

## Miliohmímetro

**Francisco Ocimar, Gilmar Ribeiro, Thalles Oliveira, Vinícius Teixeira, Marcos Vagner Zamboni**

Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo

francisco.nascimento16@fatec.sp.gov.br, gilmar.santos16@fatec.sp.gov.br, thalles.almeida@fatec.sp.gov.br,  
vinicius.macedo5@fatec.sp.gov.br, marcos.zamboni@fatec.sp.gov.br

**RESUMO:** Este trabalho visa aprimorar a instrumentação industrial para medir resistências muito pequenas. Para isso, foi desenvolvido um miliohmímetro, um dispositivo especializado para medir resistências baixas com precisão, já que multímetros convencionais não conseguem detectar essas pequenas variações. Os métodos envolveram a comparação entre o miliohmímetro e multímetros em diversos cenários para validar a precisão do equipamento. Os resultados mostraram que o miliohmímetro é significativamente mais eficaz na detecção de resistências pequenas, facilitando o trabalho de eletrônicos e eletricitistas. Concluiu-se que o miliohmímetro é essencial para aplicações industriais que requerem medições precisas de resistências baixas.

**Palavras-chave:** Instrumentação. Comparação. Resistências pequenas. Precisão.

**ABSTRACT:** This work aims to improve industrial instrumentation to measure very small resistances. To achieve this, a milliohmmeter was developed, a specialized device to measure low resistances accurately, as conventional multimeters cannot detect these small variations. The methods involved comparing the milliohmmeter and multimeters in different scenarios to validate the equipment's accuracy. The results showed that the milliohmmeter is significantly more effective in detecting small resistances, facilitating the work of electronics and electricians. It was concluded that the milliohmmeter is essential for industrial applications that require accurate measurements of low resistances.

**Keywords:** Instrumentation. Comparison. Small resistances. Precision.

## 1. Introdução

O trabalho se concentrou na instrumentação industrial, com ênfase na medição precisa de resistências muito pequenas em fios, resistores de potência de baixo valor (em equipamentos de alta corrente), baterias de alta potência (internas), chaves e interruptores de alta corrente. Para essas medições, o uso do miliohmímetro é indispensável, pois ele permite a detecção de resistências na faixa de miliohms, que não são identificáveis com multímetros convencionais devido à sua menor resolução.

O miliohmímetro é crucial para identificar falhas em componentes de sistemas eletrônicos e elétricos. Além disso, a capacidade de realizar medições confiáveis e detalhadas contribui para a manutenção e o desenvolvimento de equipamentos industriais, garantindo a eficiência e a segurança das operações.

Assim, o objetivo do trabalho foi desenvolver um miliohmímetro, uma ferramenta indispensável para eletrônicos e eletricitas na realização de diagnósticos e ajustes precisos. Observou-se uma carência no mercado por dispositivos que ofereçam essa precisão, especialmente com uma tolerância de  $\pm 0,4\%$ . O desenvolvimento deste equipamento visa atender essa demanda, promovendo melhorias significativas na capacidade de testar resistências de componentes de forma eficaz.

## 2. Fundamentação teórica

A instrumentação industrial é um campo fundamental para a automação e controle de processos, onde a precisão na medição de grandezas elétricas desempenha um papel crucial. Entre as diversas medições necessárias, ao dimensionamento de resistências muito pequenas, como aquelas encontradas em fios e resistores de potência de baixo valor, se destacam pela sua importância. O uso do miliohmímetro torna-se indispensável, dada a sua capacidade de detectar resistências na faixa de miliohms, essencial para a manutenção e eficiência de sistemas eletrônicos e elétricos (Silva *et al.*, 2020).

### 2.1 Miliohmímetro: Princípios de Funcionamento e Aplicações

O miliohmímetro é um dispositivo projetado especificamente para medir resistências muito baixas, geralmente na ordem de miliohms ( $m\Omega$ ). Diferente dos multímetros convencionais, que possuem uma resolução limitada, o miliohmímetro utiliza técnicas como o método de quatro fios (Ponte de Kelvin) que ajuda a minimizar os erros causados pelos valores baixos das resistências dos cabos, contribuindo para resultados mais confiáveis em medições de resistência em ambientes variados (Brites, 2021).

Essa configuração permite que a corrente flua através do objeto de teste, enquanto a

tensão é medida diretamente nos terminais do mesmo (Oliveira; Santos, 2019).

As aplicações do miliohmímetro são vastas e incluem a identificação de falhas em componentes eletrônicos e avaliação da qualidade de conexões elétricas (Pereira, 2021). A capacidade de realizar medições confiáveis e detalhadas é essencial não apenas para a manutenção preventiva, mas também para a análise de desempenho e confiabilidade de equipamentos industriais.

