

ÍTALO DE AZEREDO COUTINHO
DANIEL BASSOLI CAMPOS
ALEXANDRE MARQUES AMORIM
JOSIEL COELHO GOMES DE OLIVEIRA
RICARDO ÁTILA MARTINS COSTA

PROPOSIÇÃO DE PROCEDIMENTO DE TERMOGRAFIA PARA AVALIAÇÕES E PERÍCIAS - APLICAÇÃO EM PAINÉIS SOLARES

Trabalho de Perícia

Goiânia/GO
2021

PROPOSIÇÃO DE PROCEDIMENTO DE TERMOGRAFIA PARA AVALIAÇÕES E PERÍCIAS - Aplicação em painéis solares

Resumo

A busca por qualidade, eficiência e execução das atividades com segurança é algo cada vez mais presente nas atividades do ramo de engenharia de avaliações e perícias, tanto na construção civil quanto nos processos industriais. Devido a isso, a inspeção dessas atividades é algo fundamental para manter esses requisitos. O presente artigo busca elucidar a técnica de termografia infravermelha, explicando sua história, princípio de funcionamento e aplicações, tanto para avaliação de máquinas e equipamentos, quanto para constatação de manifestações patológicas em edificações. Em meio às aplicações, o trabalho utilizará uma inspeção de painéis fotovoltaicos para exemplificar o procedimento de termografia.

Palavras-chave: Inspeção termográfica; painéis fotovoltaicos; radiação infravermelha.

Introdução

Com o avanço exponencial da tecnologia, o rigor técnico e a exigência quanto ao bom funcionamento dos produtos desse avanço cresceram na mesma proporção. Sejam construções, maquinário industrial ou outros tipos de equipamentos, a rigidez na fiscalização desses elementos é algo essencial no mundo atual, o que garante, dentre vários fatores, a segurança do processo e a qualidade do produto final. Nesse sentido, os Ensaios Não Destrutivos (END) surgem como um método eficiente de fiscalização desses produtos.

Os Ensaios Não Destrutivos, como o próprio nome sugere, são um conjunto de técnicas que inspecionam elementos, coletando dados a respeito dos mesmos, sem danificá-los. Um dos benefícios óbvios dos END é a identificação de defeitos que, caso

permanecessem não detectados, resultam em falhas catastróficas com alto custo, tanto em dinheiro, quanto em vidas. Ainda assim, cada um dos métodos de END possuem benefícios específicos (HULL e JOHN, 1988).

Dentre os principais Ensaios Não Destrutivos, um expoente é a termografia, procedimento no qual se mapeia um elemento ou região com base em suas diferentes temperaturas. Com isso, obtém-se uma imagem térmica que torna possível a identificação de falhas ou irregularidades no elemento analisado. A técnica vem sendo amplamente utilizada em diversos campos do conhecimento e com diversas finalidades, dentre elas a avaliação de equipamentos e a avaliação de perícias em construções, os principais focos do presente trabalho.

Justificativa

Visto que o padrão exigido tanto em indústrias, quanto no mercado da construção civil é cada vez mais alto, a termografia surge como uma alternativa interessante para a avaliação e manutenção preditiva nessas áreas. Desse modo, este artigo visa mostrar a viabilidade do método para as situações descritas, de modo a explicar o funcionamento específico da técnica para estas aplicações. Além disso, o método será exemplificado a partir de uma inspeção em painéis solares.

Objetivos

Objetivo Geral

O presente trabalho tem como principal objetivo a apresentação da técnica de termografia, explicitando suas principais características e analisando-a na área de inspeção de equipamentos e perícias.

Objetivos Específicos

Os principais objetivos específicos para esta proposta são:

- A explicitação do procedimento de termografia, destrinchando cada uma de suas etapas;

- A apresentação dos principais equipamentos utilizados no procedimento de termografia, elucidando suas funcionalidades;
- A análise e interpretação de resultados gerados durante o procedimento de termografia em painéis solares.

Referencial Teórico

Termografia

A termografia pode ser definida como uma “técnica de aquisição e análise de informações térmicas a partir de imagens obtidas a distância, ou seja, sem contato” (MUNIZ e MENDES, 2019). Por meio da combinação de alguns equipamentos, dentre eles as câmeras termográficas, torna-se possível a captação de imagens que elucidam as diferenças de temperatura de um local ou objeto, o que posteriormente será interpretado para diversos fins, sendo o mais comum a identificação de falhas, patologias ou maus funcionamentos.

