentes camadas de isolamento ou condutividade térmica, o calor pode ser transmitido de três maneiras: condução, convecção e radiação segundo Kappaun (2012).

Figura 1 – Termografia com escala de cores



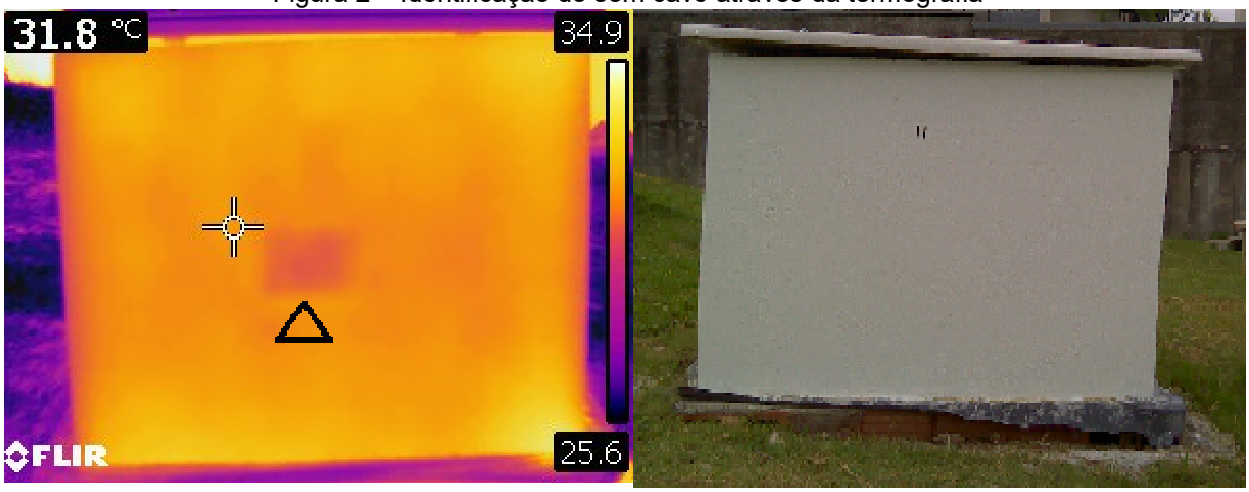
Medições		°C
Bx1 -	Max	30.9
	Min	30.5
	Average	30.7
El1-	Max	31.4
	Min	31.3
	Average	31.3
Dt1 – El1average-Bx1average		0.7
Parametros		
Emissividade		0.93
Bussola		273° O

Fonte: Autor.

Para Silva (2012), a radiação é uma forma de transmissão que não necessita de um meio para a propagação e pode ser interpretada como maneira de como o calor é transferida de uma superfície de alta temperatura para uma superfície com temperaturas menores, através de ondas caloríferas ou radiantes. No entanto todos os corpos emitem radiação, porém nenhuma mais que o corpo negro, que relacionada à emissividade pode variar de 0 a 1, para Incropera e Dewitt (2008). Para Fluke (2009) é definido como corpo negro todo aquele que emite um espectro de radiação universal que depende apenas de sua temperatura, não de sua composição, sendo o corpo negro é um radiador ideal, absorvendo e emitindo sua energia, sua principal aplicação é para a calibração dos sistemas de medição infravermelhos, é um conceito conveniente para o uso de explicações científicas de vários fenômenos não existindo na vida real.

A transmissão de calor ocorre durante as horas quentes do dia, podendo ser do exterior para o interior de uma parede ou vice-versa, no caso da temperatura ocorrer do exterior para o interior, há a necessidade das temperaturas superficiais externas serem maiores do que as internas, entretanto, há perda de calor nessa travessia na qual será consumida no aquecimento do próprio material da parede que absorve a caloria que varia de acordo com as características internas de cada material e nesse momento é possível termicamente averiguar a homogeneidade da base argamassada no revestimento bem como suas falhas. A figura 2 apresenta a maneira de como é identificado o descolamento da argamassa através do uso da termografia em um dos protótipos.