## **2.2 O que é a ponte de Kelvin?**

A ponte de Kelvin é um dispositivo de medição de resistência de alta precisão que foi desenvolvido para eliminar os erros associados à resistência dos fios de conexão em medições de resistores de baixa resistência. O princípio básico por trás da ponte de Kelvin é a utilização de um circuito de quatro fios (ao invés dos tradicionais dois fios), o que permite eliminar os efeitos da resistência dos próprios cabos e das conexões. Ela foi projetada para superar as limitações da ponte de Wheatstone quando se trata de medir resistências muito baixas, em particular no caso de resistores de valores muito pequenos, como mili-ohms ( $m\Omega$ ) ou micro-ohms ( $\mu\Omega$ ) (Brites, 2021).

Os quatro fios são dispostos de maneira que dois fios conduzem a corrente elétrica para o resistor em teste, enquanto os outros dois fios são utilizados exclusivamente para medir a tensão diretamente no resistor. Essa separação entre os fios de corrente e os fios de medição de tensão evita que a resistência dos fios de medição interfira nas leituras de tensão e, conseqüentemente, nas medições de resistência (Brites, 2021).

Ao garantir que a corrente não passe pelas conexões de medição de tensão, a ponte de Kelvin elimina a influência da resistência dos cabos e das conexões, que poderia resultar em um erro significativo, especialmente quando se trabalha com resistores de baixa resistência (Brites, 2021).

## **2.3 Importâncias na Manutenção e Desenvolvimento de Equipamentos**

A manutenção eficiente de sistemas elétricos e eletrônicos é vital para garantir a continuidade das operações em ambientes industriais. O uso do miliohmímetro contribui significativamente para essa manutenção, permitindo que eletricitistas e engenheiros realizem diagnósticos precisos e ajustes necessários (Moura; Lima, 2022). Com medições precisas de resistências, é possível detectar falhas antes que se tornem críticas, reduzindo custos com reparos e minimizando o tempo de inatividade.

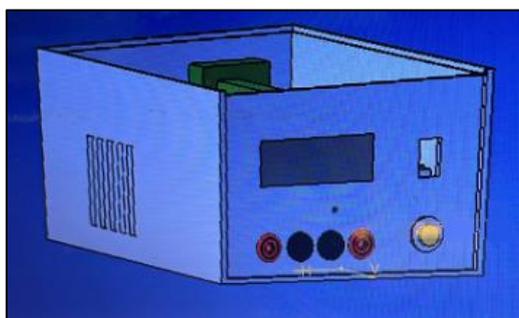
### 3. Metodologia

O desenvolvimento do equipamento começou com a identificação de uma carência no campo para testar resistências de componentes de forma precisa. O miliohmímetro foi escolhido para atender a essa necessidade, usando o método de Ponte de Kelvin, que aplica uma corrente para medir a tensão e, com base na Lei de Ohm, calcular a resistência com maior precisão.

Foi elaborado o esquemático da placa lógica e o layout, com a soldagem dos componentes. Um microcontrolador (PIC16F877A) foi integrado, para executar um programa capaz de receber os parâmetros de medição.

Para o enclausuramento da placa lógica foi utilizado o software 3DExperience CATIA para criar o design do gabinete de proteção (Figura 1) e após o passo anterior foi realizado a impressão numa impressora 3D.

Figura 1 – Esboço do Design do Gabinete do Miliohmímetro



Fonte: Autores (2024).

A fase de testes foi considerada essencial para validar o desenvolvimento. Nessa etapa, foram selecionados materiais como fios, resistores de precisão e cabos para medir a resistência e verificar se os valores estão dentro das especificações dos fabricantes. A partir dos resultados dos testes, foi possível realizar ajustes, tanto no código do microcontrolador quanto na substituição de componentes, para aprimorar o produto final.

### 4. Desenvolvimento do projeto

A implementação de um miliohmímetro para ambientes industriais visa aplicações que exigem medições confiáveis, como a resistência em componentes elétricos de grandes maquinários (Chau; Clarke; Kyeremeh, 2021). Para isso, a concepção do funcionamento da placa foi direcionada a esse contexto, utilizando o método de 4 fios, também conhecido como Método da Ponte de Kelvin, que funciona usando os fios dos bornes de C1 e C2 para alimentar o circuito com a corrente controlada de 100 mA ou 1 A e os fios ligados aos bornes de P1 e

P2 servem para ler a queda de tensão, assim eliminando a perda nos fios dos cabos de medição do aparelho, logo tornando-se efetivo num ambiente industrial.

