

## **RADAR COM SENSOR IR CONTROLADO POR LABVIEW**

**Walter José Silva Marx**

Universidade Federal do ABC - UFABC, Santo André, SP, Brasil

**Marcelo Bender Perotoni**

Universidade Federal do ABC - UFABC, Santo André, SP, Brasil

**Resumo** – O objetivo deste trabalho foi apresentar um RADAR termográfico de baixo custo utilizando o sensor infravermelho (IR) – IR MLX90614. Para a implementação, foi construída uma matriz 420mm por 420mm controlada por placas Arduino e programada por um VI (*Virtual Instruments*) do LabVIEW usando o Toolkit LIFA.

**Palavras-chave:** RADAR Infra-Red; Micro-ondas; Sensor IR MLX90614; LabVIEW; Toolkit LIFA.

**Abstract:** The objective of this work was to present a low-cost thermographic RADAR using the infrared (IR) sensor – IR MLX90614. For implementation, a 420mm by 420mm matrix was built, controlled by Arduino boards and programmed by a VI (Virtual Instruments) from LabVIEW using Toolkit LIFA.

**Keywords:** RADAR Infra-Red; Microwave; IR MLX90614 Sensor; LabVIEW; LIFA Toolkit.

### **INTRODUÇÃO**

A primeira geração de imagens com boa resolução feita por radares só foi possível no período da Segunda Guerra Mundial com a construção, em larga escala, de radares operando em alta frequência. A primeira demonstração foi em 1903, feita por um oficial da Marinha Alemã, Eugene F. Knott [Knott, Radar Cross Section]. Nas primeiras versões, as imagens eram limitadas pelo tubo de vácuo disponível na época e pela faixa de frequência de operação do radar que era muito baixa, algo em torno de algumas dezenas de

MHz. Com a Segunda Guerra Mundial, foi possível a construção de radares operando em frequências mais altas (3GHz) e com potências também mais altas, o que, somado ao desenvolvimento do tubo Klystron, permitiram resoluções melhores.

Com o passar do tempo, as imagens dos radares foram melhorando [1], isso graças basicamente a dois sistemas: o SAR (Synthetic Aperture Radar - Radar de Abertura Sintética), onde a abertura da antena é movida ao longo de um alvo (por exemplo, com um avião voando sobre uma grande área) e o ISAR (Inverse Synthetic Aperture – Abertura Sintética Inversa), com a antena radiante de imagem executando um leve angular movimento acoplado a uma largura de banda estreita de frequência.

Ambos os sistemas dependem fortemente de rotinas de processamento computacional e das informações de fase, podendo assim gerar imagens 2D ou 3D. Em aplicações com o SAR, é possível mapear na superfície do oceano [2] e até mesmo definir o nível de umidade do solo [3]. O ISAR, por sua vez, é empregado na identificação de tráfego de navios, operando na faixa de 28 a 30 GHz [4]. Além disso, serve para criar imagens de objetos no espaço usando a banda-X (8,6 GHz, 230 kW) [5].

Com a evolução da tecnologia, foi possível a construção de radares operando em frequências mais altas, tais como as ondas milimétricas e THz, proporcionando assim imagens com maior resolução. Porém, em frequências mais altas, a atenuação em espaço livre é maior do que em outras faixas de frequência devido ao comprimento de onda ser muito pequeno (milimétrico), permitindo o uso desses radares somente em alvos próximos. Para tecidos humanos, verificou-se que a faixa entre 300GHz a 20THz tinha uma melhor absorção. Para tal se exigia uma fonte coerente estável, desenvolvida no final da década de 80 [6].

A faixa de infravermelho logo se tornou uma faixa atraente devido à boa resposta em relação aos objetos/corpos naturalmente quentes. Essa técnica também é conhecida como termografia cujas aplicações são na área de

segurança (defesa) [7], medicina esportiva [8], e na inspeção de transformadores de alta potência na rede de distribuição elétrica [9]. Um dos elementos principais do THz e do infravermelho é a matriz do plano focal que contém dispositivos de imagem (receptor) [10]. Os sistemas termográficos comerciais dependem de chips CCD (*Charge Coupled Devices* – Dispositivo de Carga Acoplada), enquanto o infravermelho ainda depende de sensores do tipo matriz.

