

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina
Câmpus Chapecó



CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

RELATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO E SISTEMAS DE MEDIÇÃO

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Eduardo Paz Putti, Gabriel E. Dettenborn, Raian Lobato

Chapecó, SC, Brasil.

6º SEMESTRE – 2025

RESUMO _ O relatório apresenta os experimentos realizados em laboratório utilizando um multímetro de bancada e um osciloscópio analógico. Primeiramente, foi montada uma ponte de Wheatstone com quatro extensômetros, cuja caracterização elétrica foi feita por meio da medição de resistência a quatro fios, tanto em condição sem carga quanto com a aplicação de uma massa de 200 g, permitindo calcular tensões de saída, impedâncias equivalentes e correntes do circuito, além de validar os resultados teóricos com os valores medidos. Em seguida, foi desenvolvido um circuito RC passa-baixa, utilizando resistor e capacitor previamente medidos, cuja resposta em diferentes frequências foi analisada com o auxílio do osciloscópio. Por fim, conclui-se que as diferenças entre os resultados teóricos e experimentais se devem a limitações dos instrumentos, às condições de contato e de ambiente, bem como a interferências externas que afetam a precisão das medições.

1. Multímetro de bancada

Nos experimentos realizados com o multímetro de bancada, implementou-se uma configuração de ponte de Wheatstone utilizando quatro extensômetros, a fim de assegurar uma resposta aproximadamente linear ao estímulo mecânico. Inicialmente, procedeu-se à caracterização elétrica de cada extensômetro por meio da técnica de medição de resistência a quatro fios, na condição de ausência de carga. Na etapa seguinte, repetiu-se a mesma metodologia, ao aplicar uma massa de 200 g sobre o sistema. Os resultados obtidos, bem como as variações registradas entre as condições de referência e carregamento, encontram-se apresentados na tabela abaixo:

Tabela 1 - Valores encontrados na medição a 4 fios

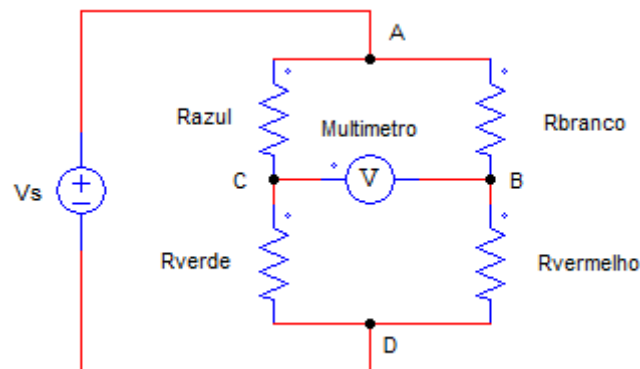
Situação	R azul (Ω)	R branco (Ω)	R vermelho (Ω)	R verde (Ω)
Sem carga	350,341	350,210	350,262	350,223
Com carga	350,284	350,110	350,492	350,270
$\Delta R = R_{com} - R_{sem}$	-0,057	-0,100	+0,230	+0,047

Fonte: *Autoria própria (2025)*

1.1. Valores teóricos

Com base nos valores de resistência obtidos para cada extensômetro, apresentados na Tabela 01, e considerando a tensão de excitação aplicada à ponte ($V_s = 5\text{ V}$), procedeu-se ao cálculo da diferença de potencial entre os terminais **C** e **B** do circuito. Esse valor corresponde à tensão de saída da ponte de Wheatstone, denotada como **V_o** .