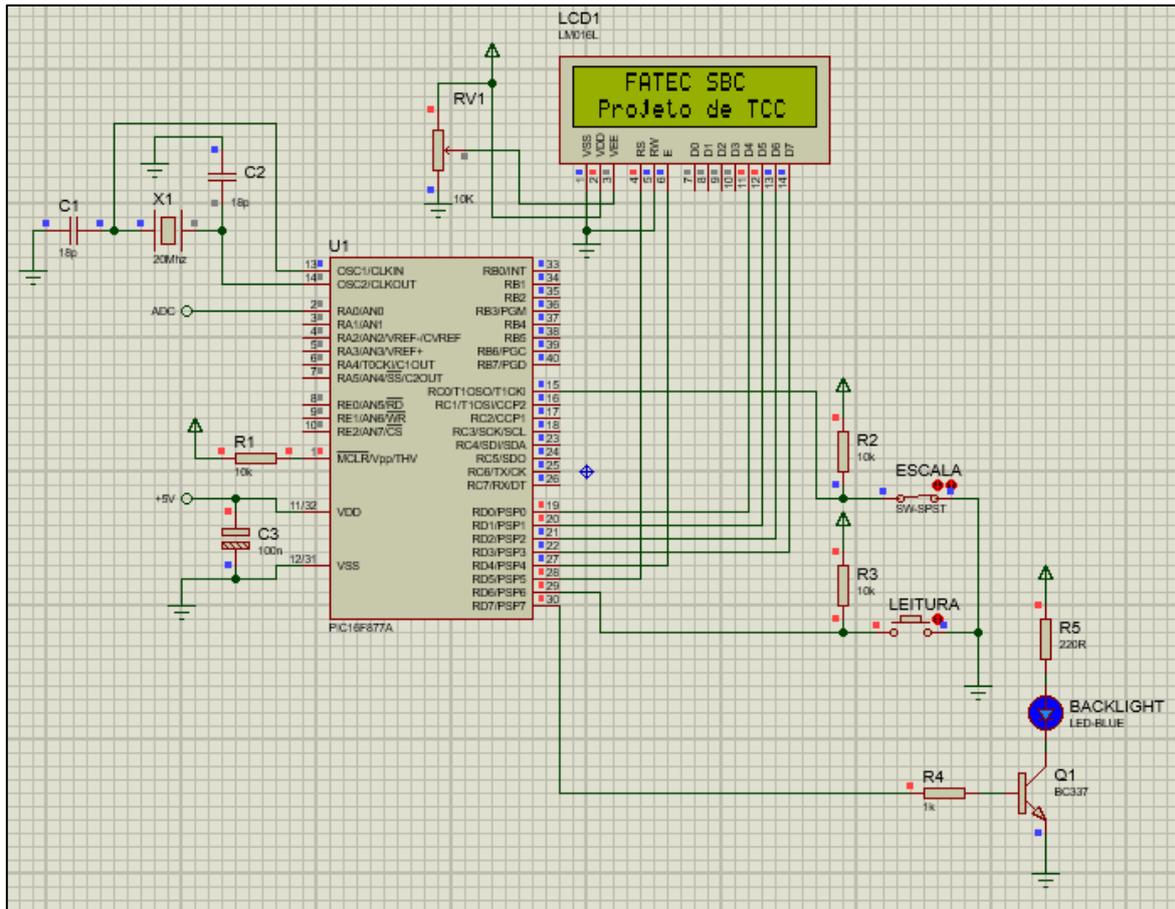
Utilizando o princípio da lei Ohm de que a eletricidade que relaciona a tensão (V), a corrente (I) e a resistência (R), é possível projetar o circuito da placa lógica para induzir uma corrente controlada de 100 mA ou até mesmo 1 A (Figura 4) em uma resistência que gera uma tensão e assim dividindo tensão por corrente, sendo então possível encontrar o valor da resistência em miliohms, desde que ela não possua um valor acima de 5000 mΩ no qual o equipamento encontra-se em seu valor máximo de medição para qual foi projetado.

No mercado, os miliohmímetros não são microcontrolados, pois eles utilizam o CI ICL7106, que é um processador que faz apenas conversão ADC, por isso a maioria não consegue realizar uma medição numa escala de 0 a 5000 mΩ, porque é limitado o valor máximo de até 2000 mΩ em miliohmímetros comerciais que proporcionam um valor de 0 a 2000 mΩ, devido ao range dele ser de até dois, sendo assim, obrigando-o a restringir nesse valor. O trabalho desenvolvido não possui esse limitador no fundo de escala pelo fato de ser microcontrolado pelo PIC16F877A, que abre margem para termos de um alcance maior de medição.