## DESENVOLVIMENTO

A ideia do projeto é apresentar um radar operando na faixa do THz – infravermelho, usando o sensor IR MLX90614 junto a uma matriz 420mm x 420mm, controlada por dois motores de passo nas coordenadas X e Y (imagem em 2D). Para gerenciar as informações foi utilizado o LabVIEW junto ao *Toolkit LIFA (LabVIEW Interface For Arduino)* – *Toolkit* distribuído de forma gratuita pelo fabricante do LabVIEW para interagir com as placas Arduino.

O Sensor de Temperatura IR MLX90614 é um componente de alta precisão que detecta a temperatura corporal ou de objetos por infravermelho, sem que seja necessário o contato direto com o sensor. Ele já vem calibrado de fábrica e detecta temperaturas entre -40 e 125°C, com precisão de 0,5°C [11]. O envio e recebimento de comandos e dados é feito através da interface I2C. No nosso protótipo foi usado o Arduino Micro para a comunicação I2C e o Arduino UNO para o controle dos motores de passo.

Foi feito um VI (*Virtual Instruments*) no LabVIEW, o qual é responsável pela leitura do sensor IR MLX90614 – através da comunicação serial do Arduino Micro e o controle dos motores de passo do carro da matriz através do Arduino UNO. No *Front Panel* (Painel Frontal) do VI, foi colocado um indicador *Intensity Graph* (Gráfico de Intensidade) que forma a imagem gerada pela passagem do sensor IR MLX90614 que está no carro da matriz que passa pelos eixos X e Y. Estes são controlados através dos motores de passo, sendo o deslizamento primeiro no eixo X, completando o ciclo de 420mm e deslocado 5mm no eixo Y. Logo após volta no eixo X até completar novamente os 420mm

deslocando novamente no eixo Y 5mm. O ciclo é repetido até completar os 420mm do eixo Y. A Fig. 1 apresenta no diagrama em bloco os componentes e como se desloca o carro da matriz.

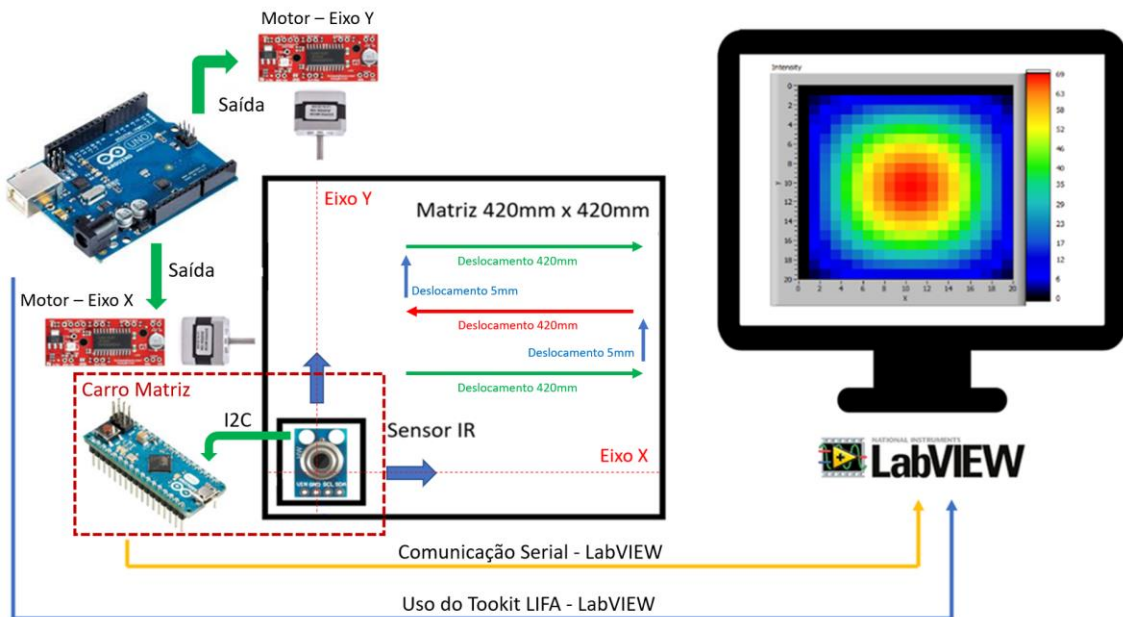


Fig. 1 – Diagrama em Blocos do Projeto.

