

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA  
ESPECIALIZAÇÃO EM PROCESSAMENTO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS**

**CLÉCIUS JOSÉ MARTINKOSKI**

**DETECÇÃO DE FALHAS EM PAINÉIS FOTOVOLTAICOS USANDO  
IMAGENS INFRAVERMELHAS DE BAIXA RESOLUÇÃO  
GEOLOCALIZADAS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2017**

**CLÉCIUS JOSÉ MARTINKOSKI**

**DETECÇÃO DE FALHAS EM PAINÉIS FOTOVOLTAICOS USANDO  
IMAGENS INFRAVERMELHAS DE BAIXA RESOLUÇÃO  
GEOLOCALIZADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Processamento de Energias Renováveis, do Departamento Acadêmico de Engenharia Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Ionildo José Sanches

**PONTA GROSSA**

**2017**



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **DETECÇÃO DE FALHAS EM PAINÉIS FOTOVOLTAICOS USANDO IMAGENS INFRAVERMELHAS DE BAIXA RESOLUÇÃO GEOLOCALIZADAS**

por

**CLÉCIUS JOSÉ MARTINKOSKI**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 08 de setembro de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Processamento de Energias Renováveis. O(A) candidato(a) foi arguido(a) pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Ionildo José Sanches  
Orientador

Prof. Dr. Max Mauro dos Dias Santos  
Membro Titular

Prof. Dr. Fernanda Cristina Corrêa  
Membro Titular

Responsável pelos TCC

Prof(a). Dr(a). Fernanda Cristina Corrêa  
Coordenador(a) do Curso

## RESUMO

MARTINKOSKI, Clécio José. **Detecção de Falhas em Painéis Fotovoltaicos Usando Imagens Infravermelhas de Baixa Resolução Geolocalizadas**. 2017. 12 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Processamento de Energias Renováveis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

A termografia infravermelha é um método não destrutivo e pode ser utilizada na avaliação de módulos fotovoltaicos com o objetivo de detectar falhas. Este artigo propõe uma metodologia para analisar a saúde de um parque fotovoltaico usando uma câmera infravermelha de baixa resolução e informações georeferenciadas, movendo o ponto de vista do observador e provendo uma relação de grande custo-benefício em compasso com as tendências de microgeração residencial.

**Palavras-chave:** Imagens Infravermelhas. Processamento de Imagens. Painéis Fotovoltaicos. Energias Renováveis.

## ABSTRACT

MARTINKOSKI, Clécio José. **Fault Detection in Photovoltaic Panels Using Low Resolution Infrared Images Geolocated**. 2017. 12 p. Final Coursework (Specialization in Course Name) – Federal University of Technology – Paraná. Ponta Grossa, 2017.

The infrared thermography is a non-destructive method and can be used for the evaluation of photovoltaic modules in order to detect faults. This paper proposes a methodology to analyse of photovoltaic park health using a low resolution infrared camera and georeferenced information moving the observer point of view to provide a high cost-benefit relation in compass to residential microgeneration tendencies.

**Keywords:** Infrared Images. Image Processing. Photovoltaic panels. Renewable energy.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Imagens de painéis fotovoltaicos. (a) Imagem na faixa do espectro visível e (b) na faixa do espectro infravermelho (ENERGÉTICA, ). . .	8
Figura 2 – Imagem infravermelha de um painel fotovoltaico com falhas (GARCIA et al., 2012). . . . .	8

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>9</b>
2.1	METODOLOGIA DE PESQUISA .....	9
<b>3</b>	<b>CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS</b> .....	<b>11</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>12</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda de energia elétrica e o agravamento dos impactos ambientais gerados pelos métodos tradicionais de geração, tem-se popularizado as ditas energias renováveis, dentre as quais se destacam a energia eólica e a energia solar fotovoltaica, sendo estas o presente e o futuro da geração renovável respectivamente (PEARCE, 2002).

A energia solar fotovoltaica é a terceira fonte de energia renovável mais importante, atrás da hidráulica e eólica. Ela desponta com uma crescente popularidade devido as recentes políticas de micro e mini geração, que permitem uma matriz energética distribuída com menores custos de transmissão. Entretanto, a mesma sofre limitações tecnológicas e orçamentárias para sua popularização em massa (DIAS, 2005).

Um dispositivo de termografia infravermelho é usado para converter radiação infravermelha, emitida pela superfície de um corpo, em impulsos elétricos que podem ser visualizados através de uma imagem em escala de cinza ou colorida utilizando pseudo-cores.