Definindo os conceitos básicos e as ideias pelo qual o trabalho iria se desenvolver foi criado o circuito eletrônico da placa lógica no Proteus 8 Professional, que é um software que serve para o desenvolvimento de circuitos eletrônicos e para desenhar layouts de placas lógicas e no software foi gerado os circuitos analógicos para induzir a corrente nas resistências, o circuito que realiza a leitura da queda de tensão com o CI OP07 (Figura 3) que é um amplificador operacional que se comunica diretamente com o PIC16F877A que é o microcontrolador responsável por receber o programa, realizar o controle de dados do trabalho e a conversão ADC (conversão de sinal analógico para sinal digital), podendo assim realizar os cálculos das resistências e mostrar os resultados no Display LM016L (Figura 2).

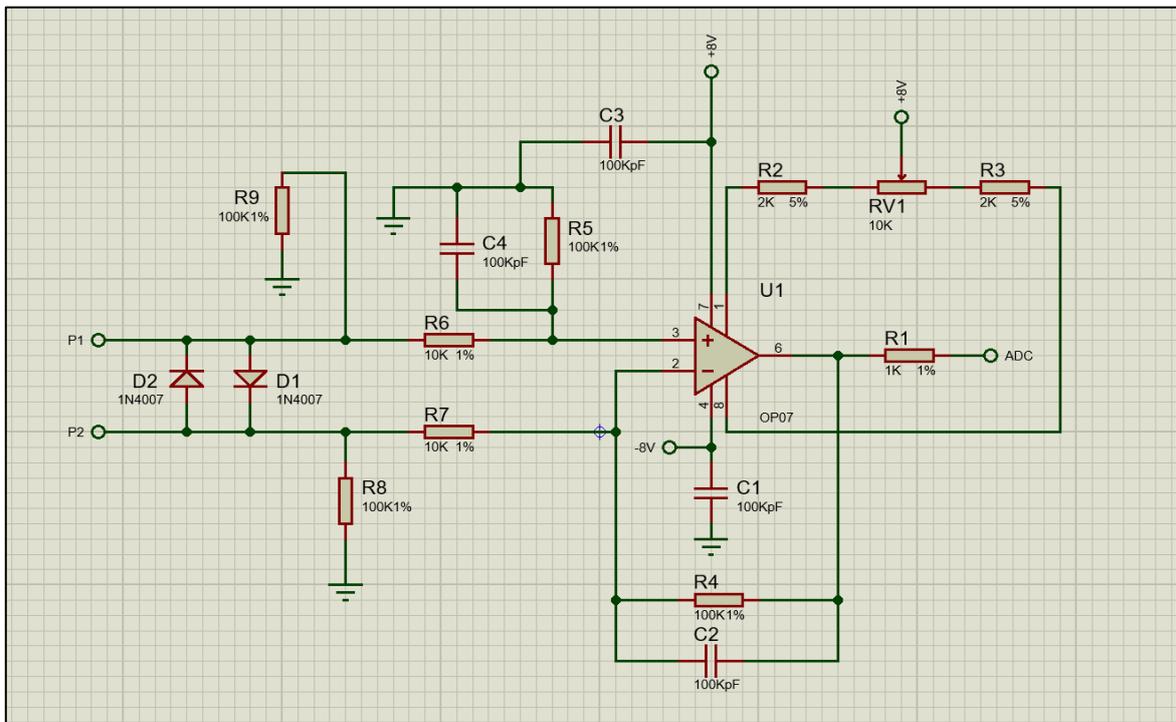
Para alimentar o amplificador operacional OP07 e os geradores de corrente de 100 mA e 1 A, se torna necessário o uso de um gerador de +8 V e um de -8 V, que é uma fonte de alimentação bipolar que fornece duas tensões simétricas (positiva e negativa), usada no circuito que necessita de dois níveis de tensão para funcionar corretamente. (Figura 5).