Na Fig. 2 é apresentado o resultado da construção da matriz, no qual podemos observar os motores que controlam o eixo X (lado direito), o eixo Y (superior esquerdo) e o carro da matriz na parte inferior esquerda da figura.

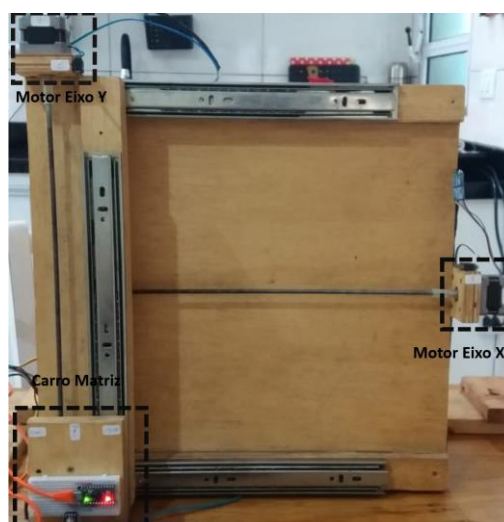


Fig. 2 – Apresentação da Construção da Matriz 420mm x 420mm (out, 2019).

TABELA 1 – Componentes usados na confecção da Matriz.

Quantidade	Componentes
1	Arduino UNO
1	Arduino Pro Micro
2	Motor de Passo Nema 17
2	Easy Driver (Driver para Nema 17)
1	Sensor IR – GY 906 (com o IR MLX90614)
4	Sensores de fim de curso (localização carro Matriz)
-	Parafusos
3	Suporte Gaveta – (2 para o Eixo X e 1 para o Eixo Y)
-	Madeira 15mm espessura

Para gerenciar os periféricos do RADAR IR, foi adotada a técnica de programação Máquina de Estado, comumente usada no LabVIEW quando se desejam ações diferentes, dependendo dos resultados obtidos dos dados coletados. Essa técnica consiste basicamente no uso do *while loop*, estrutura *case*, *shift register* e uso de controles do tipo *enum*. Os estados anteriores são armazenados no *shift register* e, através de funções condicionais, os dados são analisados, mudando o valor do *enum* que está conectado ao *shift register* e este, por sua vez, conectado à estrutura *case*. Essa técnica nos permitiu poupar processamento e nos permitirá adicionar mais recursos no VI do RADAR IR futuramente. As Figuras 3 e 4 apresentam o Painel Frontal e o Diagrama em Blocos do VI.

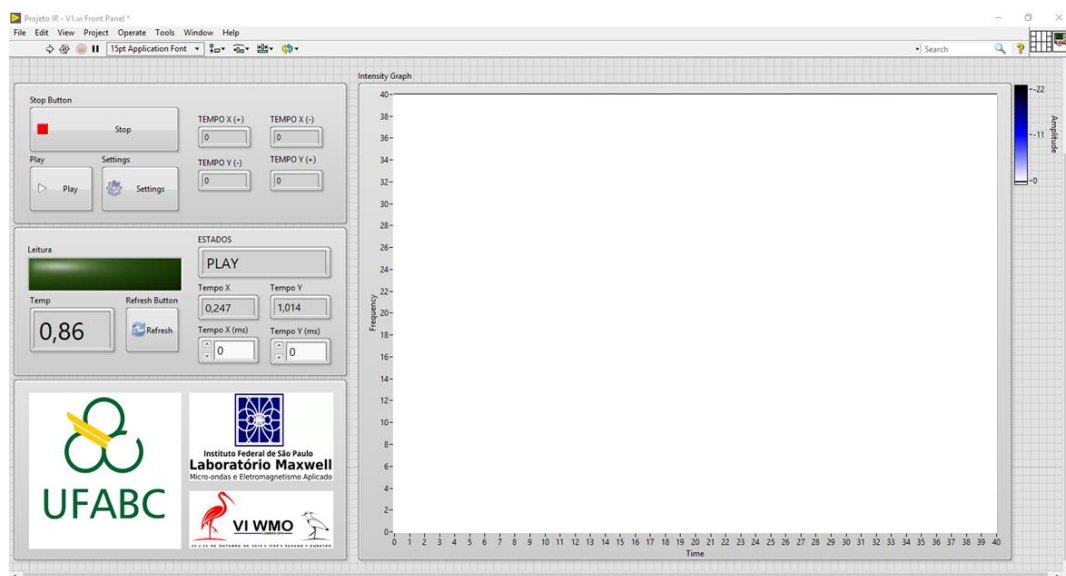


Fig. 3 – Construção do Painel Frontal – Interface para o Usuário.

