

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 REPROUÇÃO

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
S/A - IPT
Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Cidade Universitária ou
Caixa Postal 01411 | CEP 01064-970
São Paulo | SP | Brasil | CEP 05508-901
Tel 11 3767 4374/4000 | Fax 11 3767-4099

www.ipt.br



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

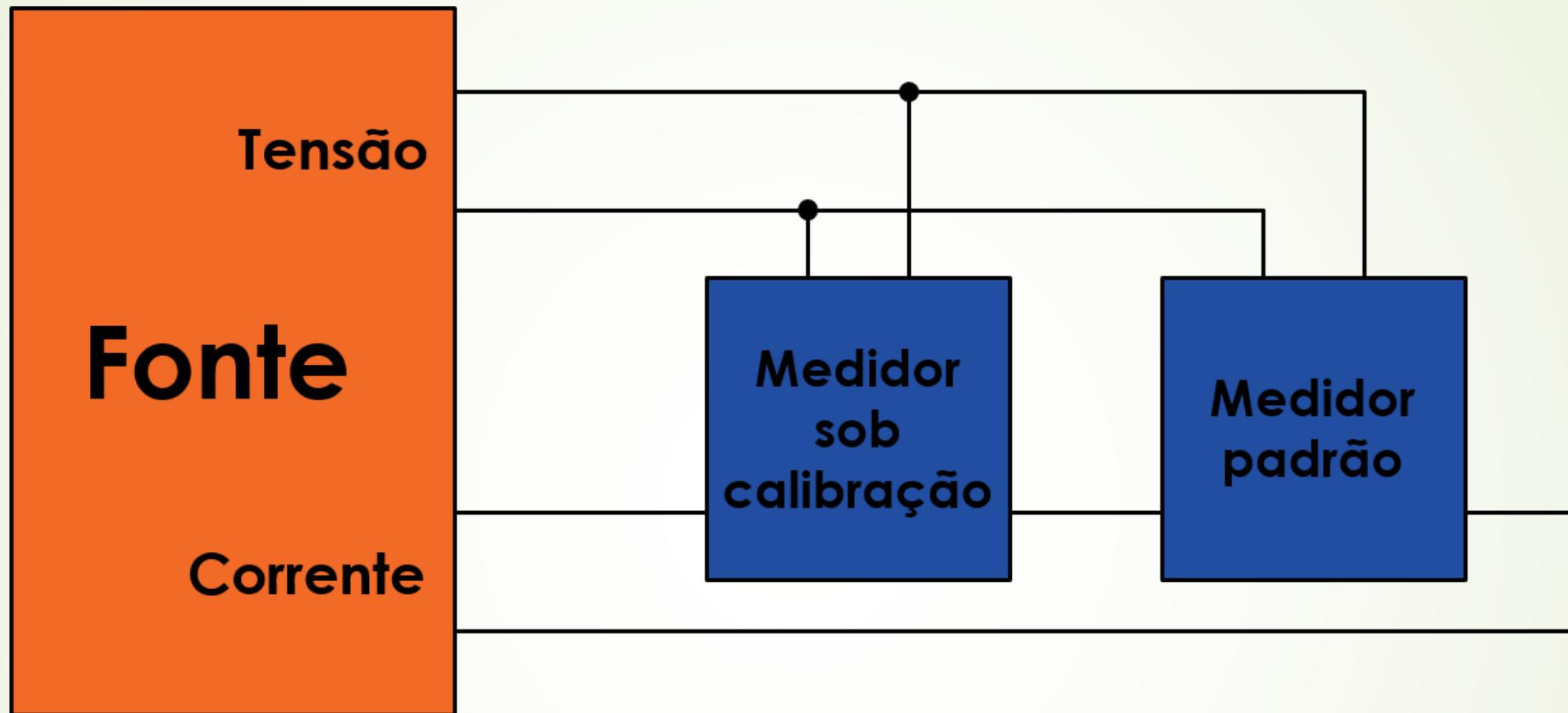
Artur Augusto Martins – arturm@ipt.br

Felipe Santiago Apolinário – apolinario@ipt.br

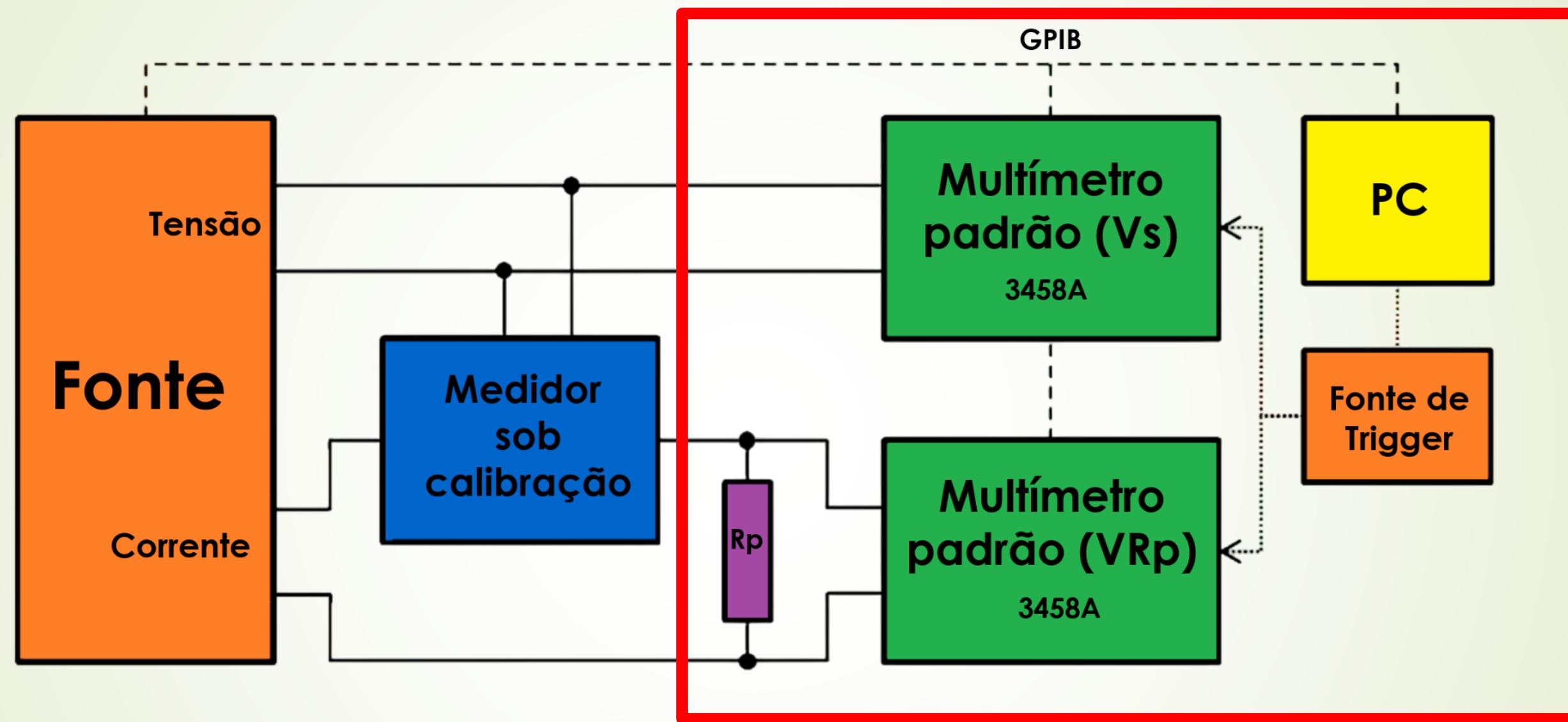
Laboratório de Metrologia Elétrica / IPT