Figura 01: Circuito representativo da ponte de wheatstone



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 02: Cálculo da tensão de saída sem carga

$$R_{AZUL_SC} := 350,341$$

$$R_{BRANCO_SC} := 350,210$$

$$R_{VERMELHO_SC} := 350,262$$

$$R_{VERDE_SC} := 350,223$$

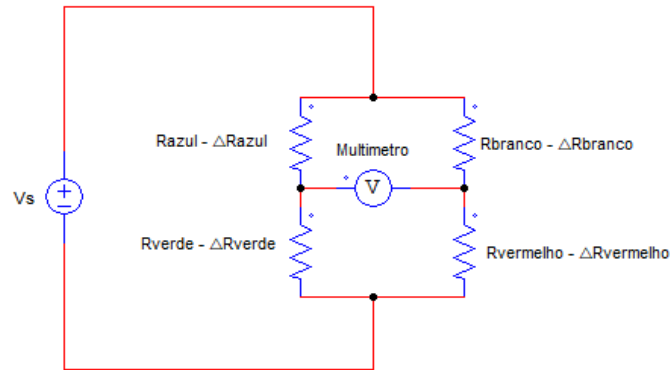
$$V_s := 5 \text{ volt}$$

$$V_{0_SC} := V_s \cdot \left(\frac{R_{AZUL_SC}}{R_{AZUL_SC} + R_{VERMELHO_SC}} - \frac{R_{VERDE_SC}}{R_{VERDE_SC} + R_{BRANCO_SC}} \right) = 2,355 \cdot 10^{-4} \text{ V}$$

Fonte: Autoria própria (2025)

De maneira semelhante foi calculado o valor da tensão Vo para a condição com carga, em que tem a variação ΔR de cada extensômetro.

Figura 03: Circuito representativo da ponte de wheatstone



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 04: Cálculo da tensão de saída com carga

$$\begin{aligned}
 R_{AZUL_CC} &:= 350,284 \\
 R_{BRANCO_CC} &:= 350,110 \\
 R_{VERMELHO_CC} &:= 350,492 \\
 R_{VERDE_CC} &:= 350,270 \\
 V_S &:= 5 \text{ volt} \\
 V_{0_CC} &:= V_S \cdot \left(\frac{R_{AZUL_CC}}{R_{AZUL_CC} + R_{VERMELHO_CC}} - \frac{R_{VERDE_CC}}{R_{VERDE_CC} + R_{BRANCO_CC}} \right) = -1,3132 \cdot 10^{-3} \text{ V}
 \end{aligned}$$

Fonte: Autoria própria (2025)

Após a determinação das tensões de saída para cada condição de operação, foi realizada a estimativa da impedância equivalente do circuito, considerando tanto a situação em ausência de carga quanto sob aplicação de carga.

Figura 05: Cálculo da impedância equivalente sem carga

$$Z_{sc} := \left(\frac{R_{AZUL_SC} \cdot R_{VERMELHO_SC}}{R_{AZUL_SC} + R_{VERMELHO_SC}} + \frac{R_{VERDE_SC} \cdot R_{BRANCO_SC}}{R_{VERDE_SC} + R_{BRANCO_SC}} \right) = 350,259$$

Fonte: Autoria própria (2025)

De forma análoga foi realizado o cálculo para a situação com carga em que são somadas às resistências os valores da variação medida.

Figura 06: Cálculo da impedância equivalente com carga

$$Z_{cc} := \left(\frac{R_{AZUL_CC} \cdot R_{VERMELHO_CC}}{R_{AZUL_CC} + R_{VERMELHO_CC}} + \frac{R_{VERDE_CC} \cdot R_{BRANCO_CC}}{R_{VERDE_CC} + R_{BRANCO_CC}} \right) = 350,289$$

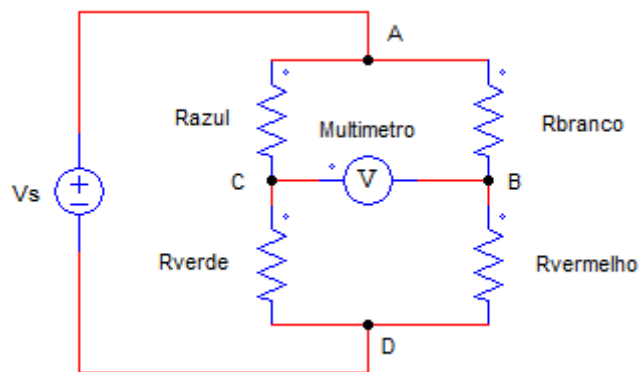
Fonte: Autoria própria (2025)

1.2. Valores medidos

Após ser realizada a montagem da ponte de Wheatstone, foi realizada uma medição a 4 fios nos pontos BC com e sem carga, os valores encontrados foram de 350,703 Ω para a medida sem carga e 350,713 Ω .