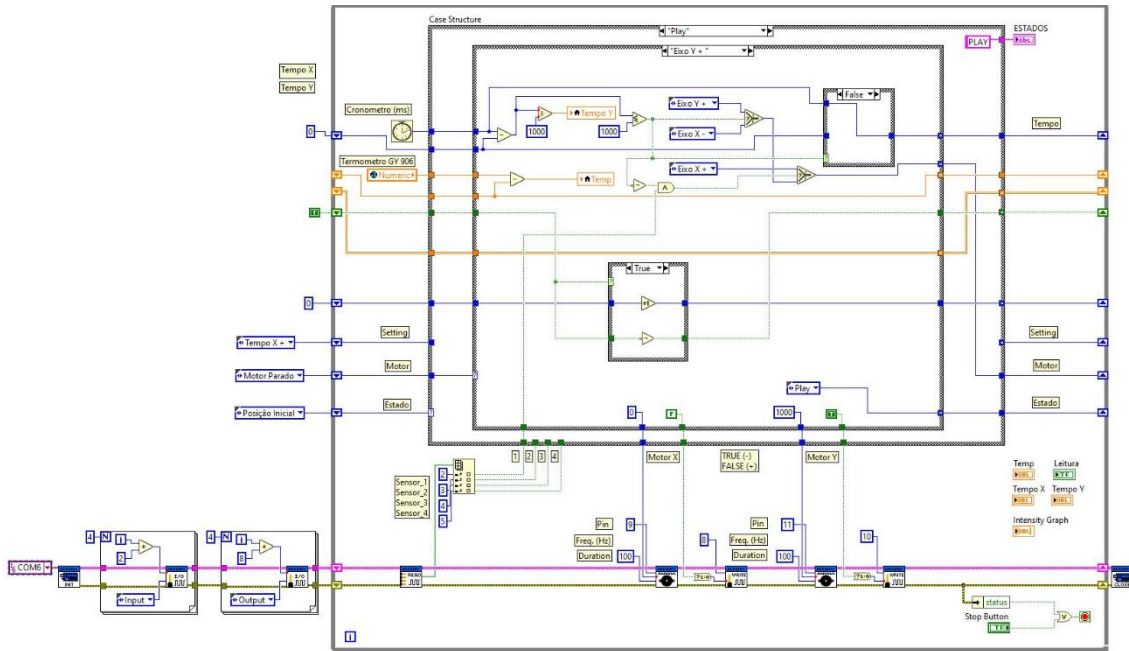


Fig. 4 – Construção do Diagrama em Bloco – Programação do VI.

No VI, foi construída uma lógica para o carro da matriz se deslocar de 5mm em 5mm. Internamente, foi montado um *array* de 82 linhas por 82 colunas que resultou em um *array* de 6.724 elementos. Cada elemento da matriz tem um valor de temperatura que é a diferença de temperatura do corpo – alvo do sensor IR – menos a temperatura do ambiente. Cada elemento do *array* é apresentado de forma instantânea à matriz. Na Figura 5, observamos como se comporta o VI de acordo com a máquina de estado construída.

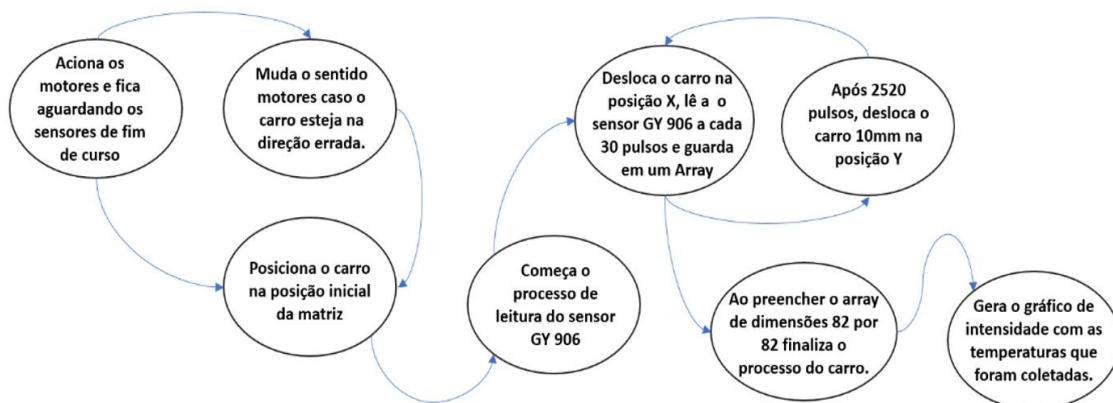


Fig. 5 – Máquina de Estado.