Figura 2 – Identificação do som cavo através da termografia



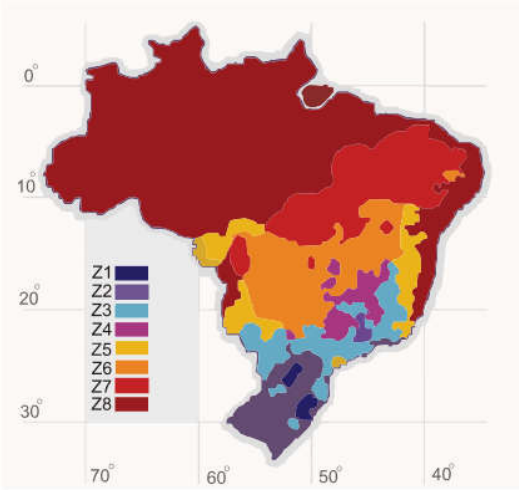
Fonte: Autor

Para análise da eficiência da termografia para comparação entre os 3 protótipos é necessário o conhecimento das características que a envolve. A capacidade térmica determina a quantidade calor que um corpo precisa receber para alterar sua temperatura em uma unidade, sendo assim, a capacidade

térmica é uma grandeza que depende apenas de sua massa, por exemplo, dois corpos com o mesmo material podem sofrer variações de temperatura diferentes ao receberem a mesma fração caso suas massas sejam diferentes, segundo Fluke (2009). Para o autor, a influência que o tipo de material tem sobre a intensidade de fluxo através da parede, é determinada condutividade térmica (k). Quando maior o valor de k, melhor condutor será o material e maior será a temperatura da face interna devida o fluxo de calor ser elevado. A transmitância térmica é medida em W/m2.K, que está relacionada a passagem de energia, condutividade térmica, espessura do componente e dos materiais constituintes, representando a capacidade de conduzir maior ou menor quantidade de energia por unidade de área e de diferença de temperatura.

Para a norma NBR 15424 (ABNT, 2006), o Brasil possui vários climas, na qual divide o Brasil em zoneamentos que são classificados conforme as características locais, o zoneamento do território brasileiro é subdividido em oito (8) Zonas Bioclimáticas. Se classificam de acordo com as médias mensais das temperaturas máximas, mínimas e as médias mensais da umidade relativa do ar. Essa classificação bioclimática é importante, pois cede referencias construtivas para um adequado desempenho térmico das construções. O Rio Grande do Sul em sua extensão possui três (3) diferentes Zonas Bioclimáticas como apresentada na figura 3. A cidade de Santa Cruz dos Sul, encontra-se na Zona Bioclimática 2, a especificação segundo a norma NBR 15220-2 (ABNT, 2008). Para devida Zona bioclimática os dados são citados na tabela 1, onde (Ulim (W(m².k))) representa a transmitância térmica e (Ctlim (KJ/(m².K))) Capacidade térmica.

Figura 3 – Zonas bioclimáticas brasileiras



Fonte: NBR 15424 (ABNT, 2006).

Tabela 1 – Propriedades térmicas para diferentes regiões

Zona Bioclimática	Ulim (W(m².k))	Ctlim (KJ/(m².K))
1 e 2	≤ 3,0	≥ 130
3, 5 e 8	≤ 3,6	≥ 130
4, 6 e 7	≤ 2,2	≥ 130

Fonte: NBR 15220-2 (ABNT, 2008).

3. METODOLOGIA

O presente trabalho restringe-se na identificação de manifestações patológicas na interface argamassa e bloco em fachadas, em protótipos com blocos de vedação e bloco estrutural de concreto e cerâmico, utilizando a técnica baseada na termografia. A ferramenta aplicada foi através de uma câmera termográfica na qual possibilitou analisar a irradiação do calor pela superfície da fachada como um método não destrutivo. Para a construção dos protótipos foram utilizados blocos com as especificações apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 – Características dos materiais utilizados na pesquisa