dezembro 2025

Método atual do laboratório

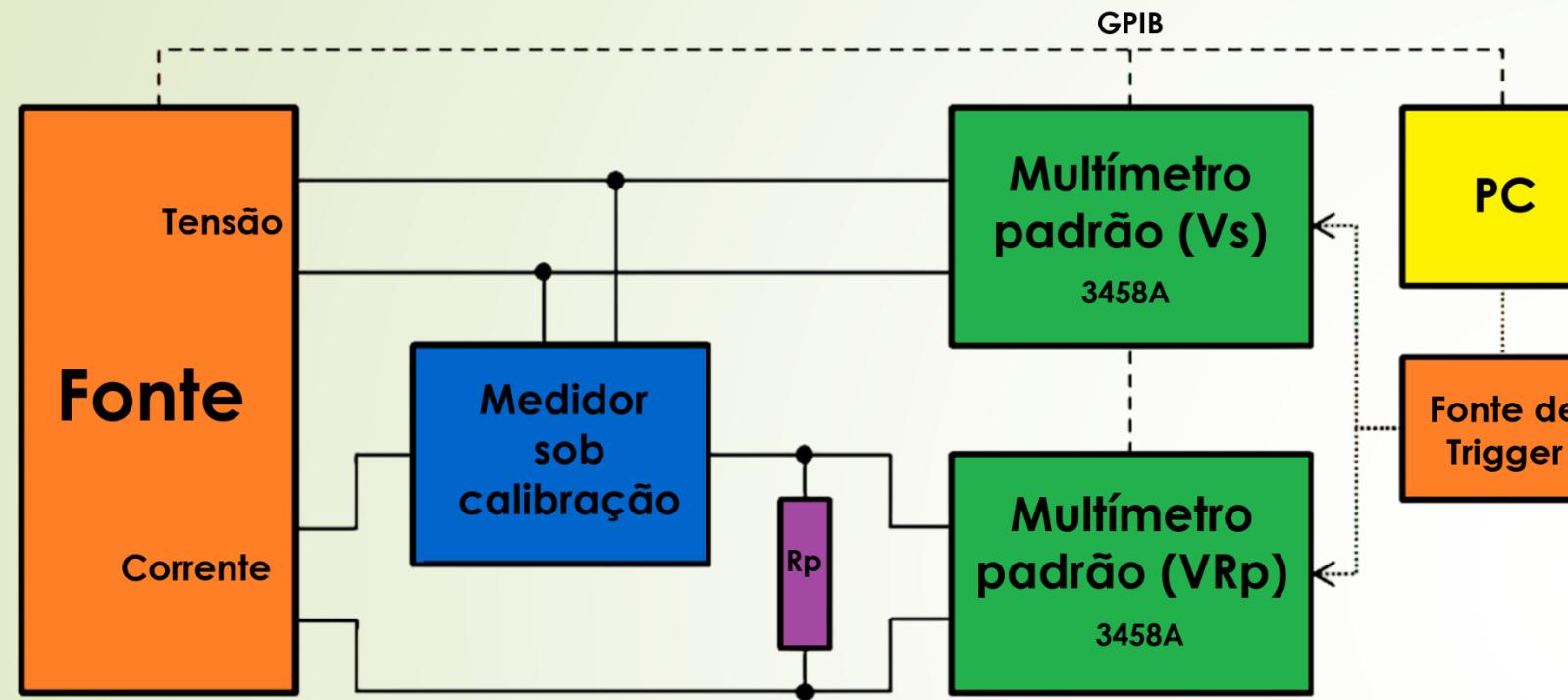


Modelo proposto



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

Principais Instrumentos utilizados



Calibrador
(Fonte/EXT Trig)