Pegando como exemplo o corpo humano com uma temperatura média de 37°C em um ambiente com temperatura de 25°C, a diferença será de 12°C. Como nem todos os pontos do corpo terão os 37°C, como pode ser observado na Figura 6 [12], que mostra a temperatura corporal em um ambiente frio e quente, a diferença de temperatura irá variar de 2 a 11°C.

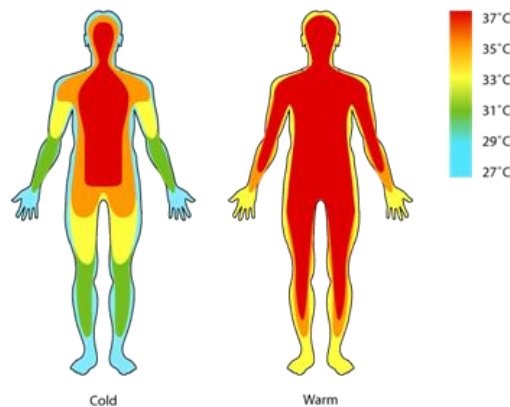


Fig. 6 – Temperatura corporal em um ambiente frio e quente [12]

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi montado um cenário para o levantamento de dados como mostrado na Figura 7. À direita, temos a matriz 420mm por 420mm; no carro está presente o Arduino Micro junto com o sensor IR GY 906 – melhor observado na Figura 8 (a). Ao centro da Figura 7, está a placa do Arduino UNO conectada aos *Easy Driver* para os controles dos motores de passo *Nema 17*. À esquerda, observamos um computador com o *software* LabVIEW para processar as informações com o VI construído, como discutido anteriormente. O processo foi filmado por uma *webcam* (seta em vermelho) para validação dos dados obtidos.

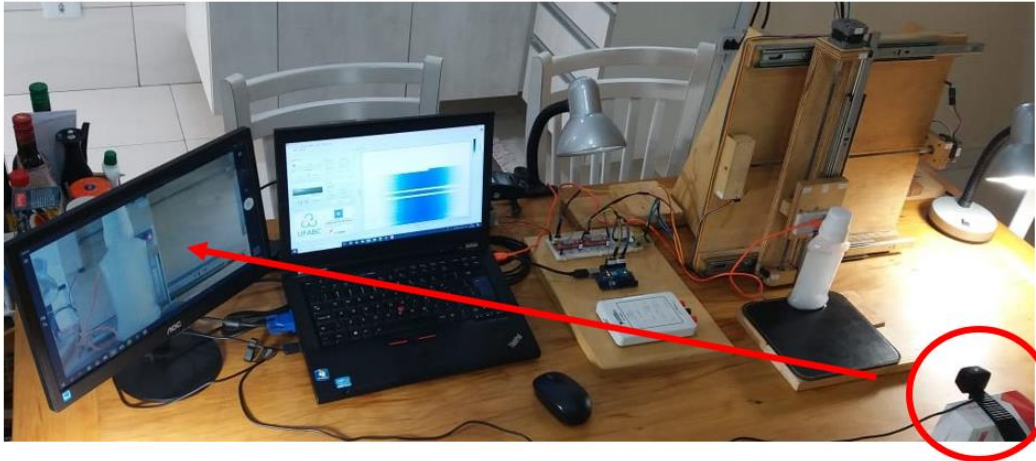
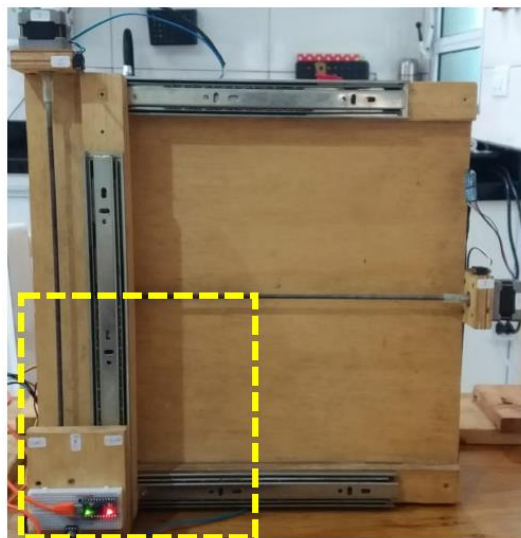


