

Nº 180045

**Implementação de um sistema de medição de potência C.A.
monofásico**

**Anderson Poiani Lopes Mendes
Artur Augusto Martins
Felipe Santiago Apolinário**

*Palestra apresentado no
CONGRESSO BRASILEIRO DE
METROLOGIA, 13., 2025,
Maceió. 7p.*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

PROIBIDO REPRODUÇÃO



METROLOGIA

*150 anos de confiabilidade
para um futuro sustentável*

2025

Data: 1 a 4 de dezembro de 2025

Local: Centro Cultural e de Exposições
Ruth Cardoso
Maceió - AL

Implementação de um sistema de medição de potência AC monofásico

Anderson Poiani Lopes Mendes – andersonm@ipt.br

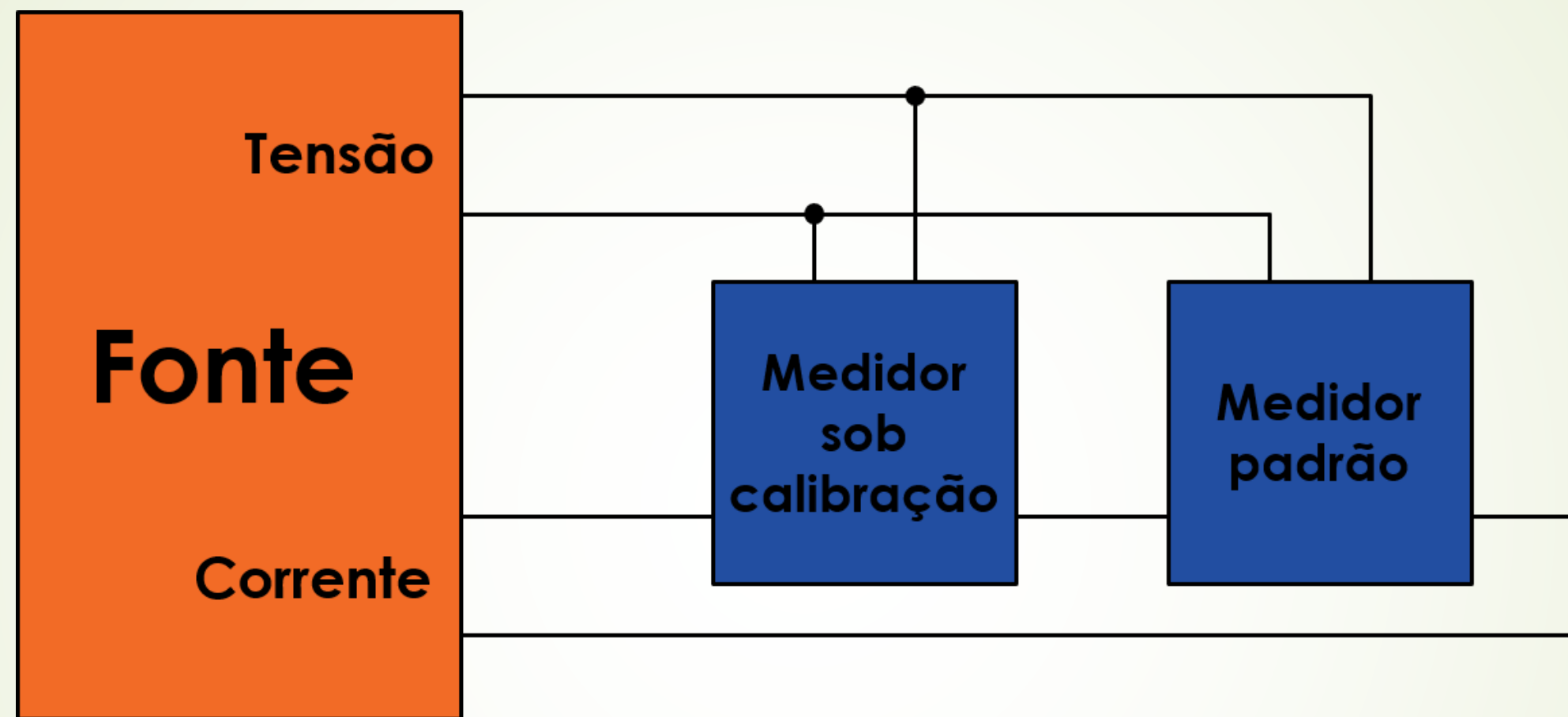
Artur Augusto Martins – arturm@ipt.br

Felipe Santiago Apolinário – apolinario@ipt.br

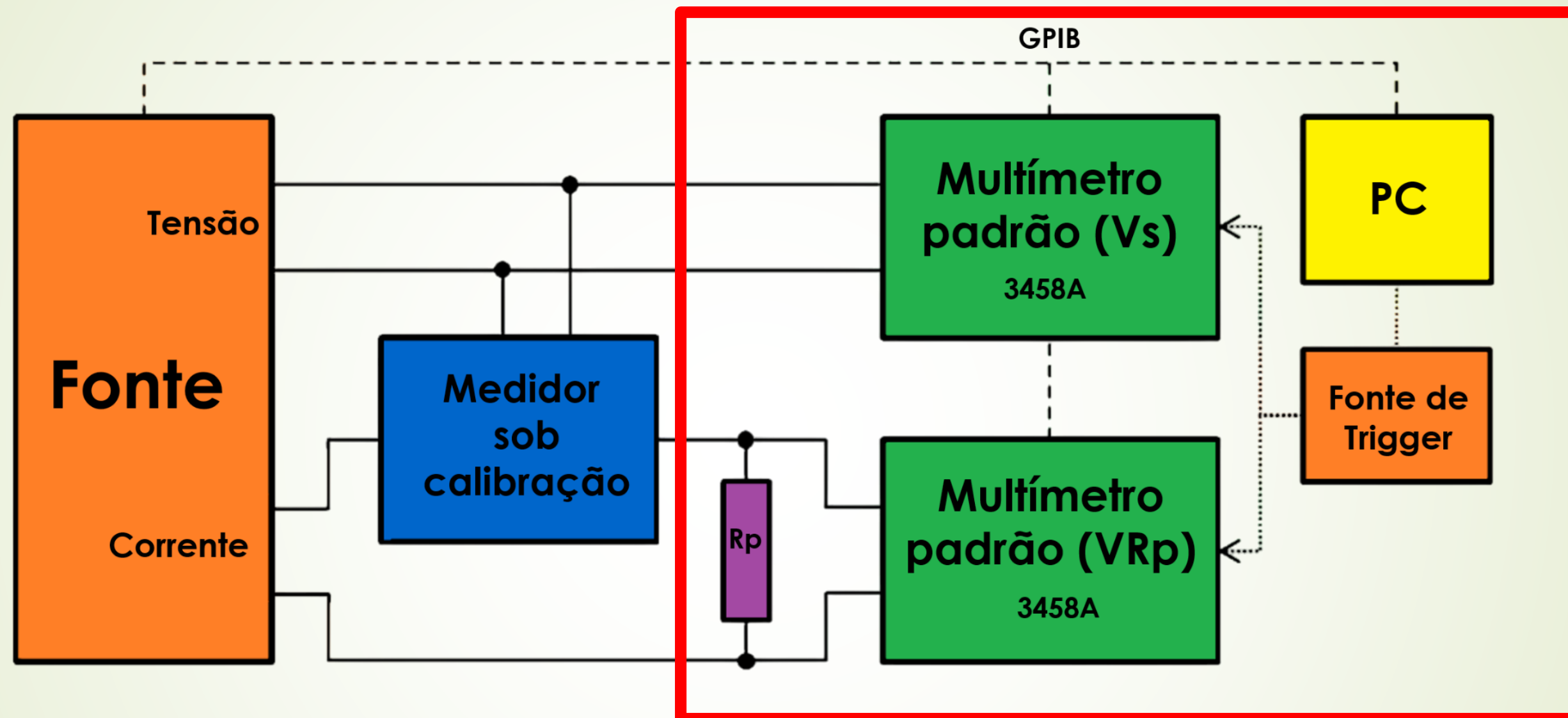
Laboratório de Metrologia Elétrica / IPT