Comparando o valor medido com o teórico encontrado, foi visto que há uma diferença de 424 m Ω (350,713 - 350,289) para a condição com carga e de 444 m Ω (350,703 - 350,259) para o caso sem carga.

Figura 07: Ponte de Wheatstone montada



Fonte: *Autoria própria (2025)*

O próximo passo foi aplicar uma fonte de 5V ao circuito (nos pontos AD), e então medir o valor da tensão de saída da ponte (pontos CB), com e sem carga:

- Tensão de saída sem carga (CB) = 0,140 mV;
- Tensão de saída com carga (CB) = 0,103 mV.

Figura 08: Ponte montada com alimentação de 5V



Fonte: *Autoria própria (2025)*

Comparando o valor medido com o teórico encontrado, é visto que há uma diferença

de 0,095 mV sem carga e de 0,459 mV para o caso com carga.

- Diferença da tensão de saída sem carga (CB) = $0,140 - 0,235 = -0,095$ mV;
- Diferença da tensão de saída com carga (CB) = $0,854 - 1,313 = -0,459$ mV;

O passo seguinte foi medir a corrente total fornecida para a ponte, quando a carga está aplicada, e o valor encontrado foi de 13,922 mA como apresentado abaixo.

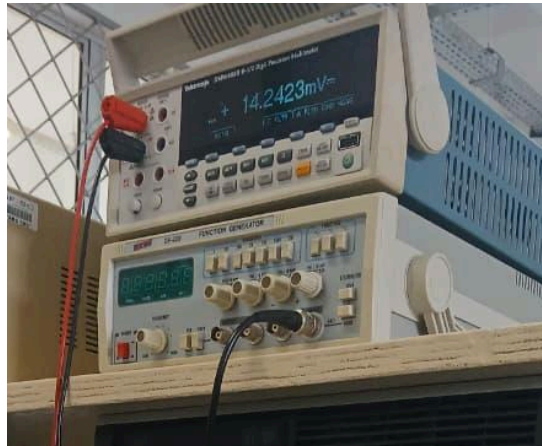
Figura 09: Leitura de corrente total fornecida para a ponte



Fonte: *Autoria própria (2025)*

Posteriormente foi aplicado o método do resistor Shunt, onde é colocado um resistor de $1\ \Omega$ no ponto D da ponte, e então é mensurada a queda de tensão em cima desse resistor. Medindo o resistor shunt pela medição a 4 fios, o valor real dele foi de $1,2\ \Omega$. A queda de tensão encontrada em cima deste resistor foi de 14,2423 mV, o que equivale a uma corrente de 11,8685 mA.

Figura 10: Método do resistor shunt



Fonte: Autoria própria (2025)

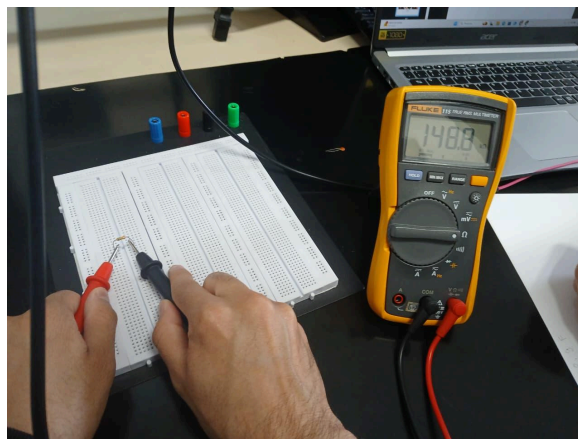
2. Osciloscópio analógico

1. MEDIÇÃO DOS COMPONENTES DO CIRCUITO

As medições dos componentes foram realizadas utilizando um multímetro digital de precisão.