Pode-se dizer que o maior pontapé para o surgimento da termografia foi a própria descoberta da radiação infravermelha, em 1800. Neste ano, o alemão William Herschel realizou um experimento no qual, com a ajuda de um prisma e três termômetros de mercúrio com os bulbos pintados de preto, foi feita uma medição de temperatura das diferentes cores da luz do sol refratadas pelo prisma. A maior temperatura foi registrada em uma região que ultrapassava o vermelho, comprovando que ali existia uma luz invisível aquecendo o termômetro. Herschel denominou aquela luz como Calor Negro, que posteriormente veio a ser chamada de Radiação Infravermelha. (RICHARDS, 2001 apud SANTOS, 2006).

40 anos depois, John Herschel, filho de William Herschel, realizou um experimento onde um prisma projetava a luz solar sobre um papel preto mergulhado em álcool resultando nas primeiras imagens térmicas. A técnica veio a ser conhecida como evapografia e seu princípio de funcionamento se baseia no fato de que as cores refratadas possuíam diferentes taxas de evaporação.

Em 1880, o astrônomo norte-americano Samuel Pierpont Langley inventou o bolômetro, aparelho que consistia em dois fios de platina revestidos por fuligem que

estavam conectadas a um galvanômetro, formando uma ponte de Wheatstone, ou seja, montagem elétrica que permite a medição de uma resistência elétrica. Desse modo, o aparelho criado alterava sua resistência elétrica conforme a temperatura incidente.

A partir de 1900, impulsionada pelo interesse militar perante as duas grandes Guerras Mundiais, a termografia sofreu grandes avanços. Em 1940, período compreendido pela Segunda Guerra Mundial, a Alemanha desenvolveu um sistema de visão noturna em seus tanques para atacar a Rússia. Em resposta, os aliados desenvolveram a FLIR (Forward Looking Infra-Red, cuja tradução é “Visão Dianteira por Infravermelhos”), um sistema de localização de inimigos por meio da detecção de calor, utilizado tanto por tropas, quanto para o lançamento de mísseis.

Com isso, nos anos seguintes, os avanços na termografia tiveram sequência, especialmente após os anos 70, contando com refinamentos e aprimorações para os equipamentos, como a diminuição de peso e tamanho e a apresentação dos resultados de uma forma muito mais prática em telas e visores. Atualmente conta-se com diversos *softwares* para o tratamento e análise dos resultados, o que facilita a aplicação da termografia nas mais diversas áreas do conhecimento, desde a engenharia até a medicina.

Quanto ao princípio de funcionamento da termografia, este está baseado no fato de que todos os corpos emitem radiação como consequência de sua temperatura. Além disso, cada corpo possui uma capacidade própria de emitir radiação, que é chamada de emissividade. Sabe-se ainda que um corpo negro ideal é aquele que absorve toda a radiação que nele incide. Portanto, a emissividade pode ser definida como a capacidade de um corpo de emitir radiação quando comparado a um corpo negro ideal. (MENDONÇA; AMARAL; CATARINO, 2013). Baseando-se nesses conceitos, surge a Lei de Stefan-Boltzmann, elucidada na equação 1.

$$P = \varepsilon \sigma A T^4 \quad (1)$$

Onde:

P: Potência emitida (W);

ϵ : Emissividade do material;

σ : Constante de Stefan-Boltzmann ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{W/m}^2\text{K}^4$)

A: Área (m^2);

T: Temperatura absoluta (K).

Sendo assim, uma câmera infravermelha capta a energia térmica que sai de um corpo, seja por radiação, reflexão ou transmissão, transforma em temperatura e exibe imagens térmicas. (RAO, 2008). A figura 1 apresenta um exemplo de imagem térmica gerada no procedimento de termografia. Nela, é possível notar que as diferentes partes da casa, assim como os diferentes materiais que a constituem possuem temperaturas distintas, identificadas por cores diferentes.

Figura 1 - Imagem térmica de edificação.



Fonte: TermaGraf (2011).