Multímetros 3458A

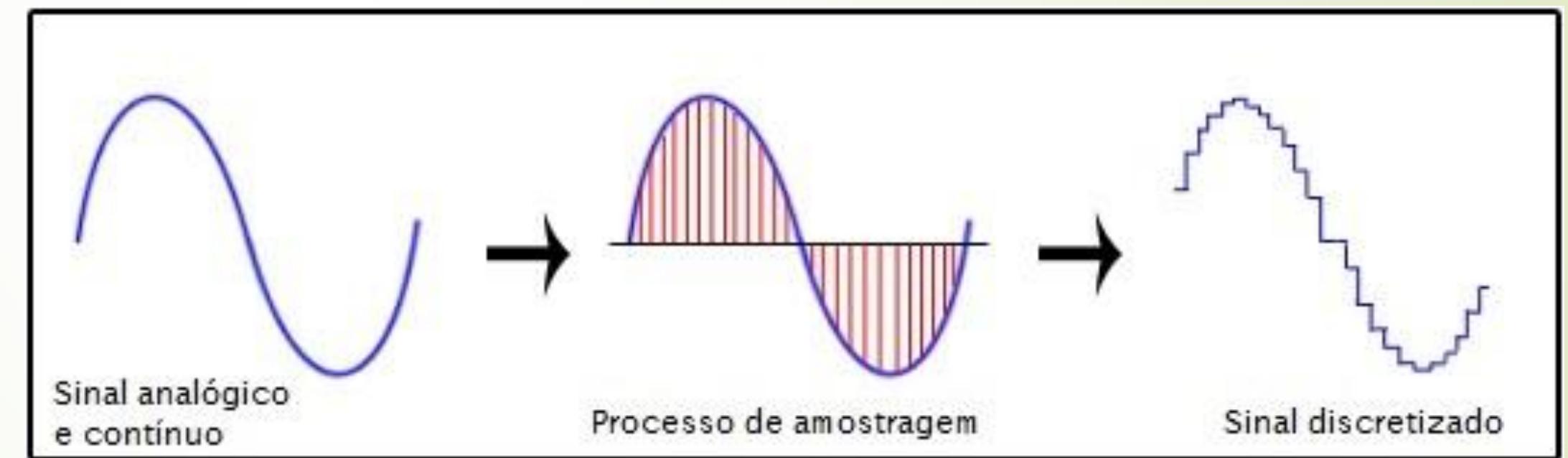
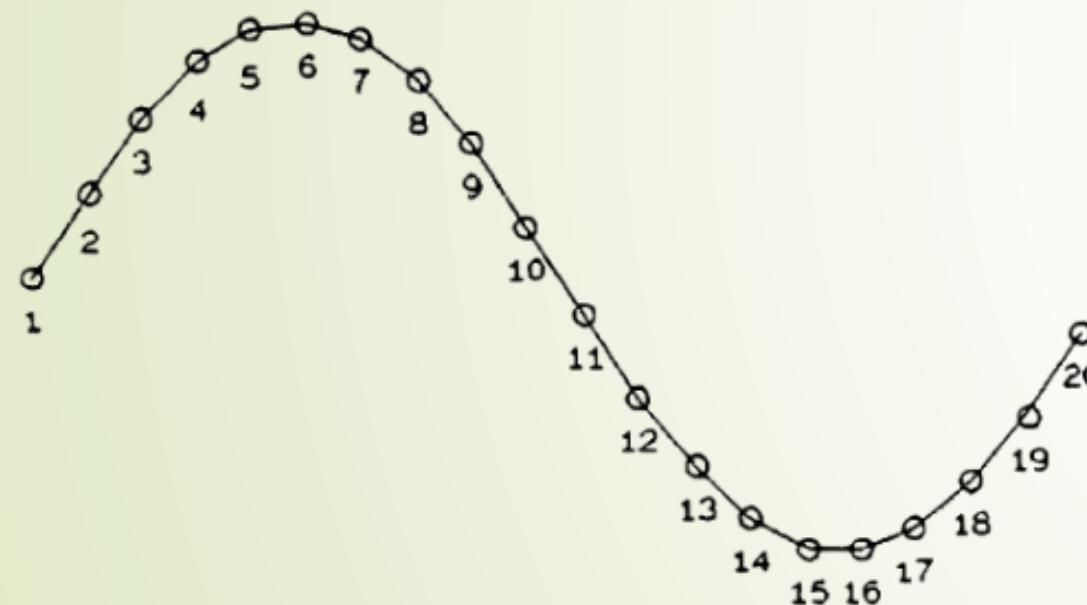
Método de aquisição

