



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ROBERTO LOPES BURITY FILHO

**APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA NA IDENTIFICAÇÃO DE INFILTRAÇÕES E
TUBULAÇÕES PARA CONDUÇÃO DE ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE
EMBUTIDAS EM ALVENARIA**

João Pessoa - PB

2019

ROBERTO LOPES BURITY FILHO

**APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA NA IDENTIFICAÇÃO DE INFILTRAÇÕES E
TUBULAÇÕES PARA CONDUÇÃO DE ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE EMBUTIDAS
EM ALVENARIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal da Paraíba como pré-
requisito para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde
Junior

João Pessoa - PB

2019

F481a Lopes Burity Filho, Roberto.

APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA NA
IDENTIFICAÇÃO DE INFILTRAÇÕES E
TUBULAÇÕES PARA CONDUÇÃO DE ÁGUA FRIA E
ÁGUA QUENTE EMBUTIDAS EM ALVENARIA /
Roberto Lopes Burity Filho. - João Pessoa, 2019.

38 f.

Orientação: Gilson Barbosa Athayde Junior.
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Termografia 2.infiltrações 3.câmeras termográficas
4.Instalações hidráulicas I. Athayde Junior, Gilson Barbosa. II.
Dr.

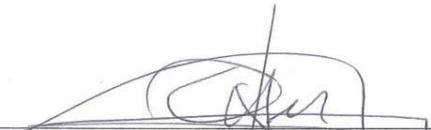
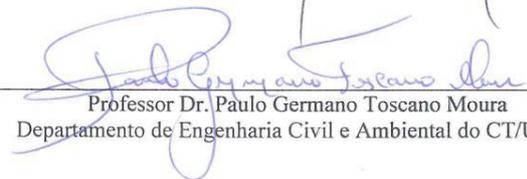
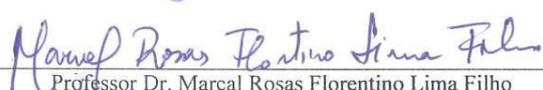
UFPB/BC

FOLHA DE APROVAÇÃO

ROBERTO LOPES BURITY FILHO

**APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA NA IDENTIFICAÇÃO DE INFILTRAÇÕES E
TUBULAÇÕES PARA CONDUÇÃO DE ÁGUA FRIA E DE ÁGUA QUENTE
EMBUTIDAS EM ALVENARIA**

Trabalho de Conclusão de Curso em 09/05/2019 perante a seguinte Comissão Julgadora:

 _____ Professor Dr. Gilson Barbosa Athayde Junior Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB	<u>APROVADO</u>
 _____ Professor Dr. Paulo Germano Toscano Moura Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB	<u>APROVADO</u>
 _____ Professor Dr. Marçal Rosas Florentino Lima Filho UFPB	<u>APROVADO</u>



Prof.^a Andrea Brasiliano Silva
Matrícula Siape: 1549557
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

Dedico este trabalho e a conclusão desse curso primeiramente a minha mãe, que é tudo pra mim, e em seguida a minha companheira e a todos os outros parentes, amigos e professores que me deram incentivo e apoio constantes para que eu chegasse aqui.

RESUMO

As imagens termográficas vêm conquistando seu espaço em aplicações nas diferentes áreas da Engenharia Civil, dentre essas áreas podem ser citados: detecção de infiltrações de água, localização de fendas estruturais, detecção de vazios e defeitos em materiais construtivos, detecção de corrosão de estruturas, estudos de conservação de energia e monitoramento de sistemas hidráulicos e elétricos. O presente trabalho tem, portanto, o objetivo de avaliar o uso dessas imagens na identificação de infiltrações e monitoramento de tubulações em instalações domiciliares e prediais.

Tendo em vista este objetivo, foram realizadas quatro visitas, sendo duas para análise de infiltrações, uma para tentativa de identificação de tubulações de água fria e outra para tentativa de identificação de tubulações de água quente.

Dos resultados observados, apresentaram-se oito imagens que representa de forma simplificada a utilização de tal ferramenta para esses usos. Com esse estudo, conclui-se a utilização de câmeras termográficas pode ser utilizada para detecção de infiltrações e localização de tubulação de água quente embutida em paredes.

PALAVRAS CHAVE: Termografia, infiltrações, câmeras termográficas, instalações hidráulicas.

ABSTRACT

The thermographic images have been conquering space in applications in different areas of Civil Engineering, among these areas can be cited: detection of water infiltrations, location of structural cracks, detection of voids and defects in construction materials, detection of structures corrosion, studies energy conservation and monitoring of hydraulic and electrical systems. The present work therefore has the objective of evaluating the use of these images in the identification of infiltrations and monitoring of pipes in residential and building installations.

With this objective in mind, four visits were made, two for infiltration analysis, one for identification of cold water pipes and the other for identification of hot water pipes.

From the observed results, eight images were showed, representing in a simplified way, the use of such tool for these uses. With this study, it is concluded that the use of thermographic cameras can be used to detect infiltrations and location of hot water piping embedded in walls.

KEYWORDS: Thermography, infiltrations, thermographic cameras, hydraulic installations.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Espectro eletromagnético.....	13
Figura 2 - Espectro de ondas eletromagnéticas na faixa do ultravioleta até infravermelho	14
Figura 3 - Câmera termográfica	16
Figura 4 - Detecção de câncer de mama com auxílio de imagem de infravermelho.....	19
Figura 5 - Exame de inflamações em equinos	19
Figura 6 - Comparação entre imagens de radiações visível e infravermelha da nebulosa de Orion.....	20
Figura 7 - Comparação entre imagens visuais e térmicas	21
Figura 8 - Uso de imagem térmica para detecção de foco de incêndio	21
Figura 9 - Sobreaquecimento de circuito e componente eletrônico	22
Figura 10 – Identificação de ponte térmica	24
Figura 11 - Uso da termografia em edificações.....	25
Figura 12 - Detecção de Infiltrações com câmera termográfica.....	26
Figura 13 - Medição realizada em experimento com tubulação embutida em alvenaria	28
Figura 14 - Câmera SAT-G95	29
Figura 15 - Infiltração visível e imagem termográfica	30
Figura 16 – Identificação de infiltração pouco perceptível visualmente.....	31
Figura 17 - Identificação de infiltração não perceptível visualmente	31
Figura 18 - Identificação de infiltração pouco perceptível visualmente localizado no bloco CTJ /UFPB	32
Figura 19 - Identificação de infiltração em sala localizada no bloco CTJ / UFPB	32
Figura 20 – Imagem termográfica de tubulação frente a cerâmica apresentando reflexão	33
Figura 21 - Tentativa de detecção de tubulação de água fria embutida em alvenaria.....	33
Figura 22 - Identificação de tubulação de água quente embutida em alvenaria.....	34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. GENERALIDADES.....	10
1.2. OBJETIVOS.....	13
1.2.1. Objetivo Geral.....	13
1.2.2. Objetivos Específicos	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1. ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO E RADIAÇÃO INFRAVERMELHA.....	13
2.2. TERMOGRAFIA	14
2.3. CÂMERAS TERMOGRÁFICAS	15
2.4. EMISSIVIDADE ESPECTRAL.....	17
2.5. FATORES QUE INFLUENCIAM NA MEDIÇÃO DA RADIAÇÃO INFRAVERMELHA	18
2.6. APLICAÇÕES DA TERMOGRAFIA.....	18
2.6.1. A Termografia Aplicada nas Diversas Ciências	18
2.6.2. Termografia aplicada às edificações	23
2.6.2.1. Termografia para detecção de vazamentos e infiltrações	25
2.6.2.2. Termografia para Identificação de Tubulações.....	27
3. METODOLOGIA	28
3.1. CÂMERA TERMOGRÁFICA UTILIZADA.....	28
3.2. COLETA DE DADOS DE CAMPO	29
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS	30
4.1. VISITA 1.....	30
4.2. VISITA 2.....	31
4.3. VISITA 3.....	32
4.4. VISITA 4.....	33

5. CONCLUSÕES34
REFERÊNCIAS36

1. INTRODUÇÃO

1.1. GENERALIDADES

Segundo JONOV; NASCIMENTO; PAULA e SILVA (2013), dentre as manifestações patológicas encontradas em uma edificação, as que envolvem umidade são as mais frequentes e difíceis de solucionar. A presença indesejada da água pode causar problemas que vão desde o desgaste de materiais e componentes da construção até a saúde e integridade dos usuários, o que pode ser bastante custoso em termos financeiros para a recomposição do dano.

A ação da água tem um efeito significativo e negativo com respeito à durabilidade das edificações, pois pode causar danos ou desencadear grande parte das manifestações patológicas tradicionais existentes. Defeitos relacionados à infiltração de água nas edificações podem causar problemas como transtornos na relação entre construtor e usuário final e elevação dos custos para as correções das falhas (BERNHOEFT; MELHADO, 2009). Tanto a presença de umidade quanto as mudanças em seu estado físico podem causar condições insalubres para os usuários, resultantes do crescimento biológico e da degradação de materiais e componentes de construção. Para um correto diagnóstico é importante definir o tipo de umidade, que pode ser: de construção, ascensional, de precipitação, de condensação, devido a fenômenos de higroscopicidade e devido a causas fortuitas (BARREIRA; 2004).

Moreira (2018) constatou que em edifícios com um a três anos de idade, 52% dos problemas típicos deviam-se à umidade, e naqueles com quatro a sete anos, os problemas de umidade representavam aproximadamente 86%. Em 2004, outro levantamento também realizado pelo IPT constatou que 58% dos problemas patológicos de edifícios com um a quatro anos de idade são relativos à umidade. E Entre 2011 a 2017 em perícias realizadas por esse autor, 60% das causas de corrosão de armaduras e 65% das causas de degradação de revestimentos argamassados foram causadas por infiltrações de água.

Para a detecção de infiltrações em edificações normalmente são utilizadas técnicas destrutivas, como a quebra de material, as quais promovem uma série de prejuízos como ruídos, produção de resíduos e poeira, afetando a estética da estrutura e a transitabilidade dos usuários. Nesse cenário, surge a necessidade do uso de ensaios não destrutivos para minimizar riscos e interferências na vida dos usuários (BERNARDO, 2012).