Para efetuar a detecção dos pontos de falha de forma não intrusiva e com antecipação para viabilizar a manutenção preventiva, tem-se optado pelas imagens infravermelhas. Pontos quentes como nas figuras 1 e 2, que comumente estão associados a células defeituosas ou a regiões de sombreamento, podem vir a danificar a placa (ACCIANI; SIMIONE; VERGURA, 2010). Este tipo de pesquisa vem sendo alvo de vários estudos durante os últimos anos (ACCIANI; SIMIONE; VERGURA, 2010).

Também é sabido que as tecnologias aplicadas ao uso de termografia infravermelha, são incompatíveis, sob a perspectiva de custos, com a visão da mini e micro geração, tornando proibitiva a disseminação dessas tecnologias nestes cenários (BATTALWAR; GOKHALE; BANSOD, 2015).

A utilização da termografia infravermelha, objetivo desta pesquisa, contextualiza-se nas restrições orçamentárias delimitadas nos cenários de mini e micro geração. Para esta adequação faz-se necessário o uso de equipamentos mais limitados, como câmeras infravermelhas de baixa resolução e baixo volume, que possam inclusive serem acopladas a pequenos drones para realizar as inspeções.



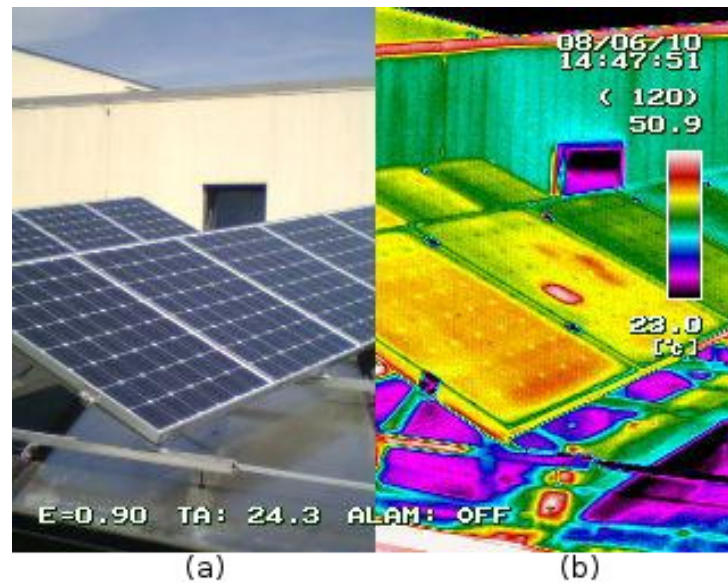


Figura 1 – Imagens de painéis fotovoltaicos. (a) Imagem na faixa do espectro visível e (b) na faixa do espectro infravermelho (ENERGÉTICA, ).

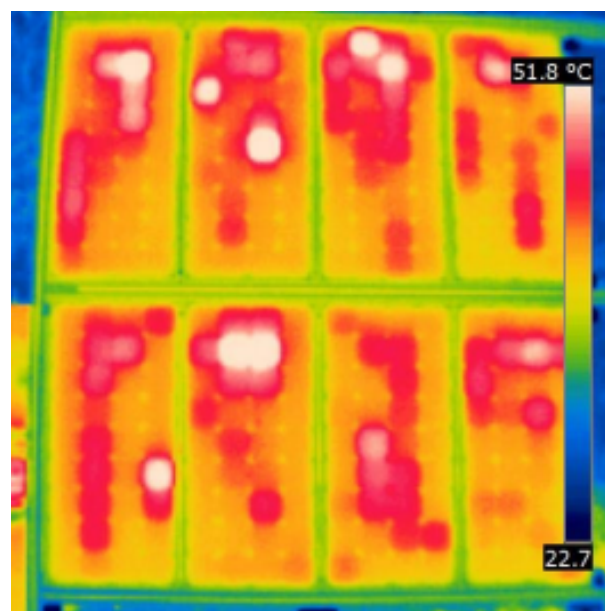


Figura 2 – Imagem infravermelha de um painel fotovoltaico com falhas (GARCIA et al., 2012).

O foco deste trabalho é compilar as tecnologias existentes na área de análise termográfica com infravermelho aplicadas a painéis fotovoltaicos, observando da perspectiva de equipamentos limitados e utilizar de tecnologia via *software* para maximizar a qualidade dos diagnósticos e a eficiência do conjunto.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 METODOLOGIA DE PESQUISA

Para atingir o objetivo proposto pautar-se-á nos estudos recentes de análise termográfica de painéis fotovoltaicos, que têm apresentado um resultado bem satisfatório na eficiência de detecção de problemas (SPAGNOLO et al., 2012). O foco é aplicar este conhecimento compilado em imagens de baixa resolução, com deslocamento do observador em direção ao ponto quente, para obter um diagnóstico mais preciso sem a necessidade de um *hardware* de captura de imagens térmicas muito avançado.