Equipamentos para termografia

Para a aplicação do procedimento de termografia, é imperiosa a utilização de algumas técnicas e equipamentos para a obtenção dos resultados. Os equipamentos utilizados na inspeção possuem a capacidade e precisão para fazerem imagens térmicas ao invés de apenas leitura de temperaturas. Isso é importante para a localização precisa do ponto que está aquecendo, pois não se esqueça, o calor se propaga, confundindo assim o foco de origem do calor. Dentre os equipamentos mais usuais, têm-se:

- **Câmera termográfica:** É o equipamento básico para procedimentos de termografia cuja principal função é capturar a luz infravermelha e transformá-la numa faixa de luz visível. Com isso, a radiação emitida por objetos torna-se visível ao olho humano. A câmera térmica é um instrumento de fácil manuseio, similar a uma câmera comum, onde as imagens devem ser focadas e compactadas da mesma forma. (RAO, 2008). A figura 2 mostra modelos de câmeras termográficas.

Figura 2 - Câmeras termográficas.



Fonte: InstruTemp (2021).

- Pirômetro: É um tipo de termômetro que mede altas temperaturas pontuais sem a necessidade de contato. A figura 3 apresenta um tipo de pirômetro digital.

Figura 3 - Pirômetro digital.



Fonte: Grupo Medição (2021).

- Anemômetro: Aparelho mede a velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar. Exemplos de anemômetros estão representados na figura 4.

Figura 4 - Anemômetros digitais.



Fonte: Instrusul (2017).

- Drone com termografia: Drone com câmera termográfica para alcançar locais de difícil acesso.

Figura 4 - Drone com câmera termográfica.



Fonte: DJI (2021).

Termografia em Avaliação de Equipamentos

Dentre as aplicações mais comuns da termografia, destaca-se a avaliação de equipamentos, sobretudo elétricos. Através da técnica infravermelha, é possível detectar alterações anormais na temperatura de componentes de determinado equipamento, o que indicaria um possível defeito. Para facilitar essa averiguação, é usual que os fabricantes forneçam as temperaturas máximas admissíveis para os componentes do equipamento.

Dentre os componentes mais avaliados com a inspeção termográfica, estão os disjuntores, fusíveis, condutores, barramentos e chaves seccionadoras. além de condutores e outras conexões. A figura 5 elucida o sobreaquecimento de um disjuntor identificado através de imagem térmica.

É importante ressaltar que a inspeção termográfica não supre a necessidade de outros testes padrão na avaliação de equipamentos, como ensaios, medição de correntes, análises visuais e de funcionamento, dentre outros, funcionando como um complemento para estes. Apesar disso, uma das grandes vantagens da inspeção

termográfica em relação à parte dos outros métodos citados é a possibilidade de avaliação dos equipamentos sob funcionamento .

Figura 5 - Identificação de anomalia em disjuntor.



Fonte: Ledefi Automação (2021).

Termografia em Perícia

Outra aplicação usual da termografia é no procedimento de perícia em edificações, buscando a identificação de manifestações patológicas. De acordo com Bolina, Tutikian, Helene (2019):

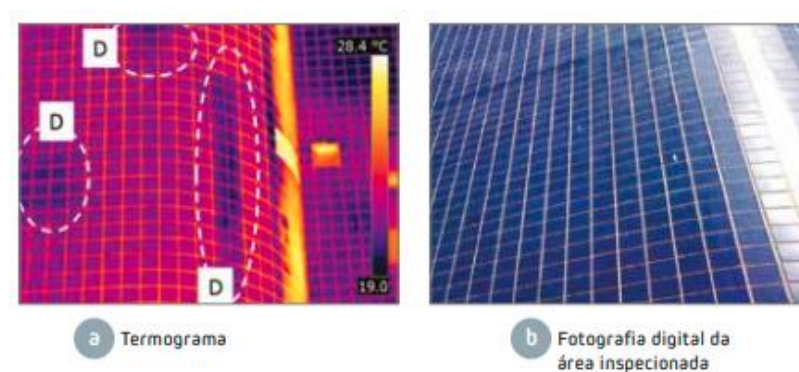
“[...] patologia das construções é a ciência que procura, de forma sistêmica, estudar os defeitos incidentes nos materiais construtivos, componentes e elementos ou na edificação como um todo, buscando diagnosticar as origens e compreender os mecanismos de deflagração e de evolução do processo patológico, além das suas formas de manifestação. Por outro lado, os problemas nem sempre são identificados de forma imediata e interpretados de modo legível e evidente.