Segundo CAMPOS (2012) no mundo do engenheiro deve haver uma comunicação silenciosa com a edificação. O recado da estrutura vem através de uma fissura, um deslocamento, um desaprumo ou uma perda de nível. São manifestações silenciosas. O grito por socorro de uma fissura de pilar pode ser extremamente incomodo para quem a identifica, mas pode passar despercebido para o inexperiente. Esse grito não chega a seu conhecimento, quando muito, avalia ser “um probleminha” e, em muitas ocasiões, providencia para que se esconda o sinal com uma massa ou pintura. Manda a estrutura calar.” Portanto, também ao sinal de manchas, gotejamentos e fluxos de água, a estrutura necessita ser investigada.

Nesse contexto, surgem com as tecnologias dos END's (Ensaio não destrutivo) permitindo uma investigação aprofundada sem desperdícios em vão. BAUER (2015) afirma que cada vez mais é necessário empregar técnicas que permitam conhecer, identificar e avaliar os materiais empregados na construção civil. Quando é necessário investigar tanto a questão da durabilidade quanto dos estudos das manifestações patológicas, fazemos uso de técnicas, muitas vezes não destrutivas que nos permitem inferir sobre causas, comportamentos e anomalias, bem como identificar e mapear regiões de danos nas estruturas e nos demais sistemas dos edifícios (alvenarias, revestimentos, impermeabilização, dentre outros).

Em relação às técnicas não destrutivas, existem instrumentos com os mais diversos princípios de funcionamento, como aqueles que utilizam a resistência elétrica, a radioatividade, à ressonância magnética nuclear, entre outros (MARINHO, 2014). Dentre eles, a termografia infravermelha, técnica que mede a radiação emitida pela superfície dos objetos, apresenta vantagens para a inspeção, pois pode conseguir resultados rápidos sem a necessidade de contato físico com o objeto analisado e detectar danos não visíveis a olho nu, apresentando resultados em tempo real. Contudo, só é possível trabalhar com termografia se houver diferenças de temperatura. As imagens térmicas obtidas, termogramas, podem ser analisadas qualitativamente, por meio da visualização da heterogeneidade da temperatura na superfície do objeto estudado, ou quantitativamente, sendo necessário, nesse caso, considerar parâmetros ambientais no termógrafo (BARREIRA, 2004).

O olho humano é sensível a uma pequena faixa de radiações do espectro eletromagnético. Equipamentos sensíveis a outras faixas do espectro têm sido desenvolvidos, junto à evolução de novas técnicas, visando facilitar a realização de determinados trabalhos tanto em áreas científicas quanto tecnológicas. O uso dos raios X no auxílio ao diagnóstico médico ou o uso de radares para controle do tráfego aéreo são exemplos dessas técnicas

usadas rotineiramente. Já o infravermelho são radiações emitidas por todos os corpos e tem relações diretas com suas temperaturas, quanto mais quente estiver o objeto, maior a quantidade de radiação emitida por ele. As imagens captadas pelo olho humano são resultados da radiação emitida diretamente ou refletida pelo Sol ou luzes artificiais, enquanto que o infravermelho pode ser captado mesmo às escuras, fazendo com que seja muito utilizado em funções especiais como câmeras de vigilância noturnas por exemplo.

A busca por métodos não destrutivos na engenharia se tornou um ramo de pesquisa comum. O fato de não causar ou gravar danos à estrutura gera entre outros benefícios a economia de tempo, recursos financeiros além de menos desperdícios e rejeitos. A termografia é uma dessas técnicas, seu uso ainda é relativamente novo e pouco usado, seja pelo relativo alto custo inicial dos equipamentos de análise ou por sua dificuldade de aplicação prática; mas vem se expandindo e servindo para algumas aplicações, sendo hoje reconhecida como uma técnica rápida, económica e extremamente potente de análise de edifícios.

O uso dessa técnica é importantíssimo para o uso na manutenção preditiva e preventiva. Por meio de uma escala de cores, é possível perceber, por comparação, os pontos frios e quentes que não são percebidos na inspeção visual.

As câmaras termográficas de infravermelhos permitem-nos, num exame não destrutivo, detectar e localizar problemas tão diversos como infiltrações em paredes e coberturas, falta de isolamento térmico em fachadas e coberturas, roturas em tanques, depósitos, em canalizações de água e em sistemas de ar condicionado; identificar o encaminhamento de tubulações e a localização e dimensões de elementos estruturais embutidos em paredes; detectar e existência de colônias de insetos no interior de elementos de madeira da construção; analisar o sistema e equipamentos eléctricos, detecção de vazios no interior do concreto; dentre outros.

Nesse contexto, o presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo avaliar a termografia infravermelha como uma técnica aplicada na detecção prática de infiltrações, bem como identificar o encaminhamento de tubulações de água fria e água quente embutidas em alvenaria, contribuindo para o auxílio na tomada de decisão frente às manifestações patológicas encontradas nas construções, propor a utilização dessa como forma útil de

detecção de instalações hidrossanitárias de água fria e água quente, além de apresentar os resultados e dificuldades encontradas baseados em medições realizadas em campo.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a aplicação da termografia na localização de tubulações de água fria e quente embutidas em alvenarias e identificação de infiltrações de água em edificação.

1.2.2. Objetivos Específicos

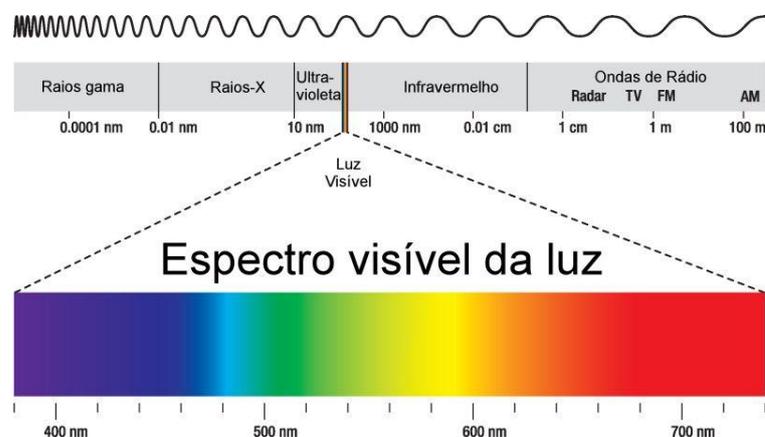
- Determinar a viabilidade do uso de câmeras termográficas para uso na localização de infiltrações.
- Verificar a possibilidade do uso dessa ferramenta na identificação do encaminhamento de tubulações de água fria e água quente embutidas em alvenaria.
- Identificar problemas e dificuldades de tais medições, bem como aferir os casos em que não se deve utilizar tal ferramenta para esses usos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO E RADIAÇÃO INFRAVERMELHA

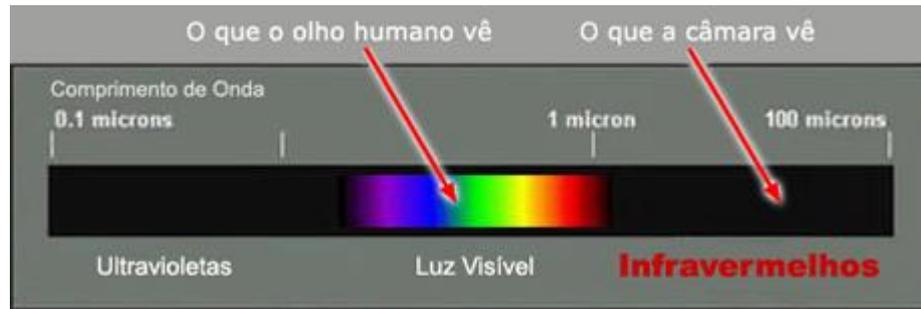
Dentro do espectro eletromagnético, a radiação infravermelha está localizada entre a região de radiação visível e a região de radiação de micro-ondas, como pode ser visto na Figura 1 e Figura 2.

Figura 1 - Espectro eletromagnético



Fonte: PLESU (2012)

Figura 2 - Espectro de ondas eletromagnéticas na faixa do ultravioleta até infravermelho



Fonte: PPH – Peritagem de Patologias da Habitação (2019)

A radiação Infravermelha pode ser dividida, segundo NBR 15572 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (ABNT, 2013) em cinco regiões: Infravermelho muito próximo (0,78 μm - 1,1 μm), Infravermelho próximo (1,1 μm – 3 μm), Infravermelho médio (3 μm – 6 μm), Infravermelho distante (6 μm – 15 μm) e Infravermelho muito distante (15 μm – 1000 μm).

Esta radiação ainda obedece às mesmas leis das demais radiações; propaga-se em linha reta, é absorvida, refletida, refratada, apresenta espalhamento de feixe, pode ser enfocada e viaja, no vácuo, à velocidade da luz. Por ser uma onda eletromagnética, pode-se atribuir para a radiação as propriedades de frequência (f) e de comprimento de onda (λ), cuja relação é mostrada na Equação 1. (Santos, 2012).

$$f = c / \lambda \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

c (m/s) é a velocidade de propagação no meio (no vácuo $c \cong 3 \times 10^8$ m/s);

λ (m) é o comprimento de onda;

f (Hz) é a frequência da onda.

2.2. TERMOGRAFIA

Em 1800, o astrônomo Sir Frederick Wiliam Herschel, depois de muitos experimentos, concluiu que as radiações que se situavam para além da luz vermelha, invisíveis ao olho humano (figura 2), eram responsáveis pelo aquecimento dos objetos, descobrindo então a radiação infravermelha. Cerca de trinta anos depois foi desenvolvido o primeiro detector para esse tipo de radiação, denominado “termopile”. Entre 1870 a 1920, o avanço da tecnologia

permitiu uma melhoria significativa na sensibilidade de detecção e o desenvolvimento dos primeiros detectores quânticos, reduzindo o tempo de resposta e precisão de medida. Entre 1930 e 1960, foram desenvolvidos diversos tipos de detectores para fins militares. Apenas a partir da década de 60, começaram a surgir câmeras comerciais, e na década de 90, uma nova geração de equipamentos que permitiam leitura simultânea da temperatura em diferentes pontos sem sistemas de refrigeração criogênicos. (Barreira, 2004).