Fig. 7 – Cenário para aquisição de dados (out, 2019)

Um inconveniente na montagem desta matriz é o tempo de varredura que pode durar até 1 hora e 40 minutos para pegar os 6.724 elementos, considerando o tamanho de 420mm por 420mm. O tempo elevado é por causa do parafuso de 5mm (M5) usado para deslizar o carro tanto no eixo X como no eixo Y (foi observado que a melhor solução seria ter usado um fuso trapezoidal Tr8-8).

Para melhorar os dados de medições nas condições da matriz, foi utilizada uma garrafa com água congelada – considerando que esta troca de calor com o meio é mais demorada do que com líquido quente. Para diminuir o tempo de varredura, utilizamos um quarto da dimensão da matriz, ou seja, percorremos somente 210mm do eixo X e 210mm do eixo Y, diminuindo assim o tempo de varredura para 26 minutos.





(a)

(b)

Fig. 8 – (a) Alvo garrafa com gelo (out, 2019) – (b) Utilização de  $\frac{1}{4}$  da matriz ficando 210mm por 210mm (out, 2019)

Adaptando o VI para as novas condições da matriz, obtemos os resultados da Figura 9. O novo cenário teve 40 medidas em X e 40 em Y, resultando uma matriz com 1600 elementos. O tempo para leitura foi de 26 minutos e 21 segundos.

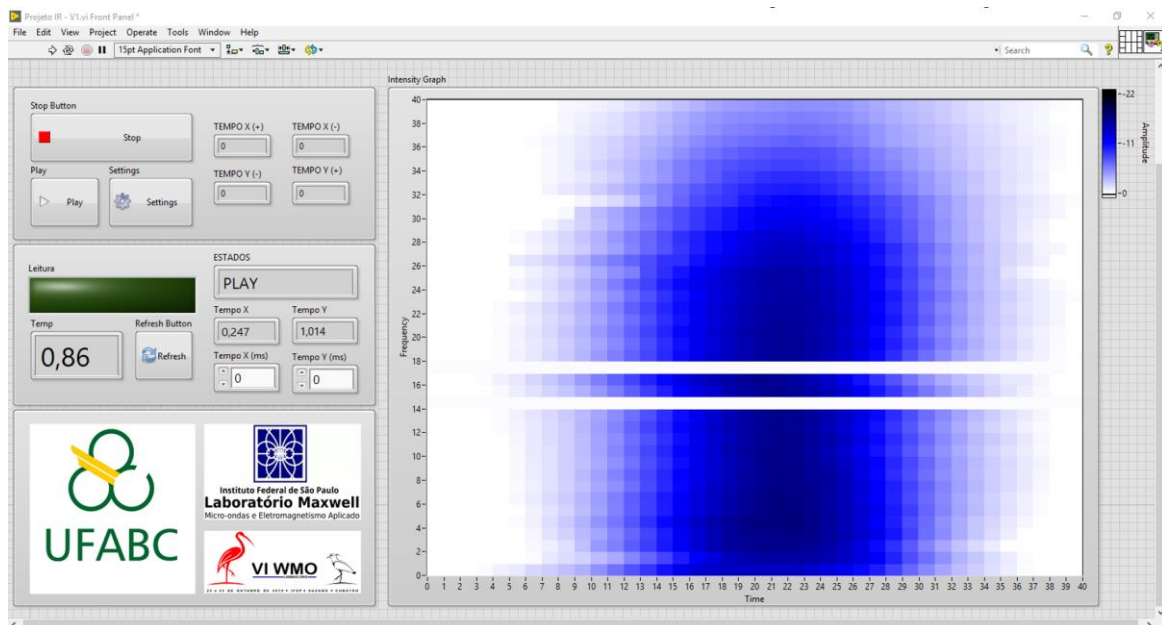


Fig. 9 – Dados obtidos através do VI.