As manifestações patológicas podem apresentar formas variadas, dentre as mais comuns estão as fissuras, trincas, mofos e deformações. Entretanto, a aplicação da termografia para identificação desses defeitos não é tão simples quanto na avaliação de equipamentos, por exemplo. Isso se deve ao fato de que a diferença de temperatura entre as manifestações patológicas e o restante das edificações é muito

pequena, diferente de um componente eletrônico, que quando com defeito, apresenta uma grande discrepância de sua temperatura padrão.

Dadas as devidas limitações, a termografia ainda é extremamente eficiente no que se propõe para avaliações de perícias. Ela pode ser usada, por exemplo, para a identificação do destacamento do revestimento cerâmico de uma edificação, falha essa que não pode ser identificada a olho nu. A figura 6 apresenta um paralelo entre uma fotografia comum do revestimento cerâmico de uma edificação e a imagem térmica, que por sua vez, aponta o destacamento das placas.

Figura 6 - Destacamento do revestimento cerâmico identificado por termografia.

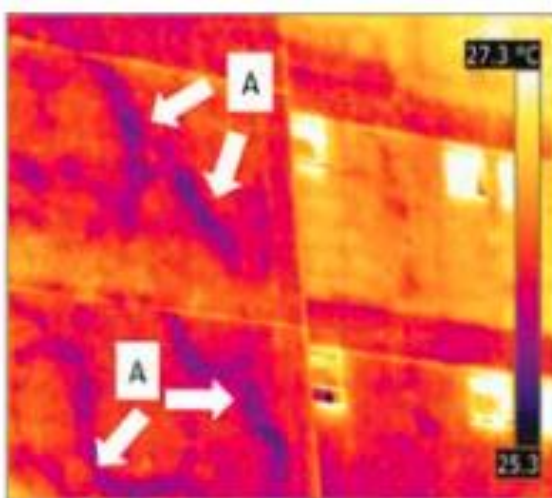


Fonte: BAUER; PAVÓN (2015).

Outra utilização comum da termografia é a identificação de rachaduras ou fissuras em fachadas com revestimento argamassado. Com a utilização da câmera termográfica, é possível detectar anomalias dificilmente visualizáveis sem o uso da tecnologia.

A figura 7 mostra um exemplo de fissura em fachada com revestimento argamassado.

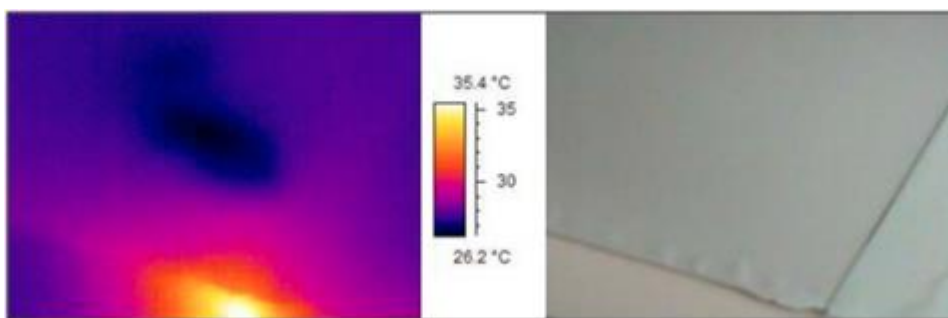
Figura 7 - Fissuração em fachada com revestimento argamassado.



Fonte: BAUER; PAVÓN (2015).

A inspeção termográfica ainda é capaz de identificar regiões da edificação com a presença concentrada de umidade, uma vez que essa umidade faz com que a temperatura daquele local diminua. A figura 8 retrata um ponto de umidade identificado por termografia.

Figura 8 - Detecção termográfica de região com presença de umidade.



Fonte: MENDONÇA (2005).