Segundo Santos (2012), a termografia é um método não destrutivo e não invasivo, é possível realizar a detecção da radiação emitida pelo objeto em análise e convertê-la em uma imagem bidimensional junto a um mapa térmico que permita a leitura da temperatura. Apesar de parecer um procedimento simples, a aquisição e análise dos termogramas, bem como a obtenção de leituras corretas dependem do conhecimento e ponderamento de várias influências inerentes ou inseridas ao processo. Essas influências podem estar relacionadas com: o **termografista**, o **termovisor**, o **equipamento sob inspeção** e as **condições do meio em que a inspeção está se desenvolvendo**.

Ao termografista, pois caso não esteja devidamente qualificado, pode ter dificuldades de saber o que e onde inspecionar, pode também ter dificuldades em obter termogramas de qualidade ou lhe faltar conhecimentos para realizar uma análise correta do termograma. Portanto para reduzir tal influência Santos (2012) sugere a exigência de que o profissional apresente aptidão física, treinamento, experiência e que o procedimento apresente normatização e certificação.

2.3. CÂMERAS TERMOGRÁFICAS

As câmeras termográficas (Figura 3) são dispositivos optoeletrônicos destinados a perceber imagens na faixa de radiações infravermelhas do espectro eletromagnético e convertê-las para à faixa visível do espectro eletromagnético, permitindo assim que os seres humanos literalmente observem as imagens térmicas geradas pelos corpos em temperaturas próximas à do ambiente. A câmera é dotada com sensor de radiação infravermelha acoplada eletronicamente a um visor que gera imagens na faixa visível do espectro eletromagnético.

Figura 3 - Câmera termográfica

Fonte: PPH – Peritagem de Patologias da Habitação (2019)

O termovisor ou câmera termográfica por sua vez é elemento fundamental para obtenção dos resultados esperados. Suas características como: faixa espectral, faixa de temperatura, temperatura de operação, resolução espacial e de medida, sensibilidade térmica, tipos de detectores, “frame rate”, devem ser condizentes com o componente inspecionado, assim é importante conhecer para escolher a câmera mais adequada para o processo.

O princípio físico em que se baseia o dispositivo é de que todo corpo que esteja a uma temperatura maior do que o zero absoluto emite ondas eletromagnéticas cuja frequência e intensidade dependem fundamentalmente da temperatura deste corpo, estas radiações são essencialmente descritas na Física pela Lei de Planck acerca da radiação de corpo negro.

Essa lei fala sobre radiações eletromagnéticas absorvidas $a(\lambda)$, refletidas $r(\lambda)$ ou transmitidas $t(\lambda)$ e o conceito de emissividade $\epsilon(\lambda)$, que é numericamente igual a radiação absorvida. Um corpo negro é um radiador ideal, mas os corpos negros não existem na vida real. Os simuladores de corpo negro são muito importantes na termografia, eles são usados para a calibragem dos sistemas de medição infravermelha, um simulador de corpo negro chegará muito perto do corpo negro ideal, dentro dos limites de seus propósitos.

Num corpo não-negro apenas uma parcela da radiação que ele incide é absorvida $a(\lambda)$, sendo o restante refletida $r(\lambda)$ e transmitida $t(\lambda)$.Essas três parcelas são dependentes do

comprimento de onda, no entanto para um dado comprimento de onda a soma das três é igual a uma unidade.

$$a(\lambda) + r(\lambda) + t(\lambda) = 1 \quad \text{Equação 2}$$

Para que se verifique o equilíbrio do sistema, a energia absorvida pelo corpo $a(\lambda)$, tem que ser igual a energia emitida $\varepsilon(\lambda)$. Dessa forma, a equação 2 pode ser reescrita como:

$$\varepsilon(\lambda) + r(\lambda) + t(\lambda) = 1 \quad \text{Equação 3}$$

O corpo negro seria um emissor perfeito, enquanto o corpo transparente seria um transmissor total e o espelho perfeito um refletor total como mostrado na tabela 1. (Kersul, 2015)

Tabela 1 - Parâmetros dos materiais

Material	Emissividade Espectral	Reflexão Espectral	Transmissão Espectral
O corpo negro	$\varepsilon(\lambda) = 1$	$\rho(\lambda) = 0$	$\tau(\lambda) = 0$
O corpo transparente	$\varepsilon(\lambda) = 0$	$\rho(\lambda) = 0$	$\tau(\lambda) = 1$
O espelho perfeito	$\varepsilon(\lambda) = 0$	$\rho(\lambda) = 1$	$\tau(\lambda) = 0$
A superfície opaca	$\varepsilon(\lambda) + \rho(\lambda) = 1$		$\tau(\lambda) = 0$
O corpo cinzento	$\varepsilon(\lambda) = \text{constante}$	$\rho(\lambda) = \text{constante}$	

Fonte: BARREIRA (2004)

2.4. EMISSIVIDADE ESPECTRAL

A emissividade $\varepsilon(\lambda)$ é a razão entre a radiância emitida dessa superfície e a radiância emitida por um corpo negro, este fator depende do comprimento de onda, da direção de observação em relação à superfície em estudo e temperatura dessa superfície.

De uma forma geral, a emissividade dos metais como cobre, ferro, alumínio, tende a diminuir com o aumento do comprimento de onda e tende a aumentar nos não metais com água, terra, plástico, etc.

Quanto ao ângulo de visão, a emissividade é praticamente a mesma olhando de 0° a 60° da linha perpendicular a superfície, porém, ela diminui rapidamente se observado de ângulos maiores.

Os metais tem em geral emissividade baixa, que aumenta com a temperatura, os outros materiais em geral tem normalmente emissividade maior do que 0,8. (Barreira, 2004).

2.5. FATORES QUE INFLUENCIAM NA MEDIÇÃO DA RADIAÇÃO INFRAVERMELHA

Alguns fatores podem interferir na medição e análise dos resultados medidos na termografia. Essa análise deve ser feita com cuidado, pois ela é complicada e pode conduzir para conclusões precipitadas caso não se tomem devidas precauções. Existe um grande risco de se confundirem defeitos do objeto com irregularidades na temperatura superficial resultantes de fatores externos, tais como:

- Condições térmicas do objeto antes e durante o ensaio,
- Fontes externas: Presença de sombras, reflexões, superfícies de diferentes acabamentos, etc.
- Condições de medições como: Emissividade adotada, temperatura do ar, distância entre câmera e objeto e definições de equipamento.

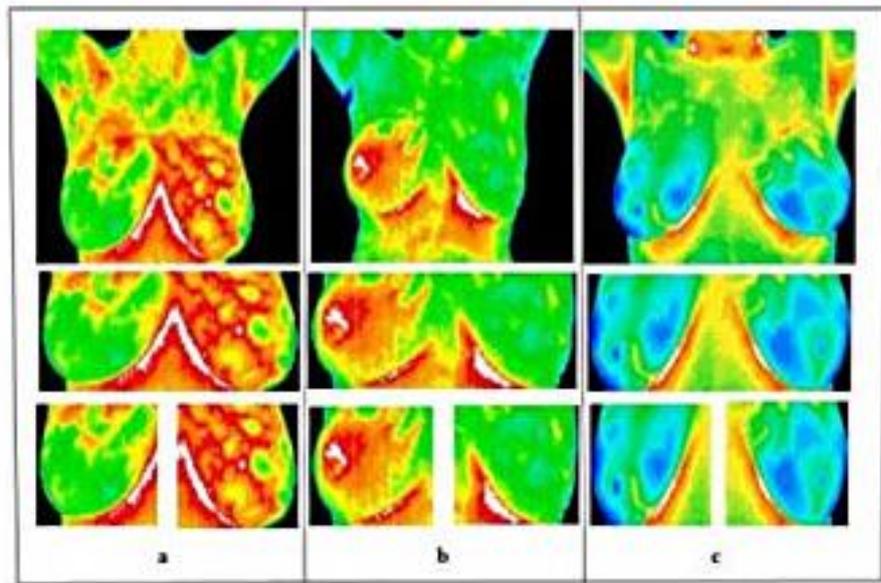
2.6. APLICAÇÕES DA TERMOGRAFIA

2.6.1. A Termografia Aplicada nas Diversas Ciências

A medição do infravermelho trouxe vantagens na possibilidade de fazer medições de temperaturas a longas distâncias, sem haver contato físico, de objetos móveis, de objetos com difíceis acesso ou ainda objetos em ambientes perigosos. Existem atualmente sistemas altamente precisos que possibilitam estudos de regimes transitórios e recolhimento de dados para as mais diversas áreas da ciência. Barreira (2004) apresenta várias utilizações dessa ferramenta nas mais diversas ciências.

Na medicina, a termografia pode ser utilizada para exames não-evasivos aos tecidos e fluido. Ela permite, por exemplo, obtenção de informações sobre o funcionamento normal ou anormal do sistema nervoso sensorial e simpático, disfunções vasculares, traumas musculares, inflamações gerais e recentemente utilizada para detecção de pré-disposição e existência de câncer de mama (Figura 4).

Figura 4 - Detecção de câncer de mama com auxílio de imagem de infravermelho

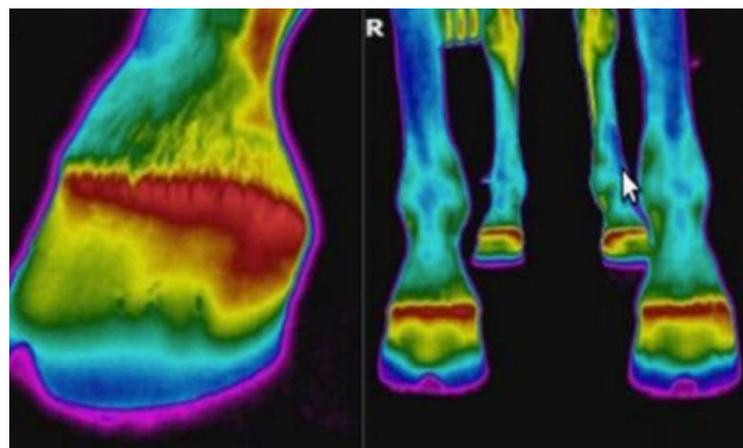


a) Mama com cisto b) Mama com tumor maligno c) Mama sem anormalidade

Fonte: TAVARES (2018)

Na medicina veterinária, essa ferramenta também é utilizada para diagnósticos principalmente de inflamações (visto que elas aumentam a emissão de infravermelho), reduzindo o stress do animal durante o exame (Figura 5).