dezembro 2025

Método atual do laboratório

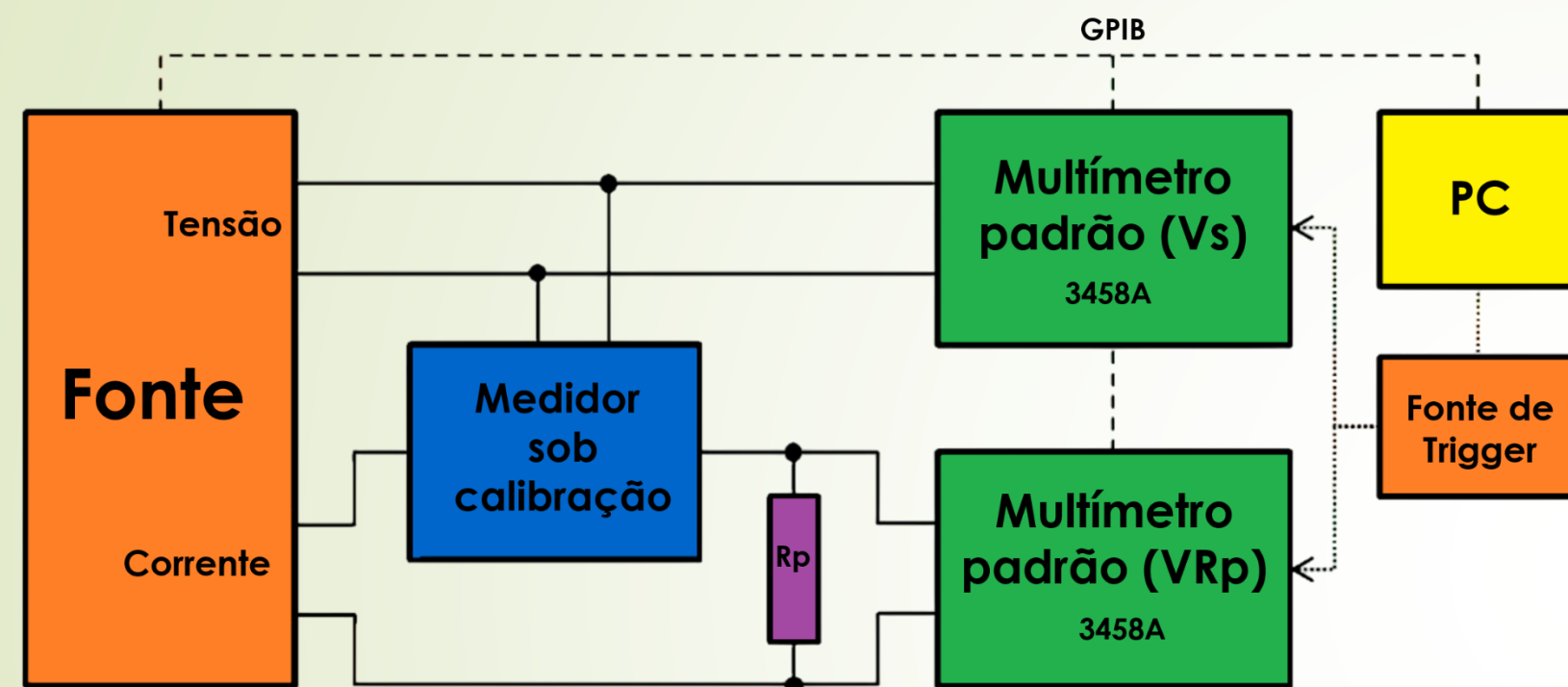


Modelo proposto



$$P = V_S \cdot \frac{V_{Rp}}{R_p} \cdot \cos(\Phi)$$

Principais Instrumentos utilizados



Resistores Padrão



Calibrador
(Fonte/EXT Trig)



Multímetros 3458A

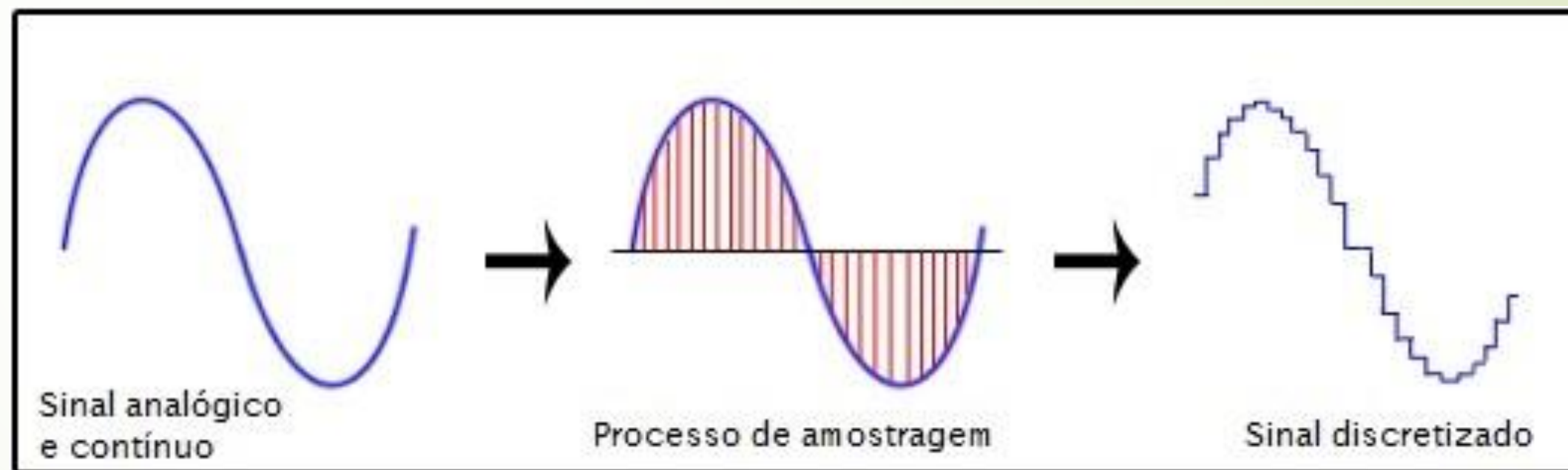
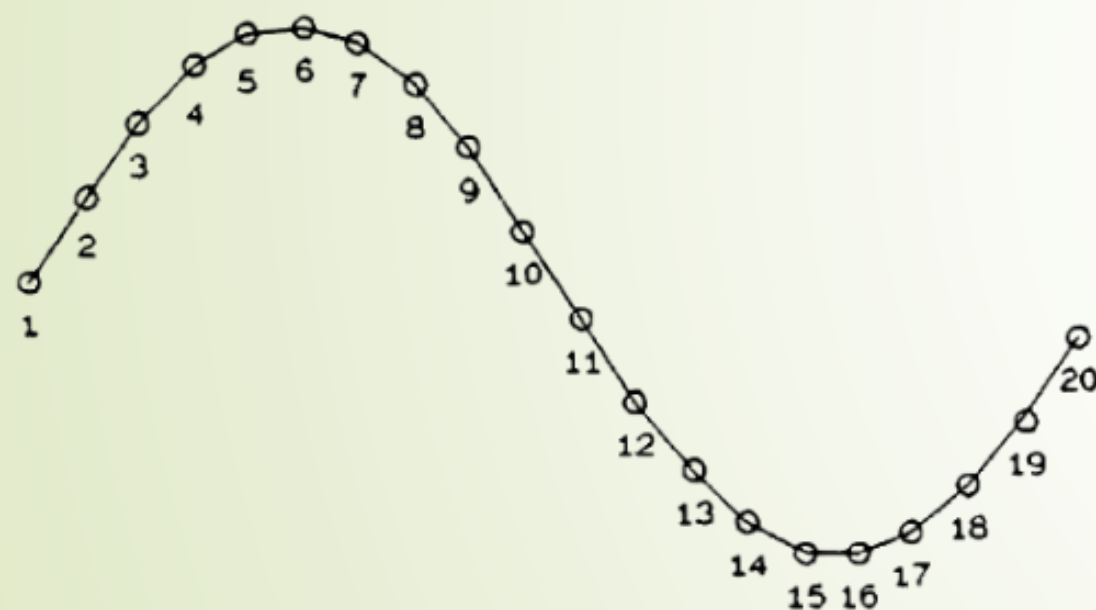
Método de aquisição