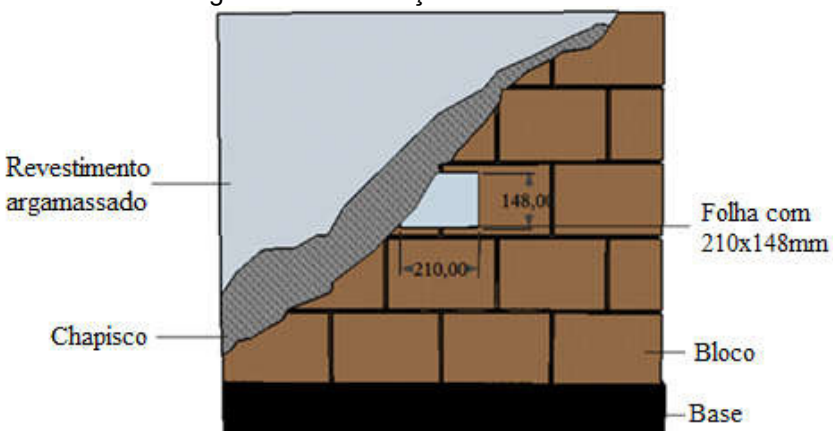
Bloco	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)	Observação
Estrutural de Concreto	14	19	39	Graute nas extremidades
Estrutural Cerâmico	14	19	29	
Vedação	9	14	19	Pilar e viga de amarração

Fonte: Autor.

O local para a construção dos protótipos se obteve buscando obter o máximo da captação solar, com o mínimo de influencias relacionado à sombra de vegetação ou edificações. O alinhamento com a orientação solar foi realizado, utilizando uma bússola como referência e então construída os protótipos com as dimensões externas de 1,20 x 1,20m com 1,0 metros de altura em uma base regular, todos foram cobertos com telhado de fibrocimento. A argamassa utilizada no assentamento dos blocos foi industrializada com resistência de 4 MPa, respeitando a quantidade de água determinada pelo fabricante. Os protótipos foram construídos utilizando o método tradicional de assentamento conforme especificado em norma, para as juntas verticais e horizontais adotou-se uma espessura de 10 mm. Todos os protótipos foram impermeabilizados entre a base e a alvenaria para impedir que a umidade ascendente do solo e da base e pudessem influenciar nos resultados termográficos. Para a construção dos pilares e viga cinta do protótipo com bloco de vedação, utilizou-se um traço de concreto 1:2:4 (cimento, areia e brita).

Em pontos pré-determinados dos três modelos da alvenaria e em todas as fachadas de cada modelo, houve um ponto com som cavo, ou seja, um ponto na qual o chapisco e a argamassa não foram aderidos a superfície do bloco, possibilitando assim uma análise de como se comporta o som cavo frente a cada modelo de alvenaria, junto a diferentes fachadas de orientação solar. Para criar uma área de som cavo na alvenaria, foi utilizada uma folha de ofício de gramatura 75g/m² dobrado ao meio e dimensões laterais de 210mm x148mm. A folha ficou localizada no centro de cada fachada, em todos os protótipos entre a base e o chapisco, forçando assim um local onde a argamassa não obteve aderência à base, conforme a figura 3. Para o chapisco utilizou-se o traço 1:3 (Cimento (CP IV-32) e areia grossa) e para a base, argamassa industrializada de 4 MPa com aplicação de 2cm de espessura. Passado o tempo de cura da base, 28 dias, os protótipos foram pintados com duas camadas de selante e duas de tinta branca fosca

Figura 4 – Localização do som cavo



Fonte: Autor.

Para fazer a leitura termográfica, foram distribuídos quatro piquetes por protótipo, nas respectivas orientações solares, (Leste, Oeste, Norte e Sul) a 3,35 m de distância, determinado assim por ser uma distância onde a imagem de toda face do exemplar ficava enquadrada na máquina e a uma altura de 0,50 m da base. Os piquetes ficaram fixos no solo durante todo o processo de estudo, possibilitando assim, que todas as leituras termográficas fossem realizadas num mesmo ponto com a mesma distância e inclinação da máquina para então haver um parâmetro de medição.