Procedimento sugerido

Para exemplificação do procedimento de termografia, será apresentada a metodologia de uma inspeção termográfica realizada para a avaliação de painéis fotovoltaicos conforme a norma ABNT NBR 16274:2014 – Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – Requisitos mínimos para documentação, ensaios de

comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho. O plano de atividades se desenvolveu da seguinte forma:

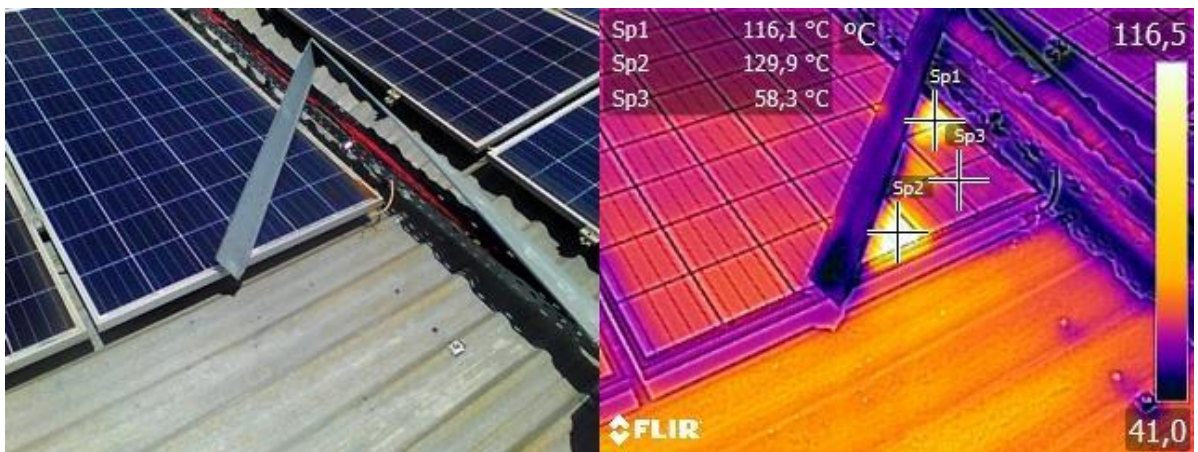
1. Estudo e compreensão para execução dos serviços, definindo o plano de atividades a serem realizadas.
2. Recebimento dos documentos de entrada, como a planta baixa do local, ligações elétricas, data sheet dos módulos, data sheet dos inversores, data sheet de outros componentes, memorial descritivo, diagramas unifilar e trifilar.
3. Avaliação do local e medidas de segurança do trabalho. Em conformidade com as normas NR-10 e NR-35, que envolvem cuidados com trabalho com eletricidade, trabalho em altura, pessoas e animais próximos, isolamento da área se for necessário.
4. Liberações de entrada aos parques solares. Liberações para uso do drone (SARPAS, SISANT, ANAC, ANATEL, DECEA). Comunicar aos responsáveis, equipe de manutenção/ operação, informar aos envolvidos.
5. Fazer um briefing, ou seja, explicar detalhadamente com a área de manutenção/operação do parque solar. Identificação dos painéis solares e outros componentes que serão vistoriados. Pedir a presença da equipe de manutenção/ operação para que possa acompanhar a inspeção e dar suporte ao trabalho.
6. Avaliar e registrar condições climáticas, opacidade do céu (de nublado a claro), temperatura, umidade, velocidade do vento.
7. Calibrar a câmera termográfica (no drone e/ou na câmera de mão), conferindo baterias/pilhas e capacidade de armazenagem.
8. Visitar e registrar por meio de fotos visuais e aerofotografias termográficas todos os módulos (painéis) solares. Buscar realizar os voos com drone e termografia entre 11:00 e 14:00 (buscando períodos de máxima irradiância).
9. Ao identificar com drone alguma anomalia de temperatura, avaliar a possibilidade de visitar o local com a câmera termográfica de mão.
10. Visitar e registrar por meio de fotos visuais e fotografias termográficas demais componentes do gerador solar. Ao fazer fotos, posicionar corretamente a câmera (de mão ou drone), evitar reflexo, imagens tremidas, desfocadas ou que não abrangem adequadamente o componente inspecionado.

11. Coleta das Informações Básicas de produção de energia fotovoltaica dos módulos no momento das coletas de dados, com o objetivo de avaliar se a leitura termográfica foi feita dentro dos limites de produção do arranjo fotovoltaico.
12. Identificação e mapeamento de quais módulos e componentes foram identificados com manifestações patológicas existentes.
13. Coleta de Declaração de Comparecimento com a equipe de manutenção/ produção, demonstrando que o parque solar foi inspecionado sem nenhuma interferência ou dano em sua estrutura, placas ou componentes.
14. Compilação das informações obtidas na vistoria, guardando os dados em ambiente de armazenagem adequado.
15. Solicitar acesso aos inversores para levantamento dos dados de produção durante o período de inspeção.
16. Registro da ART (Anotação de Responsabilidade Técnica).
17. Elaboração final do laudo conclusivo.
18. Apresentação do relatório fotográfico.
19. Entrega dos trabalhos ao cliente.