Figura 2 – Esquema elétrico das ligações do PIC16F877A



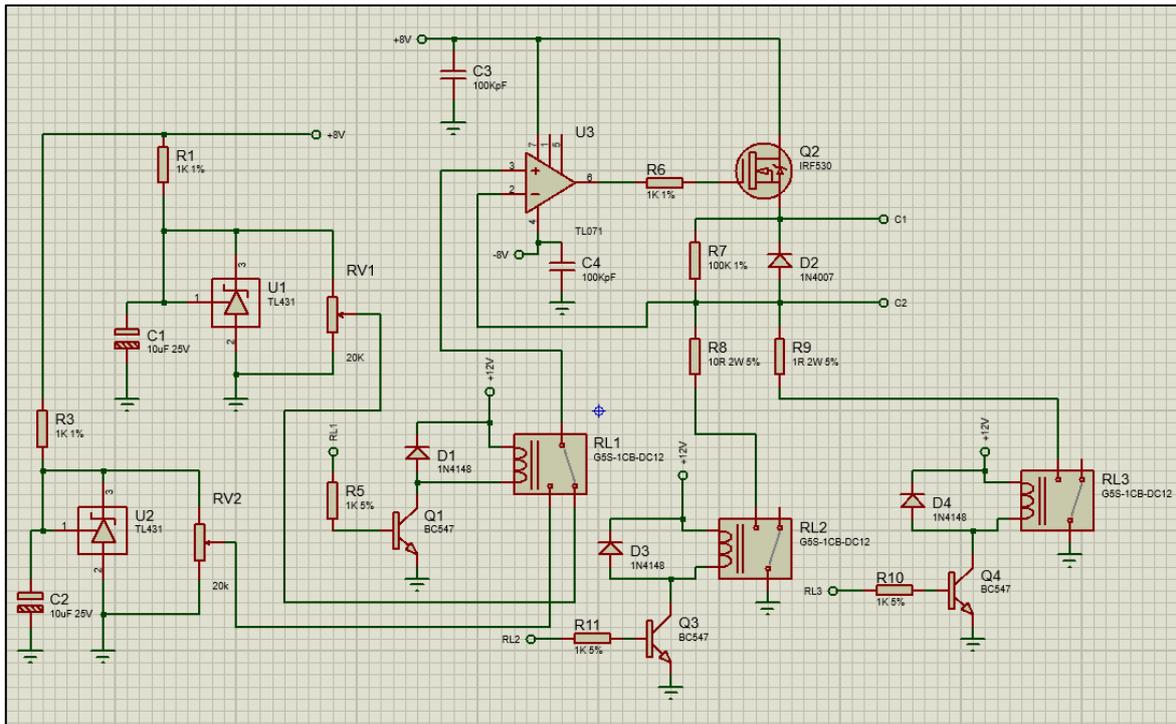
Fonte: Autores (2024).

Figura 3 – Esquema elétrico das ligações do amplificador operacional OP07



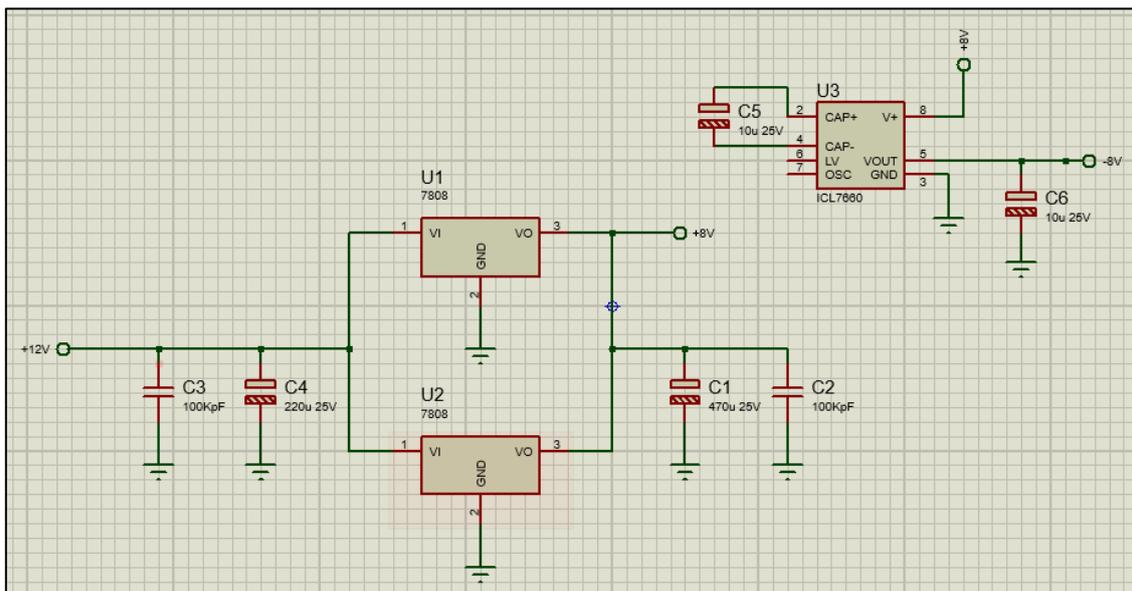
Fonte: Autores (2024).

Figura 4 – Esquema elétrico das ligações dos geradores de corrente de 100 mA e 1 A



Fonte: Autores (2024).