Amostragem do sinal

- Função DSDC “Direct-Sampling”
- Faixa Tensão DC
- Resolução de 16 bits

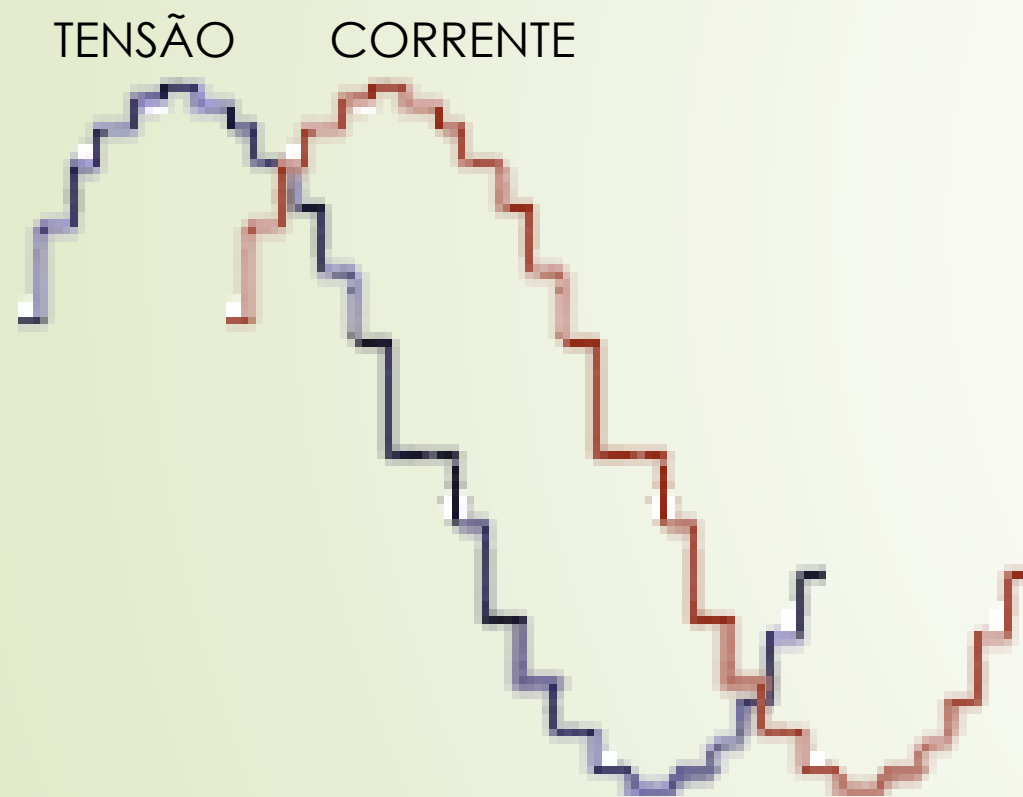


Multímetros 3458A

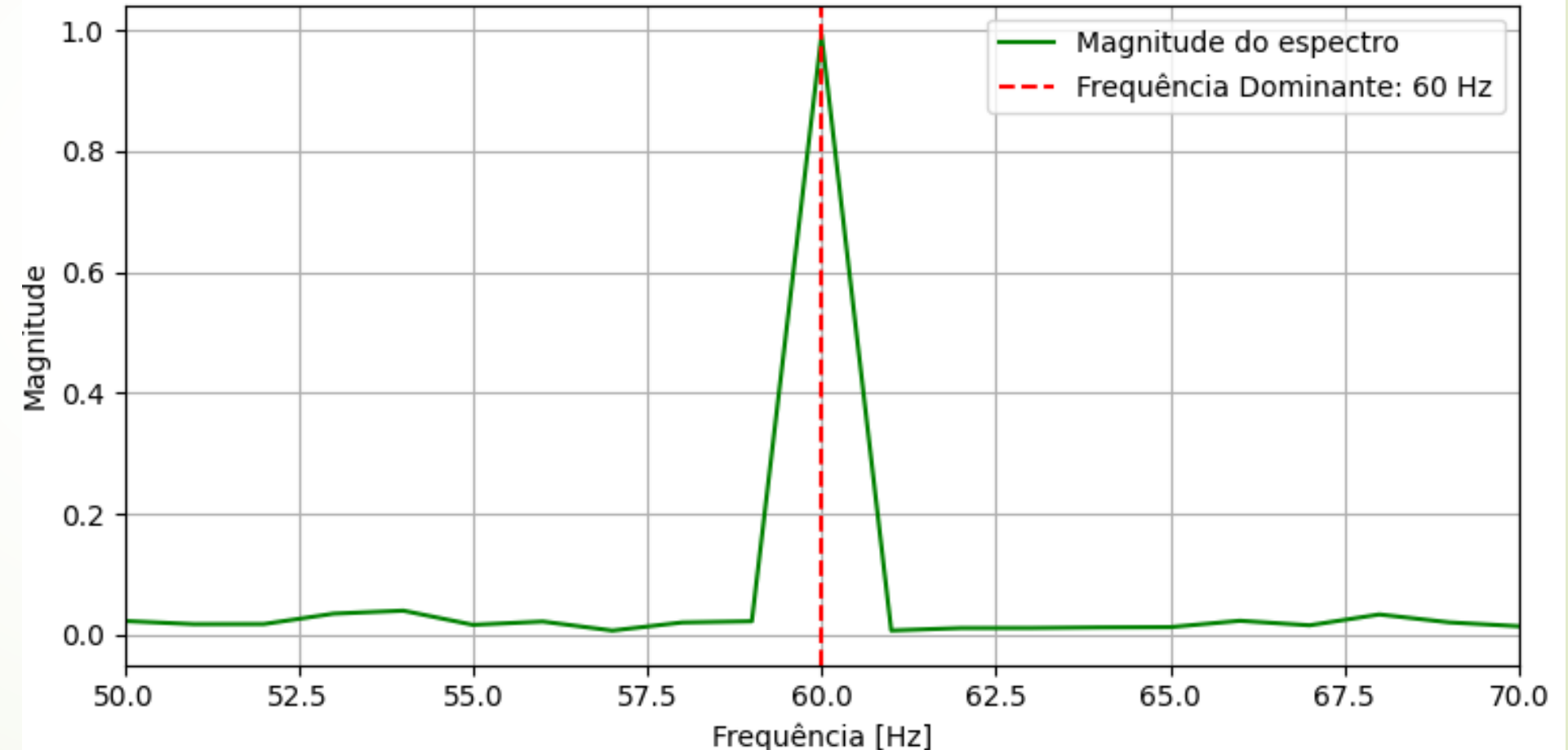


Determinação do Ângulo