A primeira etapa da medição foi determinar a emissividade do material, que representa a capacidade de emissão de energia por radiação da superfície de um corpo. Todos os corpos com temperatura superior a zero Kelvin possui capacidade emitir energia eletromagnética. Essa taxa de emissão é calculada através da razão entre a energia irradiada por um determinado material e a energia irradiada por um corpo negro para um mesmo comprimento de onda (ε=1), para, Cortizo (2007). Qualquer objeto que não seja um verdadeiro corpo negro tem emissividade menor que 1 e superior a zero. Para encontrar a emissividade refletida das paredes, foi utilizado uma fita isolante preta colada em uma das fachadas do protótipo, foi verificado a temperatura da parede e aquecida a fita com um secador de cabelo até atingir a mesma temperatura da alvenaria, então foi registrada com o equipamento, obtendo uma emissividade de ε=0,93, a emissividade foi verificada em todos os protótipos, obtendo o mesmo resultado

O presente trabalho contou com outros dois ensaios não destrutivos, sendo eles: Inspeção visual e de percussão. A inspeção visual é um importante recurso na verificação de alterações dimensionais, padrão de acabamento superficial e na observação de descontinuidades superficiais visuais em materiais e produtos em geral, tais como trincas, corrosão, deformação, alinhamento, cavidades e porosidade. O ensaio de Percussão consistiu em aplicar impactos leves com martelo de cabeça de plástico, verificando se ocorrem os sons cavos nos locais determinados pelo autor.

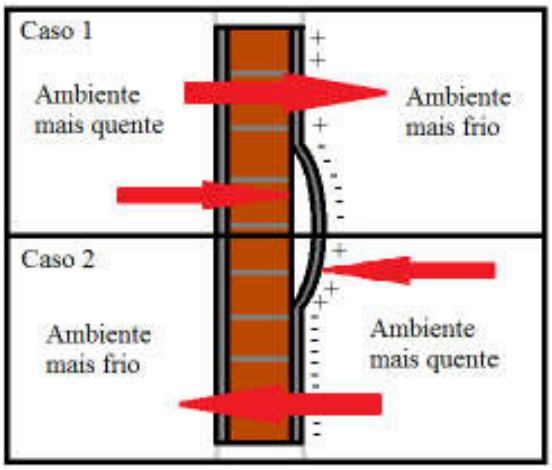
Como a influência do vento sobre a inspeção termográfica em ambientes abertos é geralmente difícil de evitar, o estudo fez acompanhamento dos fatores climáticos como vento, temperatura e umidade. Influenciando significativamente a transferência de calor por convecção entre o alvo de estudo e o ar, os dados da variação da velocidade do vento foram coletados através de uma estação total pertencente à Universidade de Santa Cruz do Sul e após analisados junto as imagens termográficas, já a umidade e a temperatura foram registradas através de um termómetro analógico e digital no ato da leitura.

As realizações dos ensaios aconteceram nos meses de fevereiro a março, observando executar em dias onde as paredes se encontravam secas. As imagens foram coletadas observando respeitar um determinado horário para que houvesse um padrão de comparação. As imagens foram coletadas nos horários das 08:00, 12:00, 16:00 e 19:00 horas em todas as fachadas Norte, Sul, Leste e Oeste, de todos os três protótipos. As imagens foram registradas sempre coletando a temperatura refletida, que representa um parâmetro para compensar a radiação emitida pelo objeto e a radiação emitida pela atmosfera. Obteve-se a temperatura refletiva colando um pedaço de papel de alumínio polido de elevada reflexão e baixa emissividade (0,05) na face da alvenaria em local que recebera sol, a partir disso a câmera termográfica mediu uma longa onda de radiação infravermelha recebida dentro do seu campo de visão e calculou a temperatura do objeto medido, levando em consideração os fatores de emissividade, superfície do objeto e a compensação da temperatura refletida que é primordial para o cálculo correto da temperatura. As imagens foram gravadas em infravermelho, observando para que ficasse no foco.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Realizando os ensaios termográficos, observou-se valores de temperatura superficial nas regiões onde o revestimento encontrava-se descolado com variação superior e ou inferiores ao revestimento adjacente não descolado. Este comportamento pode ser explicado pelo mecanismo de transporte de calor, conjunto que caracteriza termicamente o bloco. Quando o ambiente externo se encontra em uma temperatura superior a temperatura do bloco, há uma transferência de calor do sentido externo para o interior do bloco ou ambiente. Com essa troca de calor ocorre uma ponte térmica, troca de calor entre materiais ou ambientes como demostrado na figura 5, podendo ser mais rápida ou mais lenta, dependendo do material e de sua transmitância térmica. No momento que ocorre essa transferência de calor e há uma bolsa de ar entre o revestimento e o bloco, essa bolsa de ar faz uma ponte térmica com o meio, mas pelo fato do ar apresentar uma condutividade térmica diferente, esse ar pode aquecer ou resfriar de maneira mais rápida que o revestimento que a envolve, sendo assim, por vezes é possível identificar essa manifestação através da termografia.