Figura 5 – Esquema elétrico das ligações dos geradores de tensão +8 V e -8 V

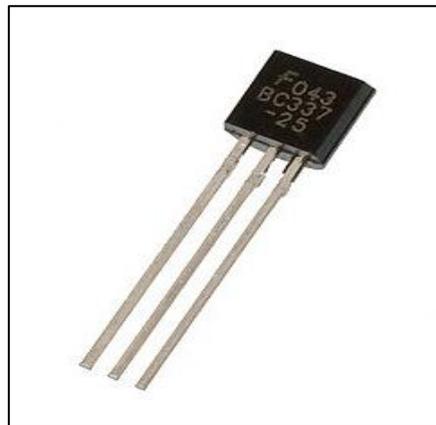


Fonte: Autores (2024).

Após a construção do circuito eletrônico, foram realizados os processos de programação do PIC virtual em paralelo com o processo de testes no simulador do Proteus 8 Professional, afim de validar o funcionamento tanto do circuito quanto do programa desenvolvido e assim foi comprovado que ambos funcionavam no simulador. Iniciou-se o desenvolvimento do desenho da placa lógica, ainda no mesmo software, criando o formato da placa, trilhas e plano de terra.

Com o layout da placa finalizado, foi feita uma cotação com a empresa Highmed que realiza a produção de placas lógicas e após o envio do layout levou-se 3 dias para a produção de 3 placas lógicas e assim que ela foi entregue começou-se o processo de solda de cada componente e a inclusão do display LM016L para visualizar as medições, botão pulsante para dar início a leitura, chave seletora de duas posições para selecionar entre as escalas de 0 a 500 m $\Omega$  e de 0 a 5000 m $\Omega$ , circuito do *backlight* (um circuito com o transistor BC337 para chavear o VSS que é à tensão do terminal de aterramento comum do circuito) que serve para acender e apagar o display a cada leitura que ele realiza (Figura 6), fios com bournes para receberem as pontas de provas das garras jacaré (Figura 7) e uma fonte de alimentação com 12 Volts de 5 Amperes de saída para fornecer a energia necessária ao circuito.

Figura 6 – Transistor BC337



Fonte: SERMARKER. Transistor NPN BC337. Sermarker, [s.d.].

Figura 7 – Garra Jacaré



Fonte: LOJALUNICOM. Home. Lojalunicom, [s.d.].

As garras jacaré tem a funcionalidade de se conectarem as resistências que forem ser medidas, pois será por elas que a corrente irá passar e como o equipamento trabalha com uma corrente de 1 A, se torna necessário utilizar um fio de 2,5 mm de diâmetro para a conexão dos

cabos aos pinos banana que são utilizados como *plugs* para os bournes soldados na placa. As garras jacaré de medição foram confeccionadas a mão, sendo soldado o fio de 2,5 mm no pino banana (Figura 8) e após isso fixado diretamente na garra.

Figura 8 – Pinos Banana

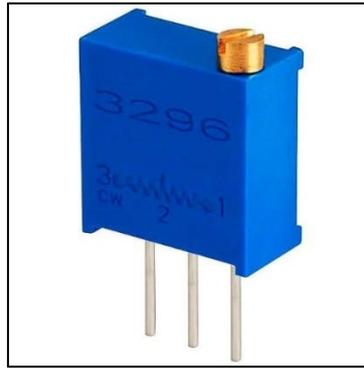


Fonte: RYNDAK COMPONENTES. Home. Ryndak Componentes, [s.d.].

Com a construção da placa lógica e seus componentes, foi realizado a gravação do PIC16F877A com uma placa de gravação externa para descarregar todo o programa do trabalho no microcontrolador, assim entrando na fase de calibração antes de ser validado os testes e resultados do equipamento, o que se torna importante para se obter um valor com extrema precisão. A alta precisão para medições de baixa resistência e oferecer precisão melhorada para valores abaixo de  $1 \Omega$  é uma função que o miliohmímetro executa com perfeição (Ramirez; Gonzalez; Pérez, 2019).

A primeira calibração a ser feita é a da corrente, pois é necessário verificar se está chegando o valor da corrente correta de 100 mA ou 1 A. Foi necessário um multímetro para validar o valor em Amperes que o equipamento está gerando nas garras jacaré, prendendo as pontas de prova do multímetro nas garras, bastando assim executar o processo de medição e olhar se no multímetro está com 100 mA ou 1 A dependendo da escala escolhida, e se caso não esteja há dois Trimpots de  $20 K\Omega$  (Figura 9) dedicados para o ajuste fino da corrente de cada escala, assim sendo possível regular a corrente.

Figura 9 – Trimpot 3296W de 20 K $\Omega$



Fonte: RS COMPONENTES. Home. RS Componentes, [s.d.].