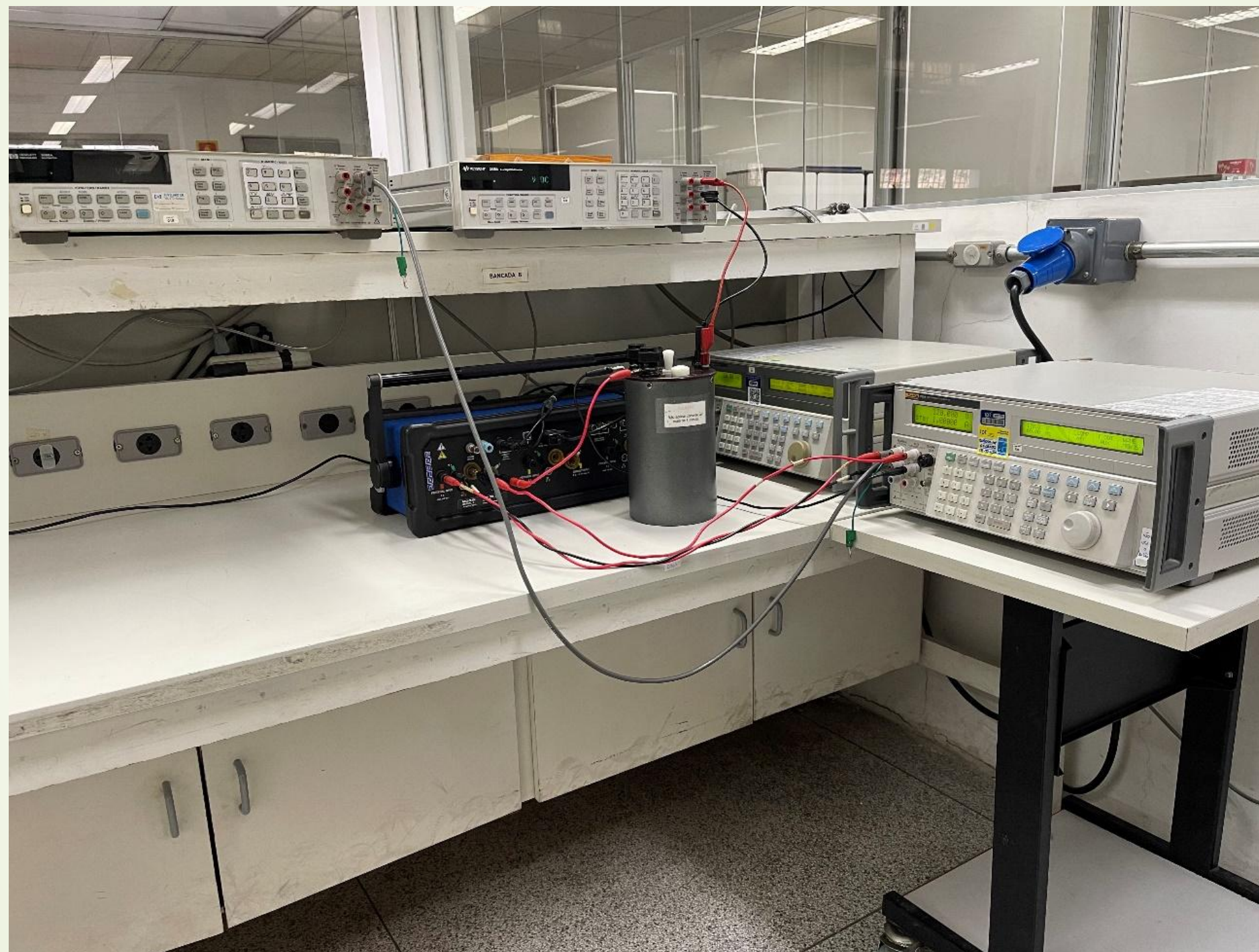
- O ângulo de fase é obtido através da diferença entre os ângulos das harmônicas fundamentais de tensão e corrente, após a conversão para o domínio da frequência dos sinais.