Figura 5 – Identificação do descolamento do revestimento com influência do transporte de calor



Fonte: Autor.

As propriedades dos materiais (Tabela 3) foram retiradas dos catálogos da Pauluzzi produtos cerâmicos Ltda. e Manual de desempenho (2° edição), para atendimento a norma NBR 15220-2 (ABNT, 2008).

Tabela 3 – Propriedade dos materiais determinados em laboratório e dadas pela NBR15220-2 (ABNT, 2008)

	Condutividade (W/(m.k)		Densidade (kg/m³)	
	Catálogo	Norma	Catálogo	Norma
Concreto	1,5	1,75	2200	2200 - 2400
Ceramica	1	0,7 - 0,9	1800	1300 - 2400
Argamassa		1,05		2000

Fonte: NBR 15220-2 (ABNT, 2008).

Conforme os resultados obtidos com blocos de concreto e cerâmico, verifica-se que os blocos cerâmicos apresentam uma condutividade maior que o desejado pela norma e que os blocos de concreto apresentam uma condutividade abaixo da especificada por norma, mas mesmo assim apresentam melhor condutividade térmica e maior densidade. As propriedades térmicas dos materiais foram obtidas através de um *software online*, Mauro (2011), para obter os dados referentes a Transmitância térmica, Resistência Térmica e Capacidade Térmica de cada bloco, bastou digitar as dimensões do bloco ou tijolo, escolher o tipo de material e a forma que o elemento foi assentando, os resultados obtidos constam na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados obtido pelo Software online de cálculo das propriedades térmicas dos blocos

Especificação do material	Espessura da parade (cm)	Transmitância Térmica U(W(m².k))	Resistencia Térmica R((m².k)/W)	Cap. Térmica (KJ/(m².K))
B. de concreto 14x19x39 cm	16	2,7	0,3116	194
B. cerâmico 14x19x29 cm	16	2,2	0,445	135
Tijolo 6 Furos 9x14x19 cm	11	2,5	0,3559	126

Fonte: Moreira (2003).

Observa-se através da Tabela 4, que densidade, transmitância térmica e espessura do bloco estão relacionadas com a capacidade térmica que o protótipo possui, sendo que quanto maior a área a área de paredes internas de um bloco, maior é o tempo que ela consegue se manter isolada do calor. Os blocos possuem propriedades térmicas distintas, isto se explica pelo fato de serem fabricados com materiais diferentes, se comportando em relação a capacidade térmica de maneiras distintas. Blocos de Concreto apresentam maior capacidade térmica comparada aos blocos cerâmicos, explicando porque os blocos de

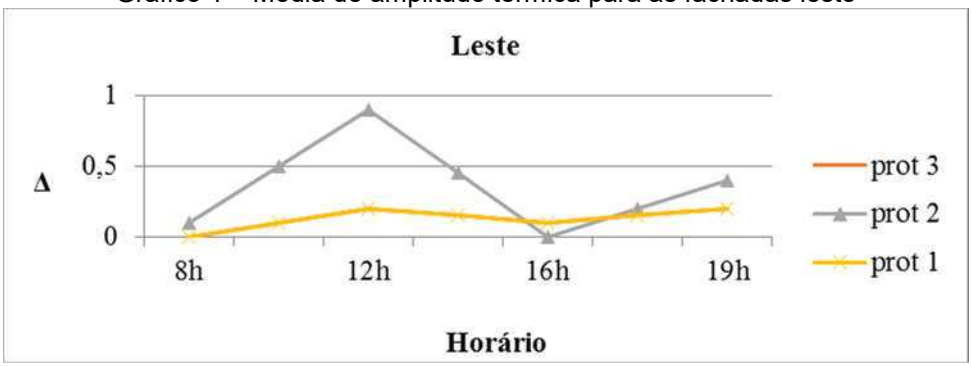
concreto absorvem mais caloria durante um período menor de tempo. Comparando os resultados obtidos pelo *software* para as alvenarias, com os critérios estabelecidos pela NBR15220-2 (ABNT, 2008) para a zona bioclimática 2, conforme a Tabela 5, os resultados para transmitância térmica e capacidade térmica, atendem a norma para os blocos de concreto e cerâmico, não atende s capacidade térmica para os tijolos 6 furos, pelo fato de receberem revestimento argamassado em apenas uma das faces, considerando essa região.