A segunda calibração a ser feita é a da queda de tensão lida na conversão ADC (conversão de sinal analógico para sinal digital) sendo para isso necessário fechar as duas garras de medição em curto para verificar se o valor resultará em 0 m $\Omega$ . Caso o valor seja diferente de 0 m $\Omega$ , é preciso ser ajustado no Trimpot de 10 K $\Omega$  dedicado ao circuito de leitura da queda de tensão até chegar ao valor desejado.

Após as duas importantes calibrações do miliohmímetro, foi elaborado um gabinete para proteção, evitando que os fios soldados rompam ou que as trilhas da placa lógica sofram com a energia ESD (quando há uma rápida transferência de carga estática entre dois objetos com potenciais diferentes, sendo nocivo para componentes eletrônicos) e promovendo um design ao equipamento o tornando mais atrativo e útil ao público. Para a elaboração do design do gabinete foi utilizado o software 3DExperience CATIA e, por fim, foi impresso numa impressora 3D (Figura 10) como citado na seção 3.

Figura 10 – Gabinete do Miliohmímetro feito em impressora 3D



Fonte: Autores (2024).

## 5. Testes e resultados

O primeiro teste realizado foi o teste de precisão em resistências conhecidas com o objetivo de validar a precisão do miliohmímetro medindo resistências com valores conhecidos (como por exemplo 1 m $\Omega$ , 10 m $\Omega$ , 100 m $\Omega$ ). O método utilizado foi o de medir a resistência usando o miliohmímetro e comparar com os valores esperados, uma vez sendo que as medições devem estar dentro de  $\pm 0,4\%$  do valor conhecido. O resultado foi a confirmação de que o miliohmímetro pode medir resistências muito baixas com precisão (Figura 11).

Resistores de miliohm são frequentemente utilizados em aplicações de medição de corrente, permitindo medições precisas em vários sistemas elétricos sem perda significativa de energia (Sawhney, 2015).

Figura 11 – Resistores de precisão usados no teste



Fonte: Autores (2024).

O segundo teste foi a medição de cabos pois existem diversos tipos de cabos (como cabos de cobre, alumínio e de aterramento) ressaltando a importância da medição de resistência elétrica por meio de um miliohmímetro, que num meio industrial, verificar a resistência dos cabos, garantir conexões adequadas, testar sistemas de aterramento e detectar falhas, se tornam importantes, pois as medições ajudam a assegurar eficiência, segurança e confiabilidade nas instalações elétricas, sendo fundamentais para o dimensionamento e a seleção de cabos nas aplicações industriais (Mamede, 2017).

A realização do teste de comparação com multímetros convencionais, teve como objetivo comparar a precisão do miliohmímetro com um multímetro convencional, fazendo uma medição com a mesma resistência baixa com ambos os dispositivos, assim mostrando medições mais precisas e consistentes em resistências abaixo de 10 m $\Omega$ , confirmando que o miliohmímetro pode medir resistências muito baixas com precisão, superando os multímetros convencionais.

No teste de erros de medição foi avaliado a influência de fatores externos (como temperatura e qualidade das conexões), realizando medições em condições controladas e, em seguida, em ambientes variáveis (umidade, temperatura), o que se esperava com esse teste é que o equipamento deveria manter a precisão em condições normais; no entanto, houve uma ligeira variação sob condições extremas. A identificação de limites de precisão em condições adversas, ajuda a entender as aplicações ideais para o dispositivo.

O último teste realizado foi o de robustez e durabilidade com o intuito garantir que o equipamento seja capaz de resistir às condições adversas de ambientes industriais, como vibrações, choques, poeira e umidade. Os resultados indicam que, após a exposição a essas condições, o dispositivo continua funcionando corretamente, mantendo medições dentro das especificações. Isso reforça a confiabilidade do equipamento em cenários industriais, aumentando a confiança dos usuários na sua utilização.

Entretanto, o fato de o miliohmímetro gerar corrente elétrica e, conseqüentemente, se aquecer, traz a necessidade de cuidados no design, como a inclusão de saídas de ar no gabinete, para evitar o sobreaquecimento. O calor excessivo pode comprometer o desempenho do dispositivo, e a umidade, se penetrar pelas saídas de ar, pode causar corrosão nos componentes eletrônicos. Portanto, é importante garantir que o equipamento seja usado em ambientes com temperatura e umidade controladas, evitando locais extremamente quentes ou úmidos, onde essas condições possam comprometer a durabilidade e funcionalidade do miliohmímetro.

## **6. Considerações finais**

O trabalho reafirma a importância do miliohmímetro como uma ferramenta indispensável na instrumentação industrial, especialmente na medição de resistências muito pequenas. A pesquisa demonstrou que, ao utilizar o método de quatro fios (Ponte de Kelvin), o miliohmímetro não apenas superou as limitações dos multímetros convencionais, mas também proporcionou medições precisas e confiáveis em condições variadas. Os testes realizados confirmaram a eficácia do dispositivo na identificação de falhas em sistemas elétricos e na verificação da qualidade de conexões, essenciais para a segurança e eficiência das operações industriais.