FFT
+ filtros

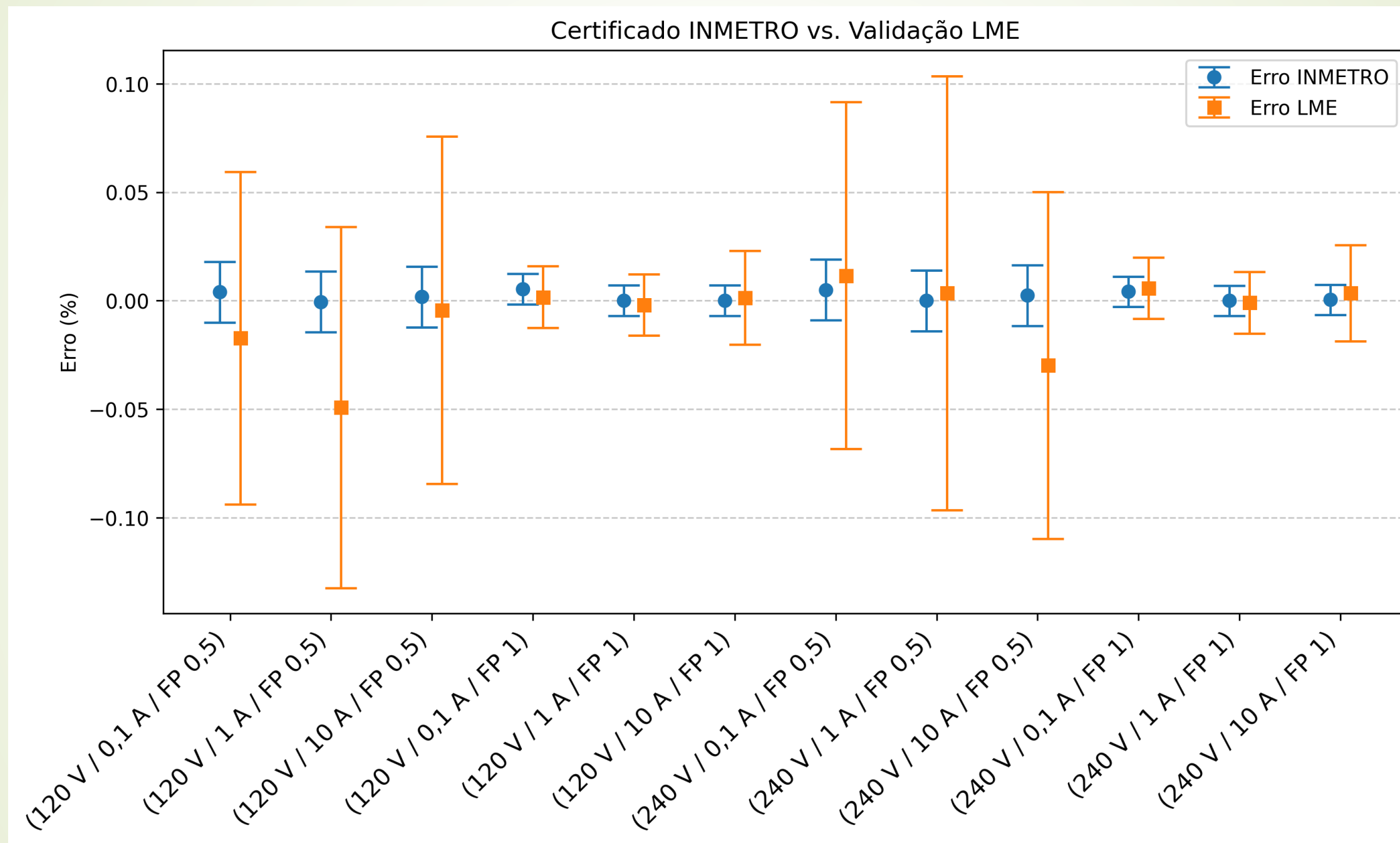


Validação do sistema



Sistema de medição de potência em comparação com um padrão de referência RD-33.

Validação do sistema



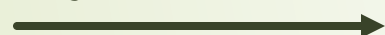
Resultados obtidos

Sinal aplicado			U (%) CERT.	U (%)
Tensão (V)	Corrente (A)	FP		
120	0,1	0,5 ind.	0,014	0,077
120	1	0,5 ind.	0,014	0,083
120	10	0,5 ind.	0,014	0,080
120	0,1	1	0,007	0,014
120	1	1	0,007	0,014
120	10	1	0,007	0,022
240	0,1	0,5 ind.	0,014	0,080
240	1	0,5 ind.	0,014	0,100
240	10	0,5 ind.	0,014	0,080
240	0,1	1	0,007	0,014
240	1	1	0,007	0,014
240	10	1	0,007	0,022

Análise de Incertezas

O manual do usuário do 3458A descreve as principais componentes de incerteza relacionadas ao método de digitalização.