Figura 5 - Exame de inflamações em equinos

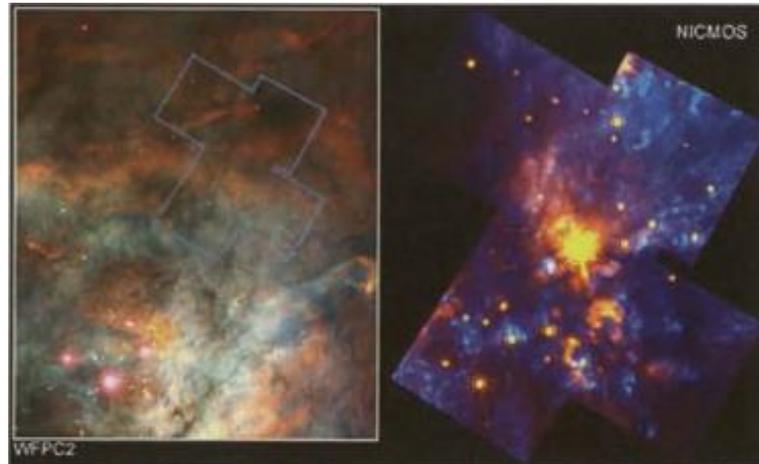


Fonte: Santos (2014)

Na astronomia, por sua vez, foi de essencial importância a detecção de infravermelho para conhecer melhor o universo, visto que ondas infravermelhas tem maior comprimento de onda que a ultravioleta e as radiações visíveis e assim conseguem atravessar zonas de gases e

poeiras sem atenuação. Quando se recorre à radiação visível, as poeiras aparecem de cor escura, mas com a detecção de infravermelho elas se revelam com uma cor brilhante (Figura 6).

Figura 6 - Comparação entre imagens de radiações visível e infravermelha da nebulosa de Orion.

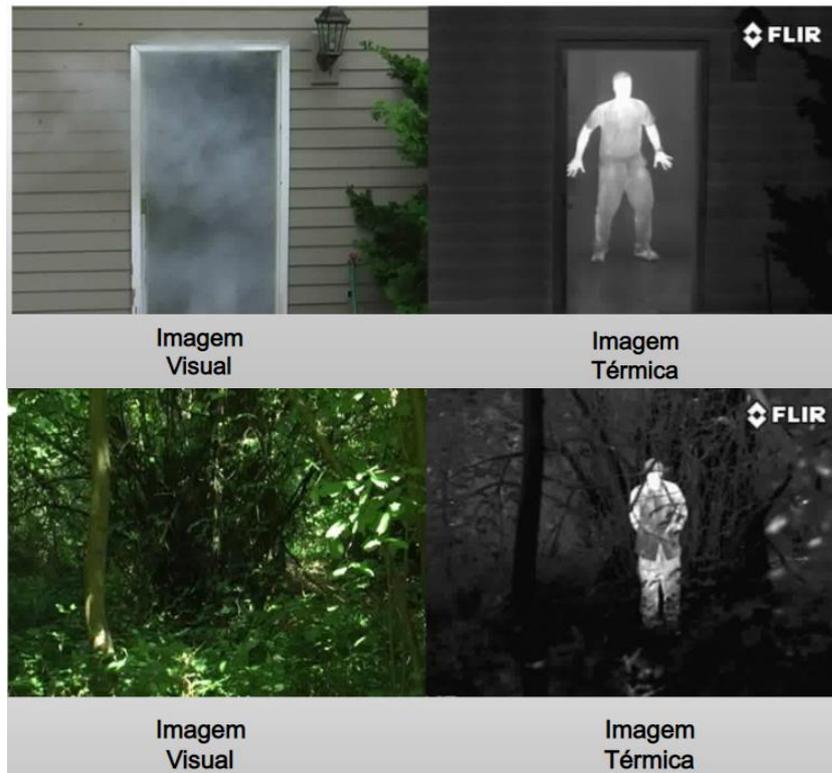


Fonte: Barreira (2004)

A temperatura também é fator fundamental no estudo da previsão do tempo, nesse sentido os detectores de infravermelhos são utilizados em grande parte dos mapeamentos meteorológicos. Eles também são utilizados para detectar formação de ciclones e tornados e facilitam a compreensão das mudanças nas condições climáticas.

Imagens termográficas são também utilizadas para segurança e vigilância. Esse uso tem sido aplicado desde a Segunda Guerra mundial pelos militares. Elas são eficientes na localização de alvos em mira de armamentos, detecção de minas e prevenção de ataques. Ela também pode ser utilizada para medir o calor emitido por navios, aviões, tanques, entre outros veículos, e definir se foram utilizados recentemente utilizados e se estão prontos pra partir. Hoje, também são utilizados em câmeras de vigilância, pois o infravermelho é emitido independentemente da hora do dia, sendo eficaz para detecção de imagens noturnas, (Figura 7).

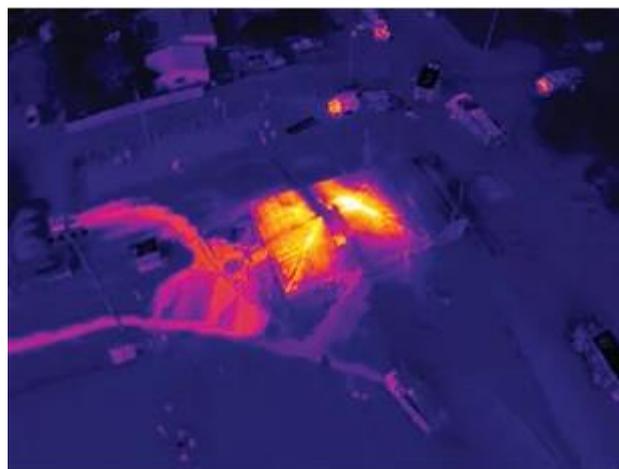
Figura 7 - Comparação entre imagens visuais e térmicas



Fonte: FLIR (2019)

Também se utilizam dessas imagens em operações de salvamento em condições de má visibilidade, principalmente de noite, como em detecção de pessoas soterradas ou localização de vítimas de naufrágio. Também sendo utilizado pelos bombeiros para localização de pontos de maior incidência de incêndios.

Figura 8 - Uso de imagem térmica para detecção de foco de incêndio



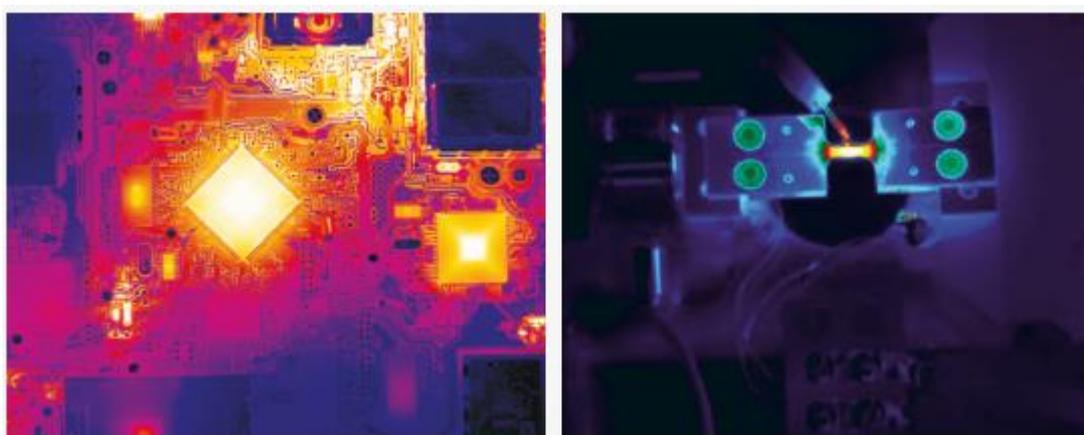
Fonte: FLIR (2019)

Na arqueologia imagens de equipamentos de infravermelho foram utilizadas por satélites para detecção de antigas estradas baseada na diferença de temperaturas próximas ao solo. Foram detectadas mais de 300 mil quilômetros de antigas estradas no México e estradas datadas em 500 A.C. na Costa Rica.

Para o urbanismo, câmeras de infravermelho são utilizadas pela NASA em aviões para estudos de como o calor se propaga nas áreas urbanas das cidades, facilitando assim o conhecimento de urbanistas para determinar a melhor localização de áreas arborizadas dentro da cidade.

Na indústria essa tecnologia é amplamente utilizada para manutenção de sistemas mecânicos, manutenção de sistemas elétricos e controles de processos fabris como detecção de falhas na linha de montagem e controle da qualidade dos produtos, assim como na detecção de falhas em circuitos e outros componentes eletrônicos em máquinas. Além disso, conhecer as verdadeiras propriedades térmicas e de dissipação de calor do dispositivo pode ser fundamental para melhorar os modelos de simulação, aprimorar o design geral e acelerar a fase de prototipagem rápida do ciclo de desenvolvimento.

Figura 9 - Sobreaquecimento de circuito e componente eletrônico



Fonte: FLIR (2019)

No monitoramento ambiental, são várias as aplicações desse tipo de imagem. Elas são utilizadas, por exemplo, para controlar a desflorestação e propagação de incêndios. O sistema firemapper é um exemplo e tem permitido aos brasileiros detectar o derrube ilegal de árvores na floresta amazônica. Elas também são utilizados para o controle de poluição dos rios, pela detecção de ligações ilegais de redes de esgoto, pela localização de lixos enterrados em locais proibidos e fiscalização do desperdício de água.