Resultados alcançados

A análise dos dados coletados na inspeção termográfica tem como objetivo verificar e constatar a existência de pontos quentes (hotspots), que geralmente caracterizam falhas físicas nas estruturas das placas fotovoltaicas, conexões elétricas dos arranjos e subcomponentes da planta. De acordo com ANJOS (2016), o ponto quente ou hot point é definido como um fenômeno de falha que consiste no aquecimento generalizado da célula fotovoltaica ou apenas de uma porção da célula que fica sujeita a uma temperatura superior à das regiões vizinhas. Os pontos quentes podem ocorrer em módulos fotovoltaicos quando uma ou mais células associadas em série se encontram danificadas, sombreadas ou com seu funcionamento influenciado por algum objeto externo. A figura 9 retrata a influência de uma calha metálica, posicionada sobre um painel solar, na temperatura do mesmo.

Figura 9 - Influência de objeto externo posicionado sobre o painel solar.



Fonte: Autores.

O sistema de avaliação indica para cada anomalia o seu nível de Gravidade Térmica. Para tanto, leva em consideração as condições ambientais da instalação, a carga no momento da inspeção, temperaturas registradas e a tensão de trabalho. O resultado desta combinação é comparado a valores preestabelecidos de desvio térmico, que determina se a respectiva anomalia representa Alto, Médio ou Baixo risco de falha na instalação. De acordo com algumas entidades internacionais, é utilizada uma tabela que especifica a diferença das temperaturas e informa qual a criticidade de cada caso, se será necessária uma intervenção imediata ou se poderá aguardar a programação da manutenção.

Além disso, a ABNT NBR 15866-2010 descreve que uma anomalia pode ser referenciada em relação a:

- Um valor estabelecido pelo fabricante nas condições nominais (MTA);
- Um elemento similar adjacente (DELTA T);
- Um valor estabelecido pelo usuário final com base no histórico operacional;
- Critérios definidos pelo responsável técnico da análise termográfica;

Tabela 1 - Critério delta T.

PRIORIDADE	DELTA T	MTA (Máxima Temperatura Admissível)	AÇÃO RECOMENDADA
4	5°C a 10°C	>60% da temperatura máxima até 70%	Medidas corretivas devem ser tomadas no próximo período de manutenção. As temperaturas obtidas e as condições de serviço do equipamento não colocam em risco a instalação.
3	>10°C a 20°C	>70% da temperatura máxima até 80%	Medidas corretivas com agendamento. As temperaturas obtidas e as condições de serviço do equipamento já recomendam alguma atenção.

2	>20°C a 40°C	>80% da temperatura máxima até 100%	Medidas corretivas assim que possível. As temperaturas obtidas e as condições de serviço do equipamento colocam sérios riscos de incidente a um curto prazo.
1	>40°C	> temperatura máxima	Medidas corretivas imediatas. As temperaturas obtidas e o estado do equipamento indicam risco a qualquer momento.

Fonte: Standard for Infrared Inspection of Electrical Systems & Rotating Equipment, 2018.

ΔT (Diferencial de temperatura): É a diferença entre a temperatura encontrada no ponto “x” do componente em análise, denominada temperatura excepcional, e a temperatura encontrada em outro ponto similar submetido à mesma carga e sob as mesmas condições de operação, denominada temperatura de referência.

MTA (Máxima Temperatura Admissível): Os valores de MTA são especificados por determinação técnica dada pelo fabricante. A seguir para itens diversos:

Tabela 2 - Itens diversos

Componente	MTA
Fios Condutores isolados	70°
Cabos Isolados até 15 KV	90°
Conexões e Barramentos de Baixa Tensão	100°
Régua de Bornes	70°
Conexões de Alta Tensão (+ 500 V)	90°
Corpo Estrutura de Fusíveis	120°

Fonte: IEC (Internacional Electrical Commsion).