Amostragem do sinal

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

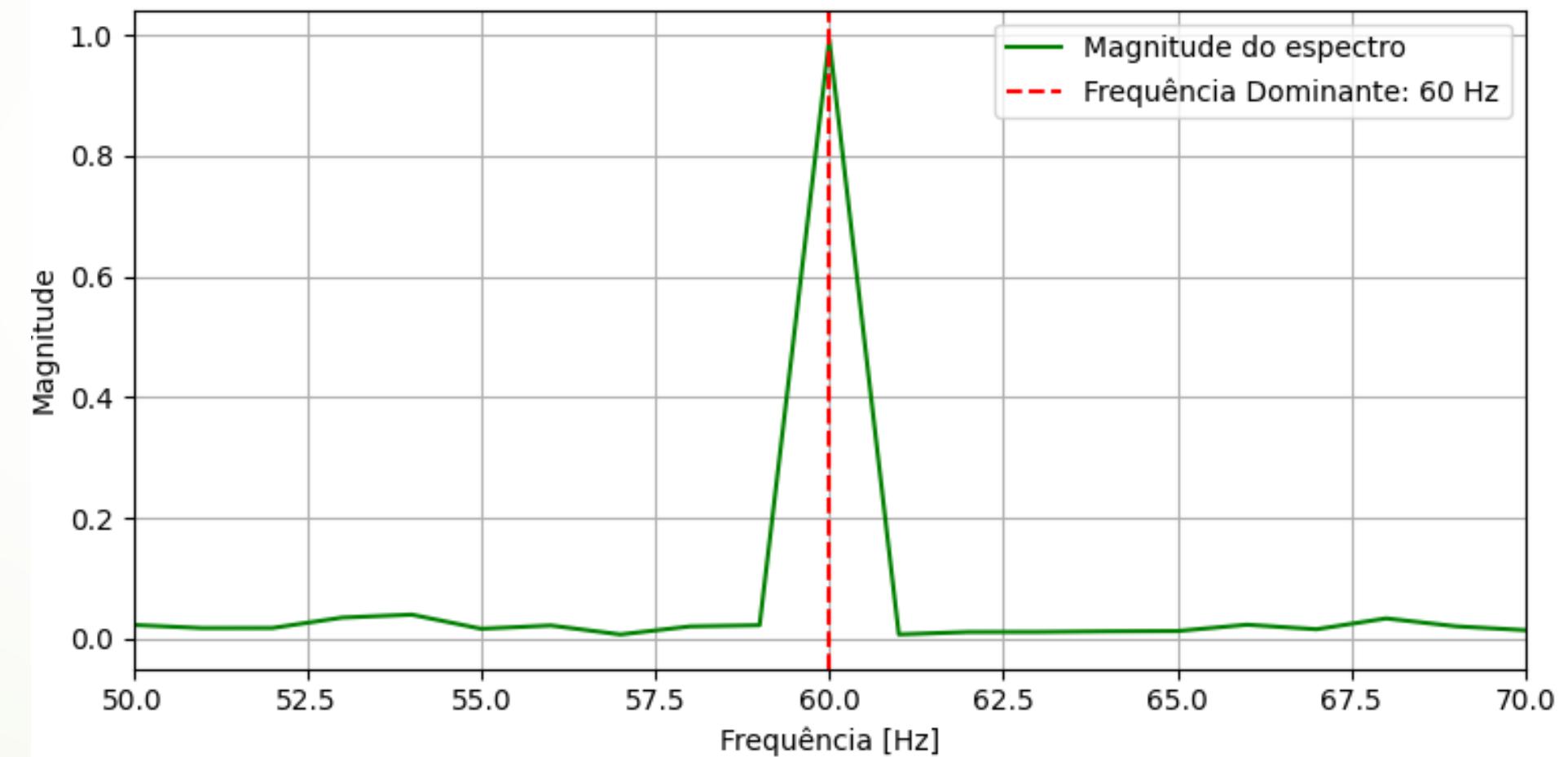
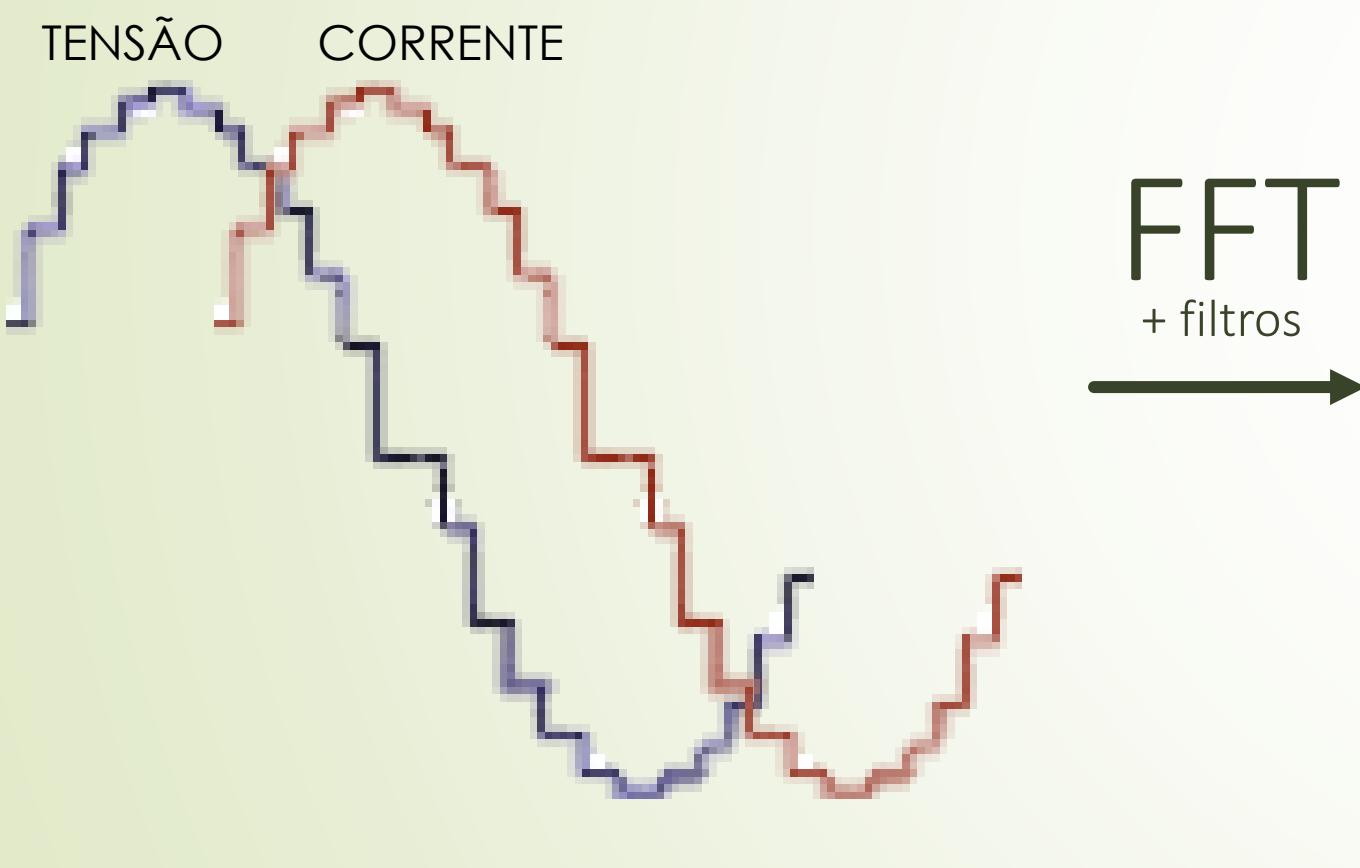