2.6.2. Termografia aplicada às edificações

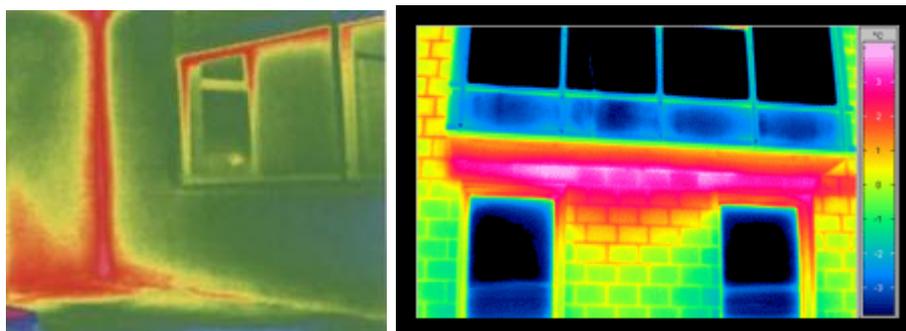
Segundo Kersul (2015), a análise termográfica de um edifício procura detectar a existência de incoerências nos padrões de temperatura dos elementos da construção, quando analisados nas mesmas condições. A ocorrência de diferenças nos padrões de temperatura indicia a existência de problemas. Já é um método utilizado na inspeção de obras civis, tendo cada vez mais aplicações, entre as quais podem ser citadas: detecção de vazamentos de ar em construções, estudo de manifestações patológicas em fachadas, estudo do desempenho térmico de edificações, inspeção de pontes, estudo de manifestações patológicas e fenômenos associados a umidade em edificações, infiltrações em paredes e coberturas, falta de isolamento térmico em fachadas entre outros.

O uso da termográfica nessa área é ainda muito reduzido apesar das diversas aplicabilidades nas diversas áreas da engenharia civil como edifícios, diques, barragens e pontes, sendo nas edificações normalmente utilizados na manutenção e reabilitação, identificando defeitos e analisando desempenho térmico de elementos construtivos e da edificação em si.

Tal tecnologia permite detectar anomalias que se manifestem através de variações na temperatura superficial e a distância sem ocasionar danos. Deverá, no entanto, ser utilizada normalmente junto a outros equipamentos, servindo apenas como guia para correta localização e posicionamento de sondagens.

Barreira (2004) cita diversas utilizações da termografia em edifícios. Tal técnica pode ser utilizada para detectar perdas de calor pelas fachadas, telhados e janelas e verificar a presença de umidade em paredes e tetos, inspecionar tubulações e sistemas de aquecimento e ar-condicionado.

Ela pode também ser utilizada para monitoramento do isolamento térmico, identificando defeitos em elementos construtivos que poderão ser causados pela variação do fluxo de calor e identificando as pontes térmicas, que são as grandes responsáveis pela transferência de calor do interior para o exterior devido a baixa resistência térmica. De forma geral a análise quanto ao isolamento térmico é satisfatório, tendo suas ressalvas e cuidados baseados caso os revestimentos não sejam uniformes e as condições climáticas variarem consideravelmente.

Figura 10 – Identificação de pontes térmicas

Fonte: Barreira (2004) e PPH – Peritagem de Patologias da edificação (2019)

O uso dessa ferramenta também é viável para detectar problemas em coberturas. Em coberturas constituídas pelo teto impermeabilizado e telhado, devem ser feitos ensaios internamente para identificação de defeitos de forma semelhante aos de fachadas.

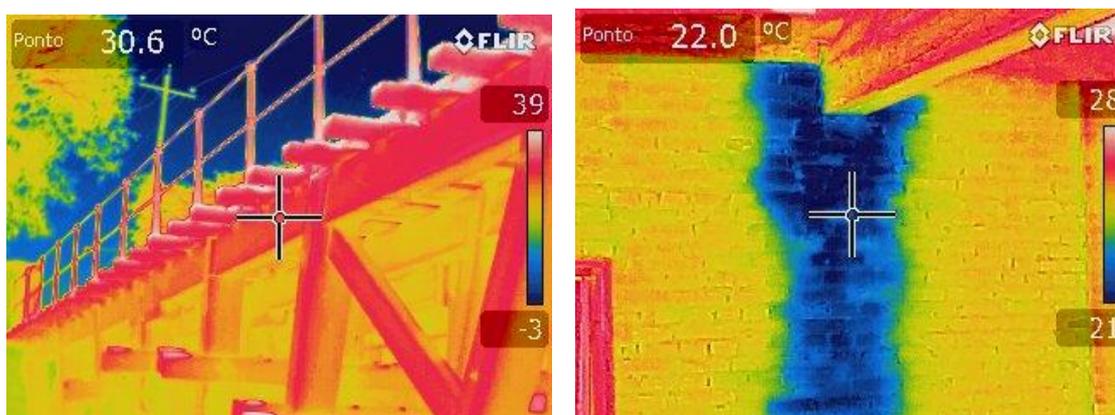
Pode também identificar pontos fugas de ar através de envoltentes opacos e janelas. As perdas de calor ocorrem por condução ou por transferência de ar através de pontos de fuga, para detectar as perdas de calor devidas a pontos de fuga do caixilho, nas dobradiças ou nos encaixes, deve-se recorrer-se a diminuição artificial da pressão interior para evidenciar o fenômeno. As perdas por condução só podem ser detectadas se forem eliminadas as radiações visíveis, transmitidas através do vidro, recorrendo a filtros espectrais, assim torna-se possível comparar o desempenho dos vários tipos de janelas isolantes.

Cortizo et al. (2008) usaram a ferramenta para o diagnóstico de manifestações patológicas das edificações, e o objeto de estudo foi uma edificação do Patrimônio Histórico Nacional: a Capela São Sebastião de Águas Claras. Após o diagnóstico das anomalias através dos resultados termográficos, os autores concluíram que o ensaio não destrutivo é uma realidade e representa um salto qualitativo na preservação e conservação de bens imóveis, sejam elas com relevância cultural ou não.

Moresco et al. (2015) testaram o método para detecção de manifestações patológicas em fachadas com revestimento argamassado e concluíram que o método possibilitou a detecção de áreas com as seguintes manifestações patológicas: fissuras, biodeterioração e manchas causadas por umidade. Dentre todos os fatores analisados, recomendam que se tenha cuidado com a incidência solar nos locais analisados, pois este pode alterar o comportamento das manifestações patológicas, porém sem influência na detecção das mesmas. Neste mesmo

trabalho, os autores excluíram preocupações relacionadas ao vento, ângulo da visada e distanciamento do aparelho em relação às fachadas analisadas. Porém, deve-se ter cuidado com os parâmetros de emissividade do aparelho, fazendo com que seja necessária revisão sobre o que é emissividade e o conceito de radiação infravermelha.

Figura 11 - Uso da termografia em edificações



Fonte: FLIR (2019)

2.6.2.1. Termografia para detecção de vazamentos e infiltrações

A umidade representa um problema de difícil solução e de grande frequência nas edificações. Fatores como idade da edificação, clima, materiais, práticas construtivas utilizadas e grau de controle de qualidade durante sua execução influenciam o quanto esse tipo de anomalia ocorre. A umidade pode se manifestar de várias formas, como manchas, mofo ou bolor, fissuras, entre outros (JONOV; NASCIMENTO; PAULA E SILVA, 2013). Muitas vezes a impermeabilização é indicada como principal contribuinte para as anomalias nas edificações relacionadas à umidade, que tem por função preservar a estrutura por meio do entendimento das forças naturais e seus efeitos durante o ciclo de vida; no entanto, as falhas no projeto de impermeabilização e até mesmo uma manutenção inadequada podem produzir esses problemas (RIGHI, 2009; OTHMAN et al., 2015).

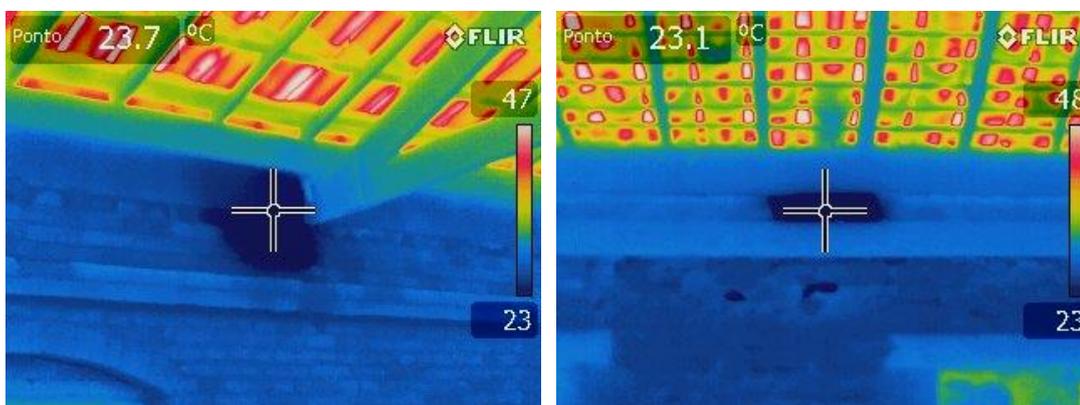
Normalmente a avaliação dos problemas relacionados à umidade e de seu teor é realizada por métodos destrutivos; no entanto, na área de diagnóstico de manifestações patológicas é priorizada a utilização de ferramentas não destrutivas devido ao inconveniente causado por técnicas destrutivas, principalmente nas construções habitadas (FREITAS; CARASEK; CASCUDO, 2014). A termografia infravermelha é um ensaio não destrutivo usado com esse propósito, pois não precisa contato direto com a estrutura, pode analisar áreas

à distância, e os resultados são em tempo real (AGGELIS et al., 2010; OH et al., 2013; BAGAVATHIAPPAN et al., 2013), além de haver minimização de riscos e de interferências na vida dos usuários (BARREIRA; FREITAS, 2007).