Inicialmente, foi realizada a medição da resistência do resistor na escala de Ω . O valor obtido foi de 148,8 k Ω , valor esse coerente com a identificação de suas faixas de cores e que seria posteriormente utilizado nos cálculos teóricos do circuito RC.

Figura 11 - Medição do Resistor

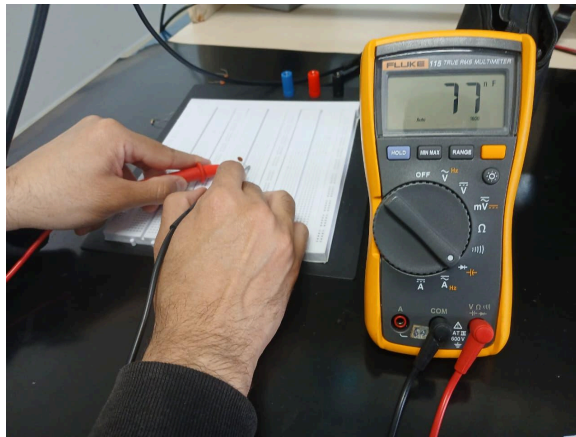


Fonte: Autoria própria (2025)

$$R = 148,8 \text{ k}\Omega$$

Em seguida, foi medida a capacitância de um capacitor cerâmico utilizando a função específica para capacitores do multímetro. O valor medido foi de 77 μF (Figura x).

Figura 12 - Medição do Resistor



Fonte: *Autoria própria (2025)*

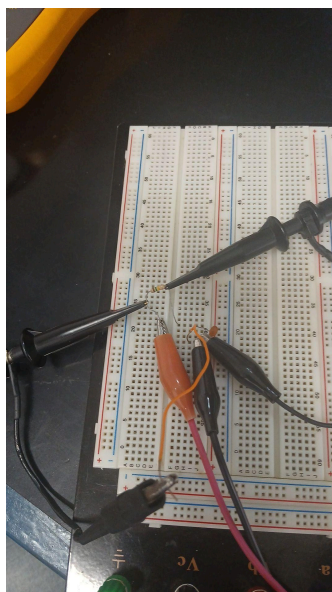
$$C = 77 \text{ nF}$$

Essa capacitância também foi essencial para o cálculo da constante de tempo ($\tau = RC$) e da frequência de corte do filtro passa-baixa implementado. Essas medições foram fundamentais para garantir a confiabilidade dos resultados obtidos tanto na simulação teórica quanto nos testes práticos com o osciloscópio analógico.

II. MONTAGEM DO CIRCUITO

A montagem do sistema RC foi realizada em uma protoboard, utilizando os componentes previamente medidos: um resistor de 148,8 k ohms e um capacitor de 77 microfarad (100 μF) (Figura x).

Figura 13 - Medição do Resistor



Fonte: *Autoria própria (2025)*

O circuito foi configurado como um filtro passa-baixa do tipo RC em série, onde o resistor foi conectado em série com o capacitor, e o ponto de medição da saída foi estabelecido entre o terminal do resistor e o terminal do capacitor.

Para a análise do comportamento do circuito em diferentes frequências, foi utilizado um gerador de funções para fornecer o sinal de entrada senoidal com amplitude de 7 V (pico a pico).