Tabela 5 – Propriedades térmicas para diferentes regiões

Zona Bioclimática	U lim (W(m².k))	φlim (hs)	Ct lim (KJ/(m².K))
1 e 2	≤ 3,0	≤ 4,3	≥ 130
3, 5 e 8	≤ 3,6	≤ 4,3	≥ 130
4, 6 e 7	≤ 2,2	≤ 6,5	≥ 130

Fonte: NBR 15220-2 (ABNT, 2008).

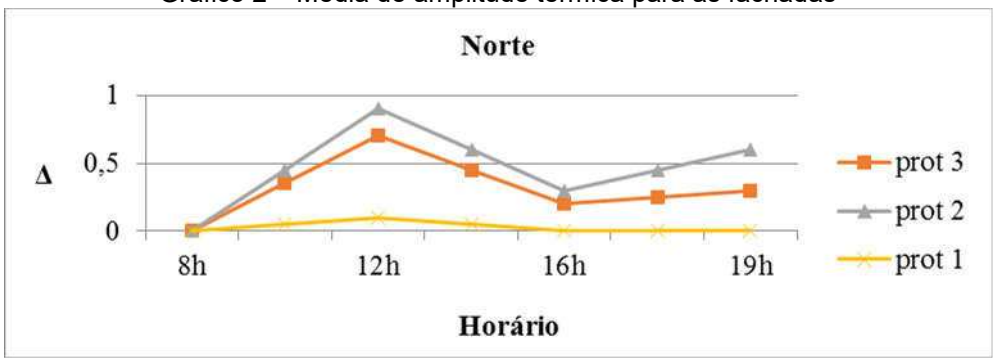
Gráfico 1 – Média de amplitude térmica para as fachadas leste



Fonte: Autor.

Analisando individualmente as fachadas dos três protótipos, considerando protótipo 1 para a construção com blocos estrutural cerâmico, 2 para blocos estrutural concreto e 3 para blocos de vedação (concreto armado), as fachadas leste obtiveram um comportamento similar em todos os protótipos e horários. Conforme registrados nos gráficos 1, 2, 3 e 4, houve um aumento da variação da amplitude térmica entre as (08-12 horas) e (16-19 horas), e uma redução na diferença da temperatura no local com som cavo para o local sem som cavo entre as (12-16 horas). O protótipo dois obteve maior amplitude de temperatura entre as (08-12 horas) devido a sua transmitância térmica ser maior, dado relacionado com as características do bloco de condutividade e dimensão, às 16 horas a amplitude térmica entre os pontos de análise não foi mais observada, porém entre as 16 e 19 horas apresentou novamente uma significativa variação, dado que pode estar relacionado refletância da fachada oeste do protótipo 1 que aqueceu a face leste do protótipo 2. Nos protótipos com material cerâmico essa variação foi equivalente em todos horários de avaliações.