Função utilizada



Direct and Sub-sampled Digitizing (DSDC, DSAC, SSDC and SSAC Functions)

Range 1	Input Impedance	Offset Voltage ²	Typical Bandwidth
10 mV	1 MΩ with 140 pF	<50 μV	2 MHz
100 mV	1 MΩ with 140 pF	<90 μV	12 MHz
1 V	1 MΩ with 140 pF	<800 μV	12 MHz
10 V	1 MΩ with 140 pF	<8 mV	12 MHz
100 V	1 MΩ with 140 pF	<80 mV	12 MHz ³
1000 V	1 MΩ with 140 pF	<800 mV	2 MHz ³

1. Maximum DC voltage limited to 400 V DC in DSAC or SSAC functions.
2. ±1°C and within 24 hours of last ACAL ACV.
3. Limited to 1×10^8 V·Hz product.

DC to 20 kHz Performance

0.02 % of Reading + Offset ²

Maximum Sample Rate

Function	Readings / sec	Resolution
SSDC, SSAC	100 M (effective) ⁴	16 bits
DSDC, DSAC	50 k	16 bits

Dynamic Performance

100 mV, 1 V, 10 V Ranges; 50,000 Samples/sec

Test	Input (2 x full scale pk-pk)	Result
DFT-harmonics	20 kHz	<-90 dB
DFT-harmonics	1.005 MHz	<-60 dB
DFT-spurious	20 kHz	<-90 dB
Differential non-linearity	20 kHz	<0.005 % of Range
Signal to Noise Ratio	20 kHz	>66 dB