Em relação à detecção da presença de água em edificações, as alterações do teor de umidade produzem mudanças na temperatura superficial, podendo ser detectadas pela termografia devido a três fenômenos físicos (BARREIRA; ALMEIDA; DELGADO, 2016; apud SANTOS; ROCHA E PÓVOAS, 2019):

- (a) resfriamento evaporativo na área úmida no processo de evaporação há uma diminuição da temperatura superficial, pois se trata de uma reação endotérmica;
- (b) resistência térmica diminuída: o fluxo de calor é maior em uma massa úmida do que em uma massa seca gerando um padrão térmico heterogêneo; e
- (c) aumento da capacidade de armazenamento de calor do material úmido: a temperatura superficial de uma massa úmida responde de forma mais lenta a mudanças na temperatura ambiental do que a temperatura superficial de uma massa seca.

Figura 12 - Detecção de Infiltrações com câmera termográfica



Fonte: FLIR (2019)

No entanto, mesmo tendo sido apresentado muitos trabalhos para detecção de umidade em edificações, não existem procedimentos padronizados e ainda se tem algumas incertezas quanto a seu alcance ao tipo de umidade. Normalmente detecta-se a presença de umidade em uma edificação após o surgimento de forma visível das manifestações patológicas como eflorescência, destacamento, ou presença de bolor, sendo esses casos indesejáveis (EDIS; FLORESCOLEN; BRITO, 2014).

SANTOS; ROCHA E PÓVOAS (2019), desenvolveram um estudo experimental como objetivo de analisar a viabilidade da termografia passiva como ferramenta para a detecção de infiltração devido a causas fortuitas em paredes internas. Para tal motivo foram confeccionados 5 protótipos de tijolo cerâmico com vários tipos de revestimentos e inserção de tubulação de PVC furada para simular o vazamento.

Constatou-se nesse estudo que fatores como a secagem do material e o uso de revestimento impermeável podem afetar a formação de contrastes térmicos entre áreas secas e úmidas, limitando a eficiência da técnica. Entretanto, em muitos momentos a ação da água no interior da parede foi mostrada de forma nítida. Estes resultados indicam a potencialidade do método para inspeções de anomalias ainda em sua fase inicial e concluiu que a ferramenta poderia ser bastante útil para tal fim.

2.6.2.2. Termografia para Identificação de Tubulações

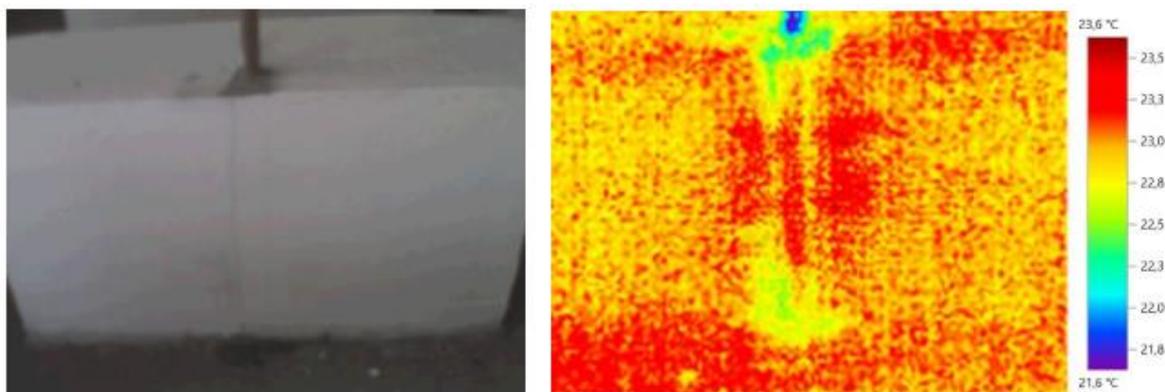
A necessidade de técnicas não destrutivas para localização de tubulações também tem se tornado imprescindível. Um dos motivos é a grande tendência de mudança para sistemas de medição individualizada, que foi recentemente fortalecido pela Lei 13.312, que obriga os novos condomínios a possuírem tal modelo. A Agência Nacional de Águas (ANA) afirma que até 2014, 160 mil prédios já adotaram o hidrômetro individualizado, reduzindo 20% no custo da conta de água dos condomínios. Essa mudança requer o uso de algum método de identificação de tubulações, pois a maioria das edificações não possui mais os projetos hidráulico e sanitário. Dessa forma, tem-se a necessidade do estudo do uso de câmeras termográficas para tal uso, que poderiam fazer identificação pontual, economizando tempo de forma eficiente e eficaz.

Al Alam et al. (2016) realizou uma pesquisa cujo objetivo era avaliar a potencialidade do uso da termografia na detecção das causas de manifestações patológicas associadas à umidade acidental em modelos de edificações que possuam paredes de alvenarias, com tijolos maciços e furados, e acabamento argamassado e pintado.

Foram elaborados protótipos de diferentes conformações, revestidos por reboco argamassado e pintura com tinta à base d'água e inserida uma tubulação danificada em seu interior. Para verificação do potencial da termografia foram capturadas imagens de luz visível e termogramas de todos os protótipos sem água na canalização e, posterior ao procedimento, foi inserida água em todos os canos a fim de monitorar o comportamento dos elementos.

Apesar de não focar nesse aspecto, dentro do experimento era visível a identificação da tubulação embutida dentro da alvenaria em algumas medições (Figura 13). Desta forma, surgiu a ideia de analisar o uso dessa ferramenta para tal fim, mesmo não se encontrando na literatura vigente referências dessa utilidade.

Figura 13 - Medição realizada em experimento com tubulação embutida em alvenaria



Fonte: Al Alam et al. (2016)

3. METODOLOGIA

3.1. CÂMERA TERMOGRÁFICA UTILIZADA

A câmera utilizada no estudo foi da marca SATIR e de modelo SAT-G95 (Figura 14). Ela é classificada como uma câmera de imagens térmicas de desempenho, que fornece imagens e vídeos muito claros e detalhados que podem ser usados em qualquer pesquisa de imagens térmicas profissionais. A câmera SATIR G-95 possui um detector IR de 640x480 que gera 307200 pixels. Também possui uma sensibilidade térmica de $\leq 0,1$ a 30°C , 50/60 Hz, o que permite ao G-95 exibir as imagens nítidas.

A câmera Infravermelho SATIR G-95 oferece três modos de imagem: Infravermelho (IR), Digital (CCD) e Duo Vision, que permitem ao usuário mover a superposição de imagem infravermelha e alterar a transparência para adequar sua aplicação. O usuário pode salvar um total de 6 horas de vídeo térmico não radiométrico em um cartão micro SD de 16GB. A gravação de vídeo térmica é salva no formato MP4, que pode ser reproduzido em qualquer reprodutor de mídia genérico. Imagens do G-95 podem ser transferidas com dados de temperatura em tempo real para um PC ou tablet através de um cabo USB.

Ela possui uma tela LCD destacável de 5". O controle remoto destacável pode ser operado na esquerda e permite acesso total às funções da câmera. Ela vem com uma ampla gama de ferramentas de medição que incluem 10 pontos móveis, ponto quente / frio automático, perfil de linha, isoterma, 4 caixas de ar.

Figura 14 - Câmera SAT-G95



3.2. COLETA DE DADOS DE CAMPO

Foram realizadas as seguintes visitas (Tabela 2):

Tabela 2 - Visitas realizadas para coleta de dados de campo

Visita	Data	Horário	Natureza da edificação	Aplicação pretendida	Observações
1	22/01/19	14h	Residêncial unifamiliar localizada no bairro Jardim Oceania	Detecção de infiltrações	Edificação apresentava problemas com infiltrações em períodos chuvosos
2	21/01/19 e 01/04/19	13h	Universidade Federal da Paraíba (Bloco CTJ)	Detecção de infiltrações	Apresentava focos de infiltrações em paredes.
3	25/03/19	16h	Edificação multifamiliar localizada no bairro Cabo Branco	Detecção de tubulação de água fria	Realizado vistoria em banheiro frente cerâmica e pelo lado externo

4	16/04/19	18h	Residencial unifamiliar localizado no bairro altiplano	Detecção de tubulação de água quente	Realizado vistoria em banheiro em frente cerâmica e pelo lado externo
---	----------	-----	--	--------------------------------------	---

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1. VISITA 1

A visita 1 foi realizada em uma residência unifamiliar localizada no bairro Jardim Oceania na cidade de João Pessoa/PB. A residência apresentava problemas com infiltrações em certos focos que pioravam em períodos de chuva. Nesse sentido, foram identificados pontos em que visualmente apresentavam infiltrações e que foram confirmadas com as imagens (Figura 15), focos de umidade pouco perceptíveis que também foram confirmados (Figura 16), bem como focos de umidade não visíveis, que foram reconhecidos devido ao gradiente de temperatura (Figura 17).