Gráfico 2 – Média de amplitude térmica para as fachadas

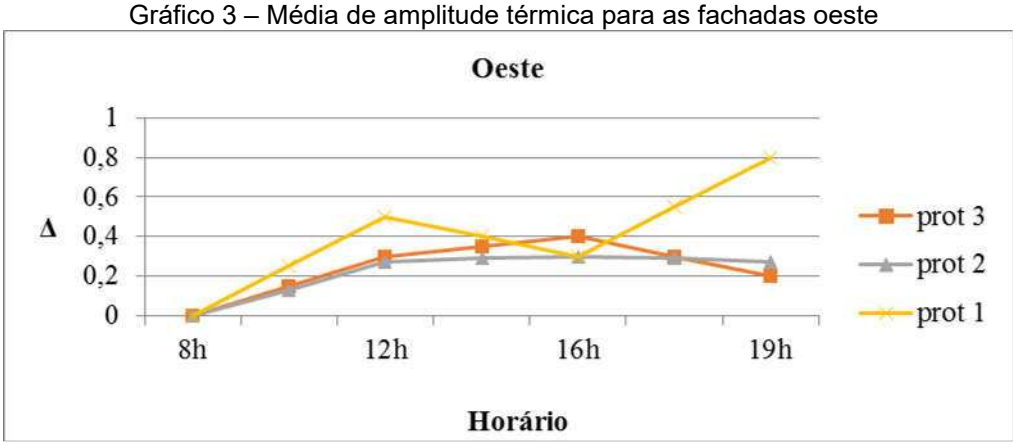


Fonte: Autor.

As fachadas norte, conforme apresentado no gráfico 2 obtiveram um comportamento semelhante em todos os horários, exceto o protótipo 1 que não variou a amplitude térmica entre as 16 e 19 horas. Os protótipos 2

e 3 obtiveram maior variação de amplitude térmica, comportamento relacionado a transmitância térmica e resistência térmica, que é inversamente proporcional a condução de calor, ou seja, quanto menor a resistência térmica maior a condução calor. Através do acompanhamento dos gráficos 4 e 5, observa-se uma análise crescente conforme o aquecimento solar, demostrando que de acordo com as características individuais dos blocos como apresentado nas tabelas 4 e 5, o bloco de concreto necessita menos temperatura para responder a variação da amplitude térmica frente a termografia, enquanto que o protótipo 3 necessita de uma maior temperatura para que ocorra uma considerável diferença.

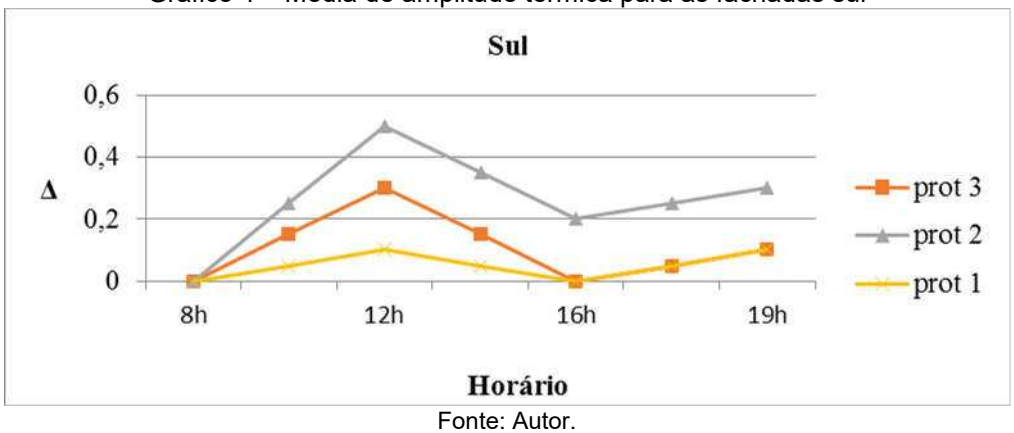
Gráfico 3 – Média de amplitude térmica para as fachadas oeste



Fonte: Autor.

A orientação solar oeste teve um comportamento similar nos protótipos 2 e 3, e um comportamento diferenciado no protótipo 1 conforme apresentado no gráfico 3. Os exemplares 2 e 3 aumentaram a variação da amplitude térmica entre as 8 e 16 horas, dado que pode estar relacionado a troca de calor. No período da tarde entre 12 e 16 horas, as fachadas oeste continuaram aquecendo, esse aquecimento proporcionou a progressão na diferença da amplitude térmica, acentuando a diferença de gradação entre os pontos, porém em uma menor proporção se comparado com os horários das 08 a 12 horas, porque a face já havia aquecido no período da manhã. A fachada oeste do protótipo 1 causou uma incerteza em relação ao dados obtidos, sendo necessário uma pesquisa mais aprofundada sobre o comportamento térmico dos blocos cerâmicos estruturais de 7 MPa, apenas constatou-se que são maus condutores e contém uma transmitância térmica baixa que limita a transferência de calor pelo bloco, porém não foi possível afirmar com a pesquisa realizada o que causou tamanha discrepância na fachada oeste do protótipo 1 se comparando com as outras fachadas e protótipos.