Este instrumento também pode ser essencial para medir a resistência de aterramento, identificar falhas e não conformidades, validar a eficácia dos sistemas de aterramento e realizar inspeções regulares, prevenir acidentes, promovendo um ambiente de trabalho seguro (Cantanhede, 2021).

Um aspecto especialmente relevante do miliohmímetro é sua capacidade de localizar curtos-circuitos em placas lógicas, um desafio comum na manutenção de equipamentos

eletrônicos. Essa função não só acelera o diagnóstico e a reparação, reduzindo o tempo de inatividade, mas também diminui os custos operacionais associados a falhas em sistemas críticos. Ao permitir uma identificação rápida e precisa de problemas, o miliohmímetro se torna um aliado estratégico para empresas que dependem de uma operação ininterrupta e confiável.

Além disso, a construção e a calibração meticulosas do equipamento, aliadas à sua robustez em ambientes adversos, garantiram sua viabilidade para uso em aplicações industriais exigentes. O design do gabinete, desenvolvido para proteger o circuito e melhorar a ergonomia do equipamento, também contribui para sua usabilidade e atratividade no mercado.

Por fim, este trabalho não só sublinha a relevância do miliohmímetro na manutenção e desenvolvimento de equipamentos elétricos e eletrônicos, mas também abre caminhos para inovações futuras na área da instrumentação. A crescente demanda por medições precisas em um mundo cada vez mais dependente da eletrônica torna fundamental a continuidade de pesquisas e desenvolvimentos que aprimorem dispositivos como o miliohmímetro (Figura 12), assegurando a confiabilidade e eficiência dos sistemas industriais e fortalecendo a posição das empresas no mercado competitivo.

Figura 12 – Miliohmímetro em apresentação final



Fonte: Autores (2024).

## REFERÊNCIAS

- BRITES, P. **Curso de eletrônica básica com Paulo Brites**. 2021. Disponível em: <https://www.paulobrites.com.br/tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-o-metodo-de-quatro-pontas-ou-metodo-de-kelvin/>. Acesso em: 20 mar. 2024.
- CANTANHEDE, M. A. S. **Avaliação de não conformidades em aterramento em máquinas e equipamentos elétricos móveis em canteiro de obras**. 2021. 56 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) — Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2021. Orientador: Rui Nelson Otoni Magno. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/14328>. Acesso em: 16 mai. 2024.
- CHAU, P. H.; CLARKE, A. J.; KYEREMEH, N. E. Design and implementation of a milliohmmeter for industrial applications. **Measurement Science and Technology**, v. 32, n. 11, nov. 2021.
- LOJALUNICOM. Home. **Lojalunicom**, [s.d.]. Disponível em: <https://www.lojalunicom.com.br>. Acesso em: 16 nov. 2024.
- MAMEDE FILHO, J. **Instalações elétricas industriais**. 9 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- MOURA, F.; LIMA, A. A relevância do miliohmímetro na manutenção industrial. **Engenharia e Prática**, São Paulo, v. 9, n. 4, p. 89-97, out. 2022.
- OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, M. F. Métodos de medição de resistências baixas: uma revisão. **Journal of Electrical Engineering**, v. 7, n. 2, p. 101-110, 2019.
- PEREIRA, T. Miliohmímetros: aplicações na indústria. **Revista Brasileira de Eletrônica**, v. 15, n. 1, p. 67-74, 2021.
- RAMIREZ, M. D.; GONZALEZ, J. P.; PÉREZ, S. V. Development of a high precision milliohmmeter for low resistance measurements. **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, v. 68, n. 4, p. 1574-1582, Apr. 2019.

RS COMPONENTES. Home. **RS Componentes**, [s.d.]. Disponível em:  
<https://www.rscomponentes.com>. Acesso em: 16 nov. 2024.

RYNDAK COMPONENTES. Home. **Ryndak Componentes**, [s.d.]. Disponível em:  
<https://www.ryndackcomponentes.com.br>. Acesso em: 16 nov. 2024.

SAWHNEY, A. K. Electrical Measurement and Instrumentation. **New Delhi: Dhanpat Rai & Co.**, 2015.

SERMARKER. Transistor NPN BC337. **Sermarker**, [s.d.]. Disponível em:  
<https://www.sermaker.com/transistor-npn-bc337>. Acesso em: 16 nov. 2024.

SILVA, J. R.; ALMEIDA, P. S.; TORRES, L. Importância da medição de resistências em sistemas elétricos. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 12, n. 3, p. 45-53, 2020.