Figura 15 - Infiltração visível e imagem termográfica

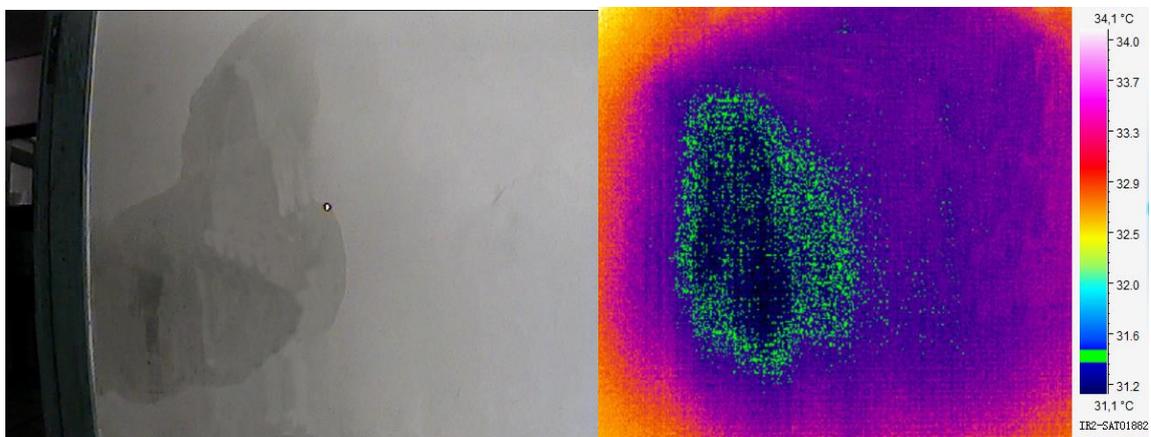


Figura 16 – Identificação de infiltração pouco perceptível visualmente

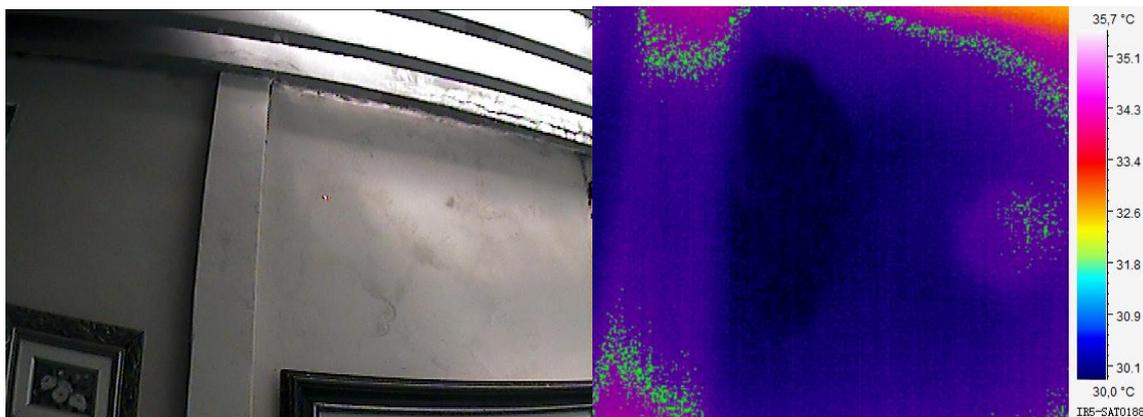
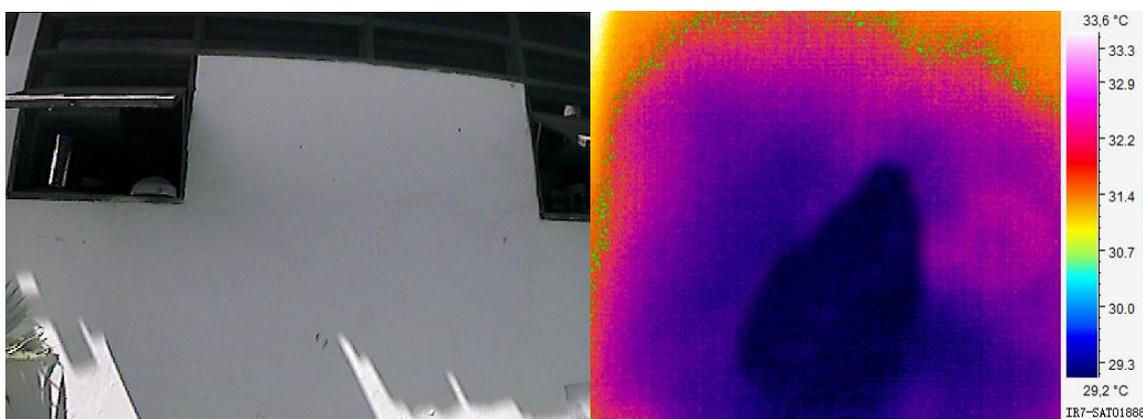


Figura 17 - Identificação de infiltração não perceptível visualmente



4.2. VISITA 2

A segunda visita foi realizada no bloco CTJ da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) em duas ocasiões: A primeira não precedida de chuva no dia 21 de Janeiro, e a segunda no dia 01 de Abril após longo período de chuva.

Apesar de inúmeras infiltrações visualmente percebidas, a análise feita mostrou que poucos eram os focos que ainda se apresentavam úmidos em ambas as situações. Apenas dois focos observados apresentaram umidade perceptível termograficamente na segunda situação, uma na alvenaria (Figura 18) e outra na laje (Figura 19).

Figura 18 - Identificação de infiltração pouco perceptível visualmente localizado no bloco CTJ /UFPB

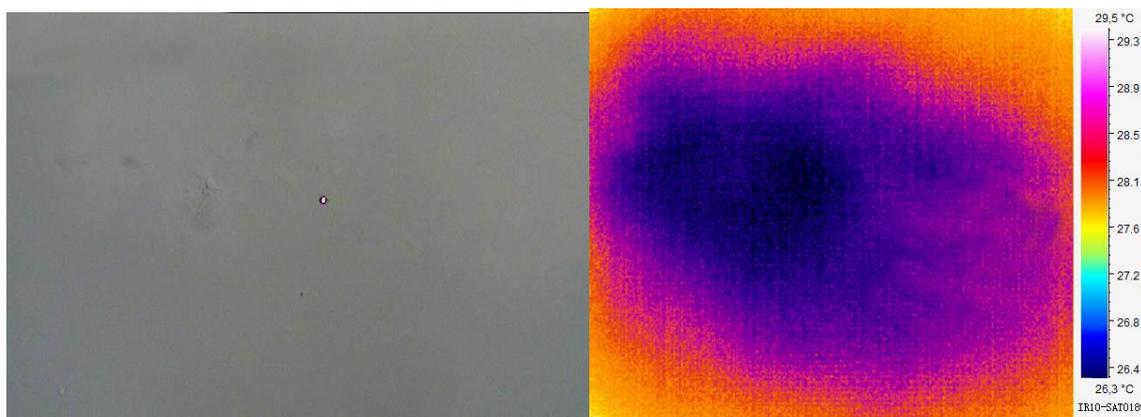
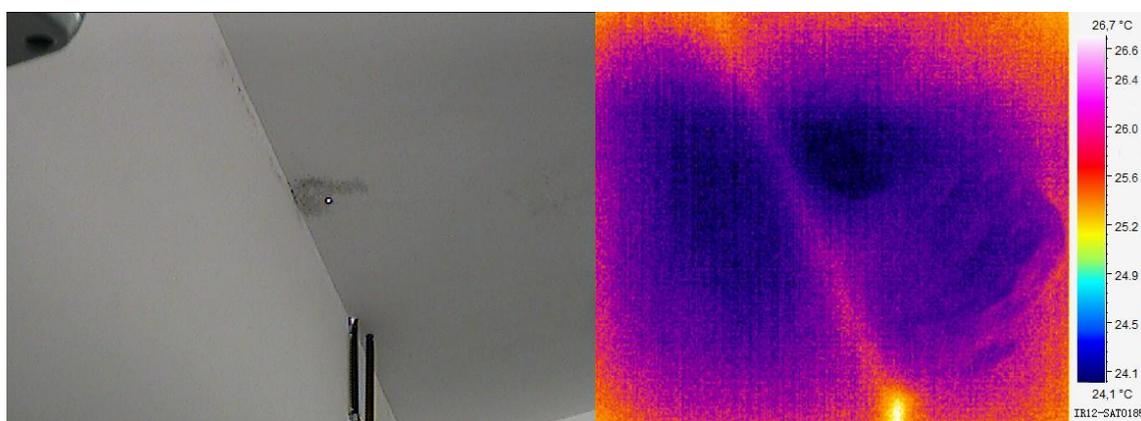


Figura 19 - Identificação de infiltração em sala localizada no bloco CTJ / UFPB



4.3. VISITA 3

A terceira visita teve como objetivo a possibilidade de utilização da ferramenta para identificação de tubulações de água fria embutidas em alvenaria.

Primeiramente, foram feitas observações de tubulações na pia do banheiro que apresentava tanto água fria quanto quente, em ambas utilizações observou-se que a cerâmica não permite a visualização da tubulação embutida na alvenaria e o que aparentava ser uma tubulação interna, na verdade é apenas o reflexo dos raios infravermelhos vindos de fora, como mostrado na figura 20.

Foram também feitas observações do lado externo da parede, frente à alvenaria com revestimento simples de argamassa e pintura, onde se sabia que passava a tubulação do chuveiro. Ligou-se o chuveiro para apresentar uma situação de água corrente, porém não apresentou variações de temperaturas que mostrassem a localização precisa da tubulação (Figura 20).

Figura 20 – Imagem termográfica de tubulação frente a cerâmica apresentando reflexão

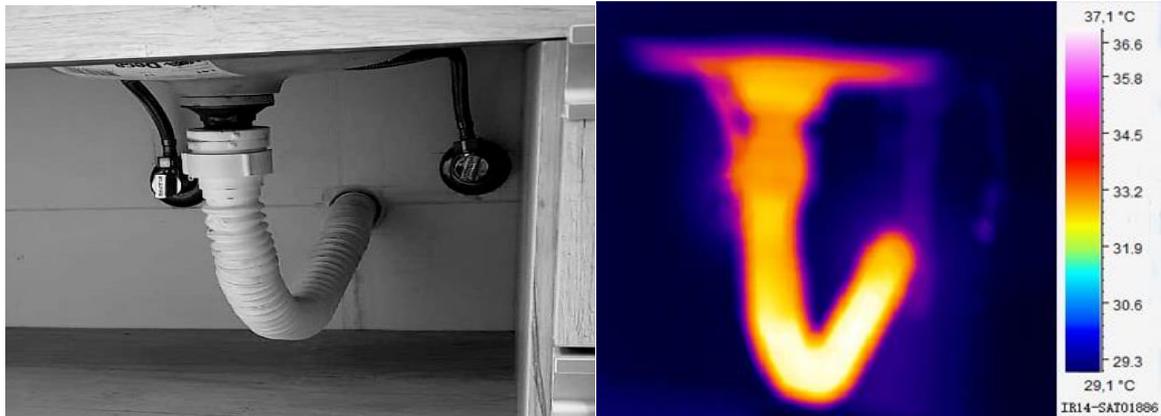
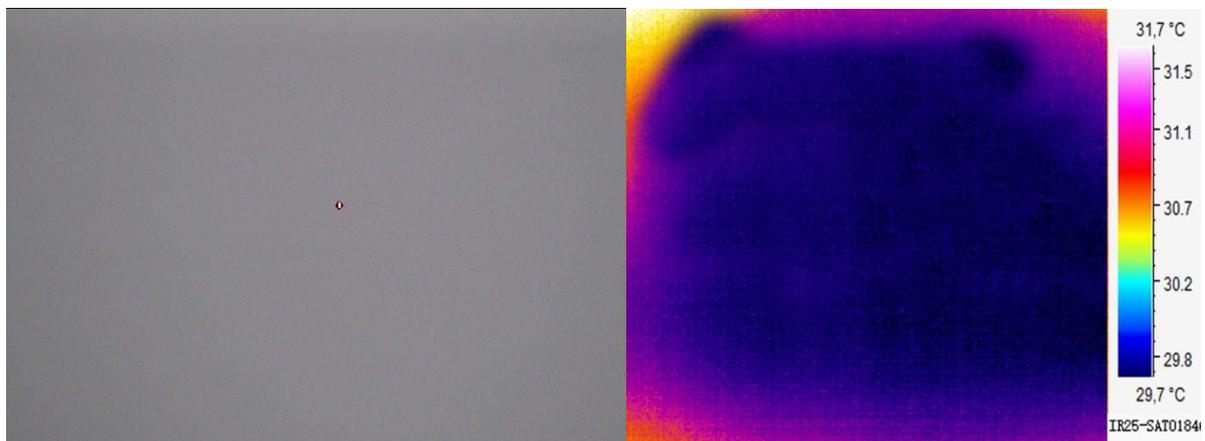