Para viabilizar o mapeamento de grandes áreas, com uso de câmeras infravermelhas de baixa resolução, será deslocado espacialmente o observador, que permitirá uma aproximação em direção ao ponto quente para obtenção de novas imagens refinadas. Assim executando, recursivamente, até que se possa determinar qual o ponto onde a falha se encontra efetivamente.

O deslocamento do observador será baseado na imagem, para determinar se há ou não uma anomalia, no ponto geográfico onde foi capturado e a direção em que a imagem foi obtida, podendo-se assim determinar para onde o observador deve se deslocar para refinamento da imagem obtida. O processo será repetido até que a informação da imagem seja suficientemente precisa para acusar o ponto em que o ponto quente realmente se encontra.

O cenário simulado será de um conjunto de placas distribuídas em pontos georreferenciados. As imagens serão obtidas de algum destes pontos e baseada na sua localização, direção e informações contidas nas mesmas. O algoritmo fará a análise e decidirá o deslocamento do ponto de aquisição das imagens, visando refinar a detecção do ponto quente e determinar em qual ponto dentro da matriz de placas que ele se encontra.

Espera-se obter um índice de detecção de falhas grande em uma área extensa mesmo com imagens de baixa resolução, demonstrando que a aproximação física do ponto de observação é uma alternativa viável a câmeras térmicas de alta resolução.

Os testes serão executados com imagens reais obtidas de painéis fotovoltaicos.

cos e serão enviadas ao algoritmo com sua determinada localização geoespacial. As imagens serão tanto de painéis normais quanto de painéis com pontos quentes. Analisando o seu funcionamento, será possível determinar quão eficiente e ágil é o método para detectar pontos quentes a uma distância relativamente grande.

### 3 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

O uso de termografia infravermelha apesar de bem aplicado em cenários específicos ainda apresenta resistência a popularização. Desta forma, a utilização de câmeras de baixa resolução, aliada ao deslocamento inteligente do observador para otimizar a detecção em grandes áreas, poderá ser uma alternativa viável para aplicação em micro e mini geração, viabilizando aplicações como detecção em um conjunto de casas que podem dividir o ônus financeiro e se beneficiar de um monitoramento ostensivo e eficiente dos painéis fotovoltaicos instalados.

A simulação computacional do cenário através da aquisição de imagens, suas respectivas coordenadas e coleta de informações de saída, bem como instrução de deslocamento ou informação de falha, possibilita uma visão desacoplada do algoritmo e maximiza as possibilidades de aplicações práticas e a integração com outros estudos.

Como uma intenção de pesquisa, este artigo já denota o rumo da pesquisa a curto prazo, tendo por objetivo corroborar as hipóteses e determinar a viabilidade e aplicabilidade da técnica supracitada.

Sob uma ótica de longo prazo as possibilidades de trabalhos futuros perpassam por análises práticas da técnica sobre parques já existentes, comparativos sobre o uso desta técnica com relação as já existentes, refinamento do processo de detecção e aproximação através de variadas metaheurísticas.

## REFERÊNCIAS

ACCIANI, G.; SIMIONE, G. B.; VERGURA, S. Thermographic analysis of photovoltaic panels. In: EUROPEAN ASSOCIATION FOR THE DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGIES, ENVIRONMENT AND POWER QUALITY. **International Conference on Renewable Energies and Power Quality**. [S.l.], 2010. Citado na página 7.

BATTALWAR, Pooja; GOKHALE, Janhvi; BANSOD, Utkarsha. Infrared thermography and ir camera. **International Journal of Research In Science and Engineering**, v. 1, n. 3, p. 9–14, May 2015. Citado na página 7.

DIAS, Marcos Vinícius Xavier. **Geração Distribuída No Brasil: Oportunidades e Barreiras**. 2005. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Itajubá, 2005. Citado na página 7.

ENERGÉTICA, Casa. **Casa Energética - Termografia fotovoltaico**. Disponível em <<[http://www.casaenergetica.it/servizi/analisi\\_termografica/termografia\\_fotovoltaico.html](http://www.casaenergetica.it/servizi/analisi_termografica/termografia_fotovoltaico.html)>>. Acessado em 11-09-2016. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 8.

GARCIA, Sérgio Boscato et al. Análise por termografia de módulos fotovoltaicos com células solares com base n e diferentes malhas de metalização posterior. In: **IV Congresso Brasileiro de Energia Solar e V Conferencia Latino-Americana da ISES**. [S.l.: s.n.], 2012. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 8.

PEARCE, Joshua M. Photovoltaics — a path to sustainable futures. **Elsevier, Future**, v. 34, n. 7, p. 663–674, September 2002. Citado na página 7.

SPAGNOLO, G. Schirripa et al. A review of ir thermography applied to pv systems. In: **International Conference on Environment and Electrical Engineering**. [S.l.: s.n.], 2012. Citado na página 9.