Gráfico 4 – Média de amplitude térmica para as fachadas sul



Fonte: Autor.

Conforme demostrado no gráfico 4, a fachada Sul se comportou de semelhante em todos os protótipos, aumentando a variação da amplitude térmica entre as (8-12 horas) e (16-19 horas). Os protótipos 2 e 3 possivelmente tiveram influência da refletividade, uma justificativa do porque a variação foi consideravelmente maior. Observando os dados do gráfico observou-se que quanto maior a transmitância térmica, mais significativa é a variação da amplitude entre os pontos determinados.

5. CONCLUSÃO

Através do trabalho desenvolvido foi possível concluir que conhecer as características térmicas da edificação em estudo, para a averiguação da existência do som cavo entre a base e o revestimento argamassado é primordial. Essas características definem qual melhor horário para realizar a análise e com que intensidade a patologia se apresentará para diferentes métodos construtivos.

O protótipo com bloco estrutural cerâmico necessita de mais pesquisa, não foi possível criar uma relação de comportamento térmico entre as fachadas. Apenas qualitativamente observou-se que há comportamentos diferentes para cada orientação solar. Não é plausível afirmar que tal comportamento observado nos termogramas se refira as causas pesquisadas, pois outras possibilidades podem gerar a mesma interpretação.

Em relação aos protótipos com bloco estrutural de concreto e bloco de vedação, apresentaram os melhores desempenhos para a identificação do som cavo nas fachadas, e demostraram que a percepção do descolamento da argamassa através da termografia está relacionada às características térmicas do produto em análise e tais características podem evidenciar a presença da patologia frente aos raios infravermelhos.

No que diz respeito ao melhor horário para realizar a análise, foi possível verificar que para diferentes métodos construtivos é necessário um grande estímulo de temperatura, que pode ser observada no período da manha ou no entardecer, quando ocorrem significativas trocas térmicas. Torna-se imprescindível considerar a emissividade do material, a temperatura refletida, a velocidade do vento e os materiais utilizados na construção, tanto na superfície quanto no substrato.

No emprego da técnica da termografia para a identificação do som cavo, representa um equipamento em potencial para a análise do desplacamento através da variação térmica, podendo contribuir nas tomadas das decisões, porém exige que o instrutor tenha familiaridade com o comportamento térmicos da fachada e materiais em análise e conhecimento das grandezas externas que influenciam na interpretação.

6. REFERÊNCIAS

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

_____. **NBR 15424:** Ensaios não destrutivos. - Termografia – Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

BAUER, Roberto José Falcão. **Falhas em revestimentos, causas e prevenção**. São Paulo: Centro Tecnológico Falcão Bauer, 1996.

CORTIZO, E. **Avaliação da técnica de termografia infravermelha para identificação de estruturas ocultas e diagnóstico de anomalias em edificações:** ênfase em edificações do património histórico. 2007. 194 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

FIGUEIRA, D. S. **Análise experimental e numérica do comportamento térmico de um coletor solar acumulador.** 2006. 196 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

FLUKE. **Introdução aos princípios da termografia**. Curitiba: ATP, 2009.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

KAPPAUN, K. **Avaliação do desempenho térmico em edificações de blocos estruturais cerâmicos e de blocos estruturais de concreto para a zona bioclimática 2 brasileira.** 2012. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

MARIO, M. **Uso da termografia como ferramenta não destrutiva para avaliação de manifestações patológicas ocultas.** 2011. 60 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

MOREIRA, D. C. **Software:** propriedade térmica dos materiais**.** Universidade Estadual de Campinas. 2003. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~damore/conforto27.swf>. Acesso em: 05 dez. 2017.

SILVA, D. D. S. **Diagnóstico de patologias em fachadas utilizando termografia.** 2012. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Porto, 2012.