Esses resultados são considerados razoáveis já que a velocidade dos motores não foi tão grande. Os dados desta matriz 40x40 foram apresentados de forma direta ao gráfico de intensidade, sem nenhum tratamento e no futuro poderá ser aplicado um *Machine Learning* para o reconhecimento de objetos, como reconhecimento de objetos através do seu contorno, por exemplo, podendo ser essas informações processadas em nuvem através das ferramentas de IoT (*Internet of Thing* – Internet das coisas).

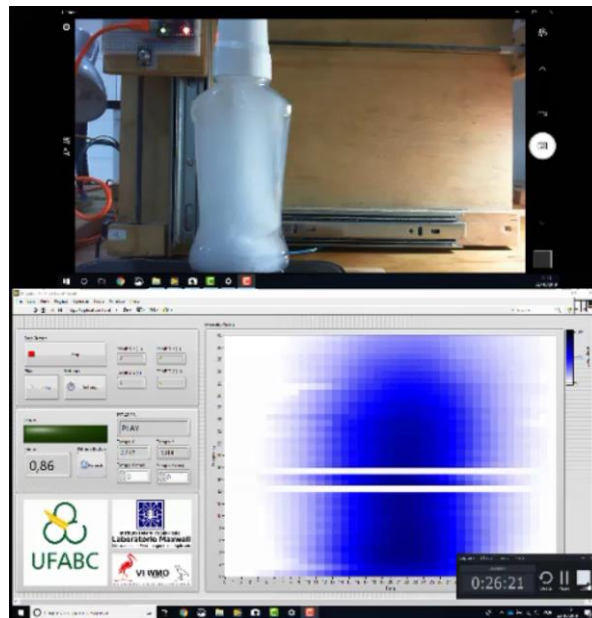


Fig. 10 – Resultado obtido pelo vídeo.

## REFERÊNCIAS

- [1] Dean L. Mensa. High Resolution Radar Cross-Section Imaging. Artech House, Inc., Norwood, MA, USA.
- [2] PROCEEDINGS OF THE IEEE, VOL. 66, NO. 5, MAY 1978 563 Tutorial Review of Synthetic-Aperture Radar (SAR) with Applications to Imaging of the Ocean Surface KIYO TOMIYASU.
- [3] Journal of Hydrology, Advances in soil moisture retrieval from synthetic aperture radar and hydrological applications.
- [4] IEEE SENSORS JOURNAL, VOL. 11, NO. 2, FEBRUARY 2011 Instrumental CWLFM High-Range Resolution Radar in Millimeter Waveband for ISAR Imaging Álvaro Blanco-del-Campo, Alberto Asensio-López, Javier Gismero-Menoyo, Blas Pablo Dorta-Naranjo, and Javier Carretero-Moya, Student Member, IEEE.
- [5] Goldstone Solar System Radar Observatory: Earth-Based Planetary Mission Support and Unique Science Results By Martin A. Slade, Member IEEE, Lance A. M. Benner, and Arnold Silva, Proceedings of IEEE.
- [6] Terahertz imaging comes into view Don Arnone, Craig Ciesla and Michael Pepper, 2000 Phys. World 13 (4) 35.
- [7] Thermal Imaging and Its Application In Defence Systems Aparna Akula, Ripul Ghosh, H K Sardana, AIP Conference Proceedings 1391, 333 (2011).
- [8] The Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine Carolin Hildebrandt<sup>1</sup>, Karlheinz Zeilberger, Edward Francis John Ring<sup>3</sup> and Christian Raschner, Ultrasound Feb 2012.

[9] Application of Infrared Thermography Technique in Transformers Maintenance in Distribution Network Emil Mechkov, 2017 15th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA).

[10] Infrared Focal Plane Array Technology DEAN A. SCRIBNER, MELVIN R. KRUER, AND JOSEPH M. KILLIANY, PROCEEDINGS OF THE IEEE. VOL 79. NO 1, JANUARY 1991.

[11] MELEXIS, Microelectronic Integrated Systems, Data Sheet. “MLX90614 family Single and Dual Zone Infra-Red Thermometer in TO-39” 14/09/2006.

[12] MEITAL, James, “Infrared Therapy: 14 PROVEN Health Benefits (& Home Uses)” web site: <https://www.infrared-light-therapy.com/infrared-therapy-health-benefits/> - acessado em: 02/10/2019.