Sample Timebase

Accuracy: 0.01 %

Jitter: < 100 ps rms

External Trigger

Latency: < 125 ns ⁵

Jitter: < 2 ns rms

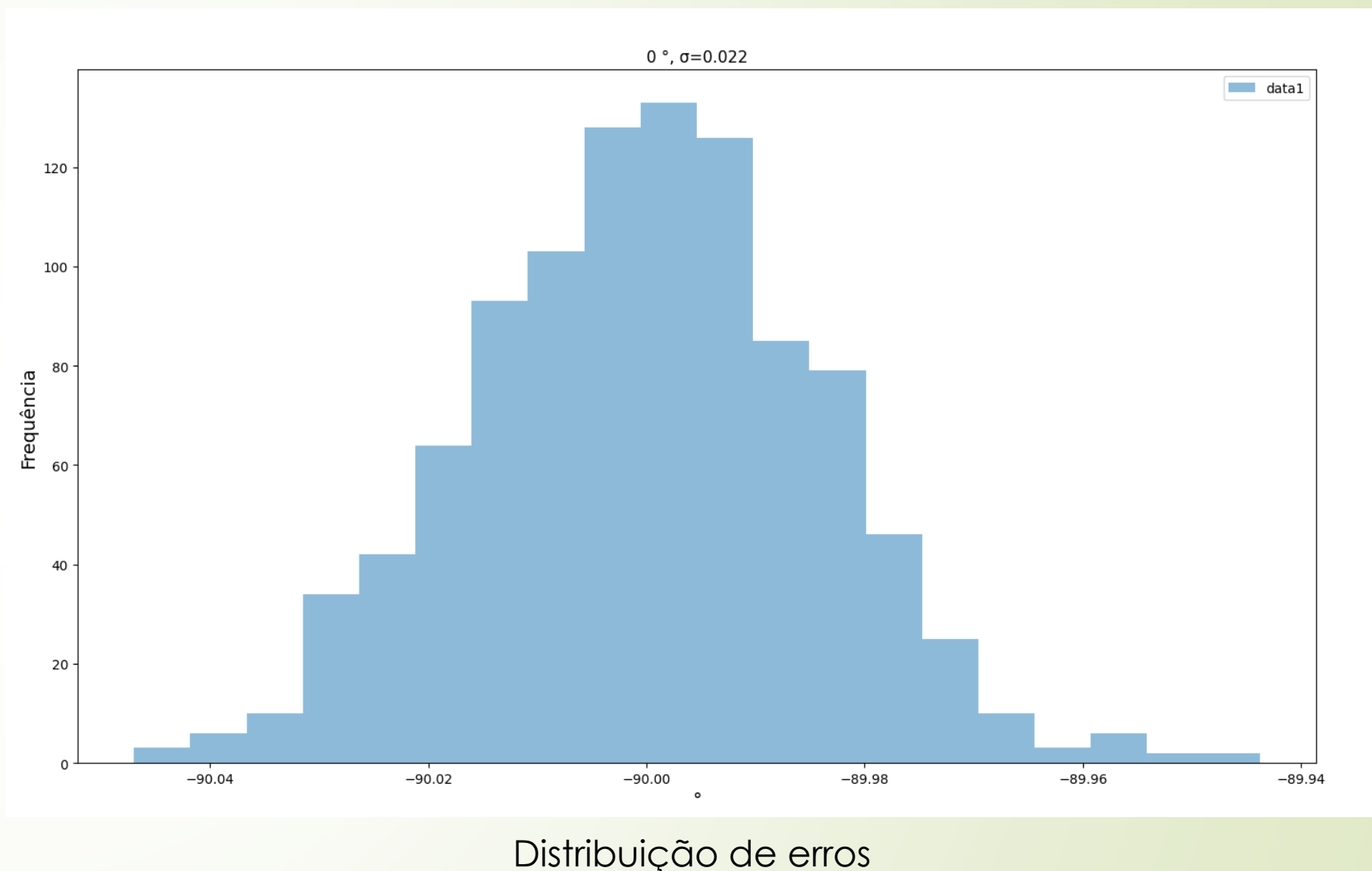
Level Trigger

Latency: < 700 ns

Jitter: < 100 ps, for 1 MHz full scale input

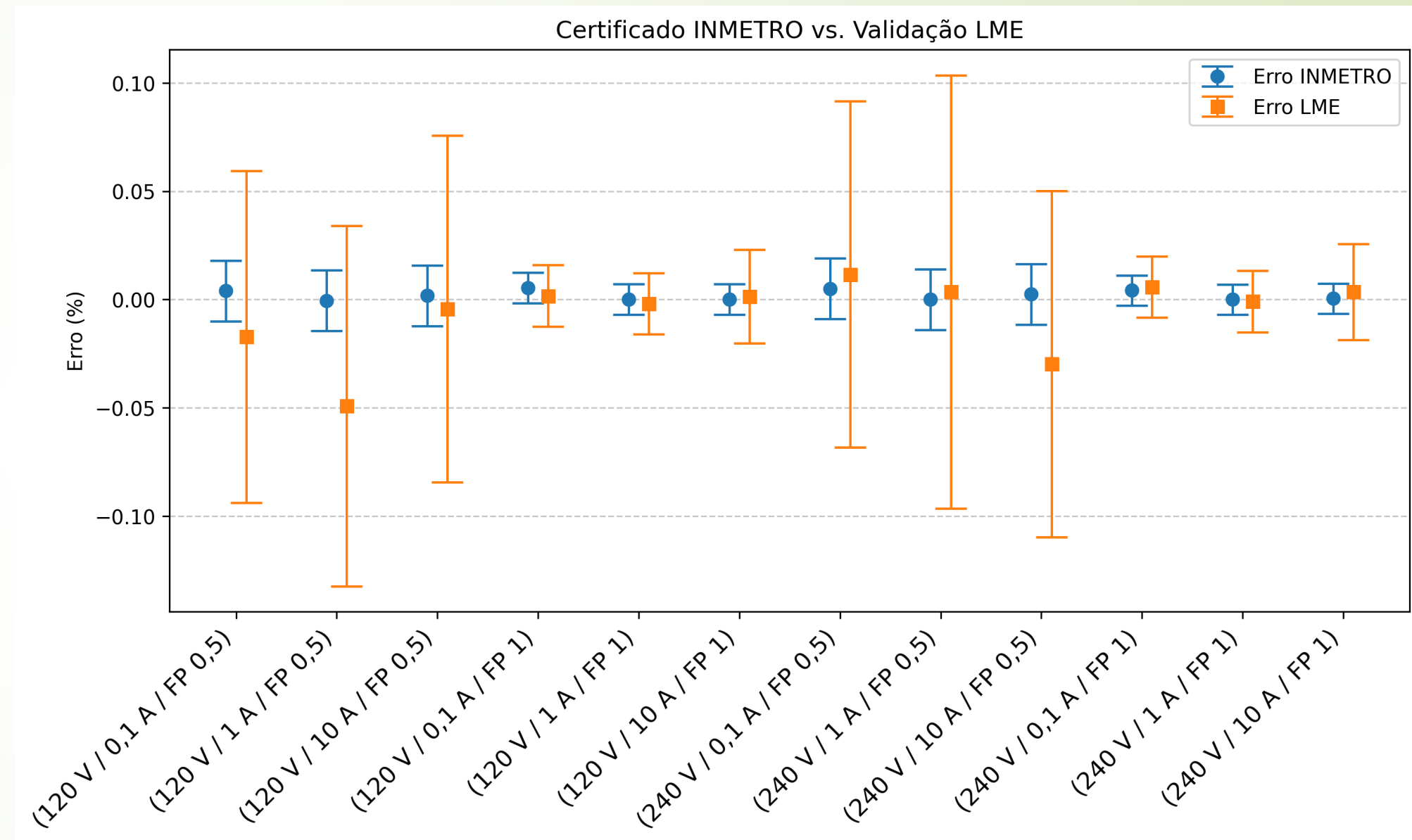
4. Effective sample rate is determined by the smallest time increment used during synchronous sub-sampling of the repetitive input signal, which is 10 ns.
5. <25 ns variability between multiple 3458As

- Combinação das incertezas indicadas no manual do multímetro
- Simulação de incerteza realizada pelo método de Monte Carlo (ISO GUM, Suplemento 1).
- Resultado da simulação: $\Phi = 0,022^\circ$; incerteza padrão adotada: **0,03°** (com margem de segurança).



Conclusão

- Mostra bom desempenho do sistema.
- Rastreabilidade adequada.
- Oportunidades de otimização na compensação de defasagens em situações com baixo fator de potência.
- Ajustes contínuos podem reduzir incertezas e melhorar o desempenho.
- Possibilidade de expandir o uso do sistema para aplicações mais complexas na metrologia elétrica.





AGRADECEMOS SUA PRESENÇA !