MÓDULO SOLAR

Tabela 3 – Temperatura de operação do módulo solar TSM-PE15H 340-355 Watt

TEMPERATURE RATINGS		MAXIMUM RATINGS	
NMOT (Nominal Module Operating Temperature)	41°C (±3K)	Operational Temperature	-40 to +85°C
Temperature Coefficient of P _{MAX}	- 0.38%/K	Maximum System Voltage	1500V DC (IEC) 1500V DC (UL)
Temperature Coefficient of U _{OC}	- 0.31%/K	Max Series Fuse Rating	20 A
Temperature Coefficient of I _{SC}	0.05%/K	Snow Load	5400Pa (3600 Pa*)
		Wind Load	2400Pa (1600 Pa*)

Fonte: Data sheet TALLMAX

INVERSORES

Tabela 4 - Temperatura e umidade de operação dos inversores.

Inversor String SIW500H - ST060

Especificações técnicas	SIW500H - ST060
Geral	
Dimensões (L × A × P)	1.075 × 555 × 300 mm
Peso (com placa de montagem)	73 kg
Faixa de temperatura de operação	-25 °C ~ 60 °C
Resfriamento	Convecção natural
Altitude máxima de operação	4.000 m
Umidade relativa	0 ~ 100%
Conector CC	Amphenol helios H4
Conector CA	Terminal PG à prova d'água + conector OT
Grau de proteção	IP65
Topologia	Sem transformador

Fonte: WEG, Data Sheet Inversores String SIW500H, página 3.

A partir dos dados levantados, é gerado um relatório que informa todas as anomalias térmicas identificadas. Além disso, essas anomalias são explicadas e os

possíveis defeitos e danos causados pelas mesmas também são exibidos. A figura 9 demonstra alguns tipos de anomalias que podem ser encontradas, assim como seus possíveis efeitos negativos.

Figura 9 - Alguns tipos de Anomalias que podem ser encontradas

Tipo de anomalia térmica	Descrição	Possíveis defeitos
	O painel está sobreaquecido em relação aos vizinhos	O painel não está funcionando
	Fileira de células sobreaquecidas	Curto-circuito na string de células
	Padrão aleatório de células sobreaquecidas	O painel não está funcionando
	Sobreaquecimento parcial de uma célula	A célula está rompida
	Aquecimento em uma região específica com mais de uma célula	Células fissuradas ou outros defeitos
	Sobreaquecimento de uma célula específica	Defeito não determinado

Fonte: CanalSolar (2020).

Além disso, devem ser identificados:

- Defeitos/ falhas devido a natureza (ventos fortes, inundações, granizo, etc)
- Vidros quebrados (nos módulos);
- Defeito de fabrico das células ou módulos;
- Diferentes características técnicas das células ou módulos associados em série;

- Incorreta instalação dos módulos;
- Falhas nas interconexões entre as células ou módulos em série;
- Sombras na região da produção da usina fotovoltaica;
- Sombreamento que pode ocorrer em consequência das condições ambientais a que o equipamento fotovoltaico está sujeito no local em que é instalado.
- Pontos quentes (Hotspots).

Por fim, as informações obtidas precisam ser registradas em um laudo de vistoria conforme as boas práticas de engenharia e com embasamento nas normas aplicáveis. Devem ser informadas no relatório as condições internas e externas do sistema fotovoltaico, como painéis, sala técnica, dentre outros.

Conclusão

Conclui-se então que os ensaios não destrutivos, sobretudo a inspeção termográfica, mostram-se como ferramentas cada vez mais eficazes para a manutenção e solução de problemas, tanto os relacionados a equipamentos industriais, quanto a edificações. Com a utilização da técnica, é possível identificar falhas que muitas vezes não são encontradas com análises visuais ou outros tipos de inspeções.

No ramo da construção civil, a termografia mostrou-se extremamente eficiente para a identificação de manifestações patológicas relacionadas a aspectos físicos da edificação, como fissuras e destacamentos. Entretanto, as análises ainda são capazes de indicar aspectos relacionados ao comportamento térmico da construção, podendo ser úteis para a adoção de medidas que aumentam o desempenho energético da edificação.

Com o estudo de caso apresentado, que abordou a termografia para a inspeção de painéis fotovoltaicos, destacou-se não só a grande diversidade de problemas detectados pelo método, como também a confiabilidade e eficiência dos resultados, que no caso dos equipamentos elétricos, são sempre amparados por normas e parâmetros estabelecidos por fabricantes.