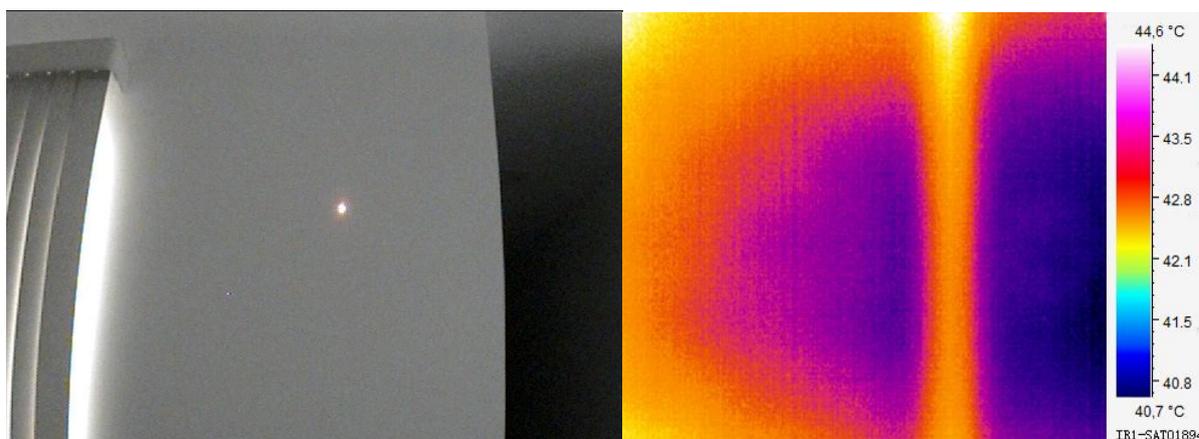
Figura 21 - Tentativa de detecção de tubulação de água fria embutida em alvenaria



4.4. VISITA 4

A última visita foi feita em uma residência localizada no bairro do altiplano no município de João Pessoa. A residência possui um aquecedor solar que aquece a água e armazena em um *boiler* (reservatório térmico) até ser utilizada. A condução o de água quente é feita por tubulações de CPVC (policloreto de vinila clorado), e a intenção da visita era analisar a possibilidade de usar a ferramenta para identificar tal modelo, uma vez que a água quente poderia gerar gradientes de temperatura.

Foi feita uma análise frente ao chuveiro em alvenaria revestida com cerâmica e assim como na análise do item 4.3, não foi possível identificar a tubulação embutida. Porém, ao identificar uma alvenaria com revestimento simples, por onde era sabido que a tubulação condutora de água quente passava, foi possível observar um gradiente de temperatura que mostra com precisão a localização da tubulação. (Figura 21).

Figura 22 - Identificação de tubulação de água quente embutida em alvenaria

5. CONCLUSÕES

No presente trabalho foi desenvolvida uma aplicação prática com o objetivo de analisar a viabilidade do uso da termografia como ferramenta para a detecção de infiltração e caminhamento de tubulações embutidas em paredes.

Para tal motivo foram realizadas visitas e análises sobre infiltrações em diversas situações. Constatou-se que fatores como revestimentos, temperatura ambiente, escala do termograma utilizado, interpretação da imagem e conhecimento prévio do assunto são variáveis que influenciam no preciso diagnóstico da patologia mencionada. É nítido, porém, que em muitos momentos a ação da água no interior da parede foi mostrada, enquanto a fotografia convencional não aparentava mancha de umidade em sua superfície, o que indica a eficiência dessa ferramenta para tal fim. Diante dos resultados, conclui-se que a análise termográfica pode ser bastante útil na identificação de problemas ocultos relacionados com a umidade acidental em edificações, desde que existam valores significativos de gradientes térmicos entre áreas secas e úmidas.

De forma semelhante foram feitas visitas e análises para a tentativa de utilização de tal técnica para a identificação do caminhamento das tubulações embutidas em paredes, podendo observar em duas situações distintas: tubulações de água fria e de água quente. Sua aplicabilidade, porém não apresentou os resultados esperados na primeira situação, demonstrando que não é possível tal aplicação. O segundo caso, entretanto, apresentou um resultado interessante, pois foi possível identificar tal tubulação quando conducente de água

quente, tal fato se mostra possível, porém apenas em alvenarias de revestimentos simples. Concluiu-se assim que a análise termográfica não serve para fins de detecção de tubulações condutoras de água fria, mas pode ser útil na detecção de tubulações condutoras de água quente.

REFERÊNCIAS

AL ALAM, Fernando Wulff 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.

ALTOÉ, Leandra; OLIVEIRA FILHO, Delly. Termografia infravermelha aplicada à inspeção de edifícios. **Acta Tecnológica**, v. 7, n. 1, p. 55-59, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15572: Ensaios não destrutivos - Termografia. Rio de Janeiro, 2013.

BARREIRA, E.; FREITAS, V. P.; DELGADO, J. M. P. Q.; RAMOS, N. M. M. Termography Applications in the Study of Buildings Hygrothermal Behaviour. LFC – Building Physics Laboratory, Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Porto, 8. 171-182. Portugal, 2012.

BARREIRA, Eva Sofia Botelho Machado. Aplicação da termografia ao estudo do comportamento higrotérmico dos edifícios. 2004.

BAUER, E.; PAVÓN, E. Termografia de infravermelho na identificação e avaliação de manifestações patológicas em edifícios. (**Concreto & Construções**), 2015.

BERNARDO, G. da. S. R. L. Técnicas Avançadas de Controlo Não Destrutivo Para Ligações de Ligas Com Memória de Forma a Aços de Construção Civil. Lisboa, 2012. 116 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

BERNHOEFT, L. F.; MELHADO, S. B. A Importância dos Sistemas de Impermeabilização na Durabilidade das Estruturas. In: CONGRESO IBEROAMERICANO, 1.; JORNADA "TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO", 8., La Plata, 2009. Anais... Buenos Aires, 2009.

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

EDIS, E.; FLORES-COLEN, I.; BRITO, J. de. Passive Thermographic Detection of Moisture Problems in Façades With Adhered Ceramic Cladding. *Construction and Building Materials*, v. 51, p. 187-197, 2014.

FERNANDES, RITA. C, Investigações sobre Métodos de Classificação para Uso em Termografia de Mama, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco UFPE, 2018.

FLIR SYSTEMS. Sistema de imagens Termográficas, Visão Noturna e Câmera de Infravermelho. Disponível em: <<https://www.flir.com.br/>>. Acesso em: 15/02/2019

FLUKE. Fabricante de câmeras termográficas. Manual de instrução. “Detecting problems in buildings using infrared cameras”. Washington, USA, 2016.

JONOV, C. M. P.; NASCIMENTO, N. de O.; PAULA E SILVA, A. de. Avaliação de danos às edificações causados por inundações e obtenção dos custos de recuperação. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 13, n. 3, jul./set. 2013.

KERSUL, Guilherme Marques. Uso da termografia para inspeções e manutenção predial—estudo de caso. 2015.

MENDONÇA, Luís Viegas. Termografia por Infravermelhos Inspeção de Betão. *Engenharia & Vida*, v. 16, p. 53-57, 2005.

MOREIRA, K. A. W. Utilização da termografia infravermelha e escaneamento por radar para identificação de infiltrações e vazios em elementos nas construções. Em: 15º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização, São Paulo-SP, 2018.

MORESCO, J. BORDIN, F., VERONEZ, M. R., KULAKOWSKI, M. P. Termografia infravermelha na detecção de manifestações patológicas em fachadas com revestimento argamassado. Em: XI CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIA E RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS, 2015.

PLESU, Raluca; TEODORIU, Gabriel; TARANU, George. Infrared thermography applications for building investigation. *Buletinul Institutului Politehnic Din Lasi. Sectia Constructii, Arhitectura*, v. 58, n. 1, p. 157, 2012.

PPH - Peritagem de Patologias da Habitação, Disponível em: <<http://www.peritagemdeedificios.com/termografia.html>>. Acesso em: 18/03/2019.

SANTOS, L. “Classificação e Modelagem de Fatores de Influência sobre inspeções Termográficas em Ambientes Desabrigados”. 161 f. Dissertação (Doutor em Ciências em Engenharia Elétrica). 2012

SANTOS, CARLOS ROSA, Termografia para exame de equinos. Disponível em: <<https://www.equisport.pt/artigos/termografia/>>. 2014.

SANTOS, C; ROCHA, J. H. A.; PÓVOAS, Y. V. Utilização da termografia infravermelha para detecção de focos de umidade em paredes internas de edificações. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 105-127, jan./mar. 2019.