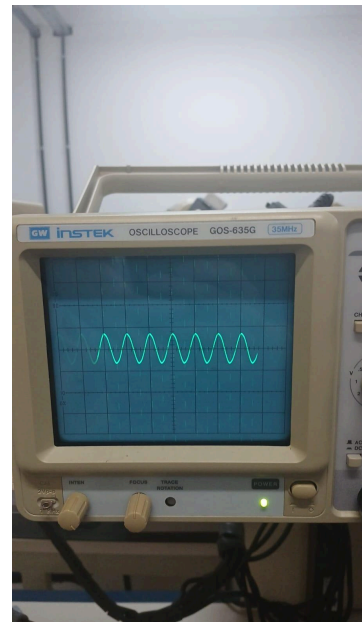
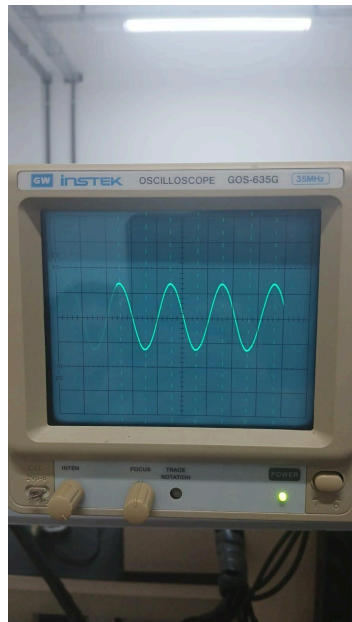
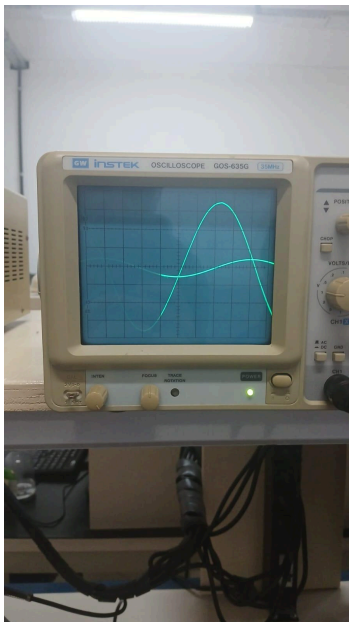
As medições foram feitas com o auxílio de um osciloscópio analógico, utilizando suas ponteiros de prova para visualizar tanto o sinal de entrada quanto o sinal de saída do circuito.

As ponteiros foram conectadas da seguinte forma:

- Uma ponteira foi conectada diretamente ao ponto de entrada do circuito (antes do resistor), permitindo visualizar o sinal de entrada.
- A outra ponteira foi conectada no ponto entre o resistor e o capacitor, possibilitando observar a resposta do filtro à saída (V_o).

Durante o experimento, foram ajustadas as escalas de tempo e tensão no osciloscópio, com o objetivo de visualizar e analisar como o circuito RC se comporta em distintas faixas de frequência, especialmente em relação à atenuação do sinal de saída.

Figura 14 - Fonte: <i>Autoria própria (2025)</i>	Figura 15 - Fonte: <i>Autoria própria (2025)</i>	Figura 16 - Fonte: <i>Autoria própria (2025)</i>
---	---	---



560 a 600 mv em uma
frequência de 121.5 hz na
escala 1v

140 mv em uma frequência de
492.9 hz na escala 0.1v

70 mv em uma frequência de
1018 hz na escala 0.1v

3. Conclusão

Em suma, a diferença observada entre os valores teóricos e os valores medidos pode ser atribuída, em grande parte, às limitações inerentes aos instrumentos e métodos empregados no processo de medição. Embora o multímetro de bancada apresente elevada precisão — especialmente quando utilizada a técnica de medição a 4 fios (Kelvin), que minimiza o efeito da resistência dos condutores — ainda existem restrições relacionadas ao número de dígitos significativos exibidos e à resolução do equipamento.

Além disso, a resistência elétrica dos cabos de conexão, que pode variar em função do aperto mecânico nos terminais e das condições de contato, introduz incertezas adicionais. Fatores ambientais, como temperatura e umidade, também podem influenciar a estabilidade das medições, assim como possíveis interferências eletromagnéticas presentes no ambiente de laboratório.