REFERÊNCIAS

ANJOS, Ruben Serra dos. **Análise e simulação de pontos quentes em painéis fotovoltaicos**. 2016. 186 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica, Área Departamental de Engenharia Eletrotécnica Energia e Automação, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/6746/1/Dissertação.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15424**; “Ensaaios não destrutivos – Termografia – Terminologia.” Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16292**; “Ensaaios não destrutivos — Termografia — Medição e compensação da temperatura aparente refletida utilizando câmeras termográficas.” Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15718**; “Ensaaios não destrutivos — Termografia — Guia para verificação de termovisores.” Rio de Janeiro, 2009.

BATISTA, Aline. DJI lança Mavic 2 Enterprise, drone portátil voltado para uso profissional. **TechTudo**, 2018. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2018/10/dji-lanca-mavic-2-enteprese-drone-portatil-voltado-para-uso-profissional.ghtml>. Acesso em: 11 ago. 2021.

BAUER, Elton; PAVÓN, Elier. Termografia de infravermelho na identificação e avaliação de manifestações patológicas em edifícios. **Concreto & Construções**, São Paulo, p. 93-98, jul. 2015.

BOLINA, Fabrício Longhi; TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; HELENE, Paulo. **Patologia de estruturas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

Damnjanovic, Zvonko & Mančić, Dragan & Kostadinović, Đorđe. (2012). “**Infrared Thermography for Building Inspection**” EMIT - Economics Management Information Technology ISSN 2217-9011 e-ISSN 2334-6531. VOL.1. 68-73.

DJI. **Mavic 2 Enterprise Series**. Disponível em: <https://www.dji.com/br/mavic-2-enterprise>. Acesso em: 15 ago. 2021.

GRUPO MEDIÇÃO. **Pirômetro**. Disponível em: <https://medicaonet.com.br/servico/pirometro>. Acesso em: 10 ago. 2021.

HULL, Barry; JOHN, Vernon. **Non-destructive Testing**. Londres: Macmillan Education, 1988.

INFRASPECTION INSTITUTE. **Standard for Infrared Inspection of Electrical Systems & Rotating Equipment**, 2018.

INTRUSUL. **Anemômetro: como funciona**. Disponível em: <https://blog.instrusul.com.br/anemometro-como-funciona/>. Acesso em: 10 ago. 2021.

INSTRUTEMP. **O que é uma câmera termográfica e quando ela pode ser útil**. Disponível em: <https://instrutemp.com.br/camera-termografica-o-que-e/>. Acesso em: 10 ago. 2021.

MENDONÇA, Luís Viegas; AMARAL, Miguel M. do; CATARINO, Pedro Soares. **A termografia por infravermelhos como ferramenta para auxílio à inspeção e manutenção dos edifícios**. Lisboa, 2013. Disponível em: <http://www.spybuilding.com/private/admin/ficheiros/uploads/6b0dca6c9e15cc51dc73bde0562a31d5.pdf>. Acesso em 12 de agosto de 2021.

MUNIZ, Pablo Rodrigues; MENDES, Mariana Altoé. **Termografia Infravermelha Aplicada à Manutenção Elétrica**: dos fundamentos ao diagnóstico. Vitória: Edifes, 2019. 134 p.

RAO, D.s. Prakash. Infrared thermography and its applications in civil engineering. **The Indian Concrete Journal**. Mumbai, p. 41-50. maio 2008.

SANTOS, Laerte dos. **Termografia Infravermelha em Subestações de Alta Tensão Desabrigadas**. 2006. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia da Energia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2006.

SIW. **Inversores String.** Disponível em:
<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/ha4/h35/WEG-inversores-string-SIW500H-SIW300H-50076575-pt.pdf>. Acesso em 09 ago. 2021.

TALLMAX. **TSM-PE15H.** Disponível em:
https://static.trinasolar.com/sites/default/files/EU_TSM_PE15H_datasheet_A_2019_Web.pdf. Acesso em: 15 ago. 2021.

TERMAGRAF. **Termografia en edificación.** Disponível em:
<http://www.termagraf.com/category/blog/page/6/>. Acesso em: 09 ago. 2021.

VILLALVA, Marcelo. Termografia aérea de usinas solares fotovoltaicas. **Canal Solar**, 2020. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/termografia-aerea-de-usinas-solares-fotovoltaicas/>. Acesso em: 15 ago. 2021.

WEG. **Manual de Operação Complexo Solar.** Universidade Federal de Viçosa, 2020.