Multímetros 3458A



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.

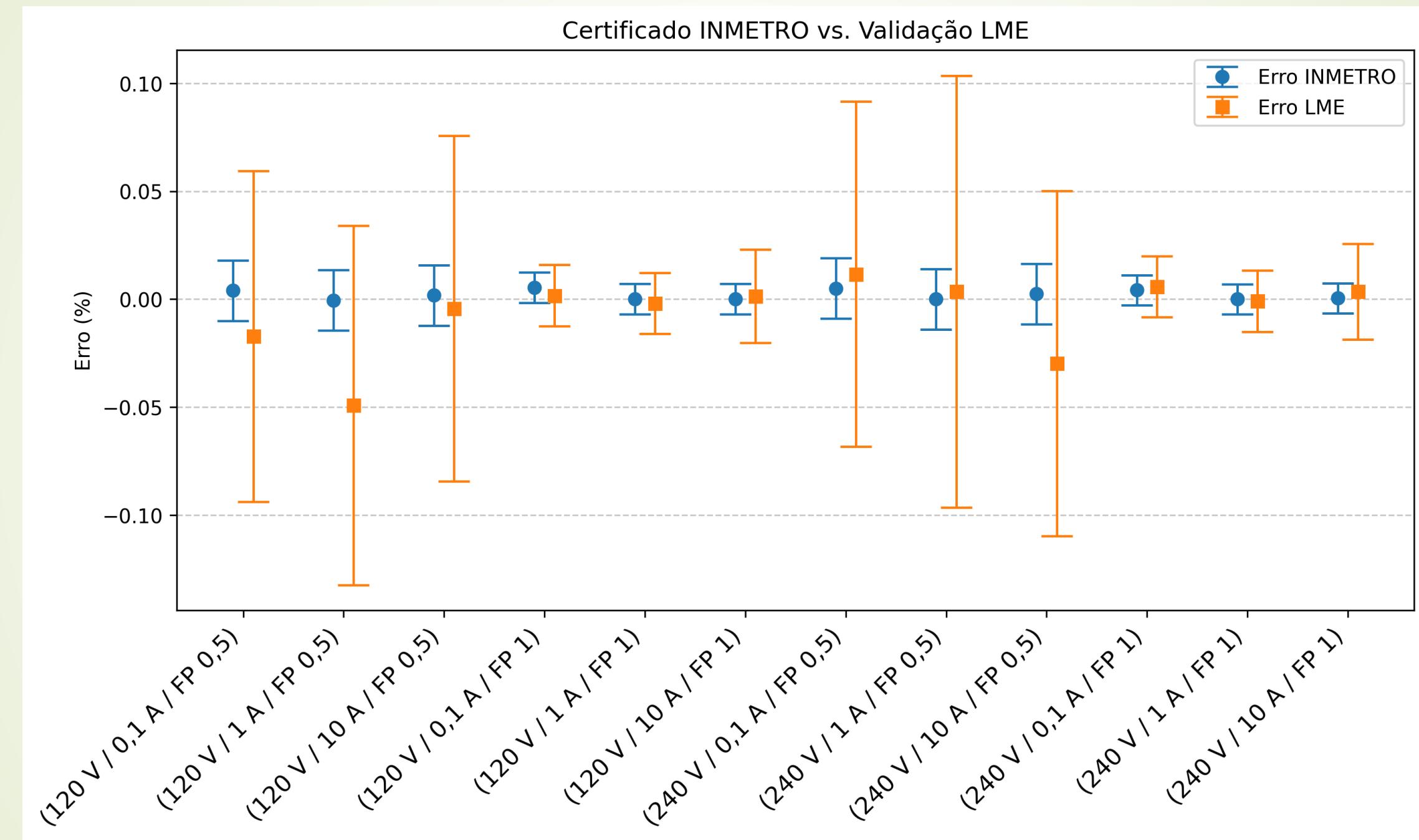


Validação do sistema



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

DC to 20 kHz Performance		
Function Readings / sec Resolution		
SSDC, SSAC	100 M (effective) ⁴	16 bits
DSDC, DSAC	50 k	16 bits

Dynamic Performance		
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

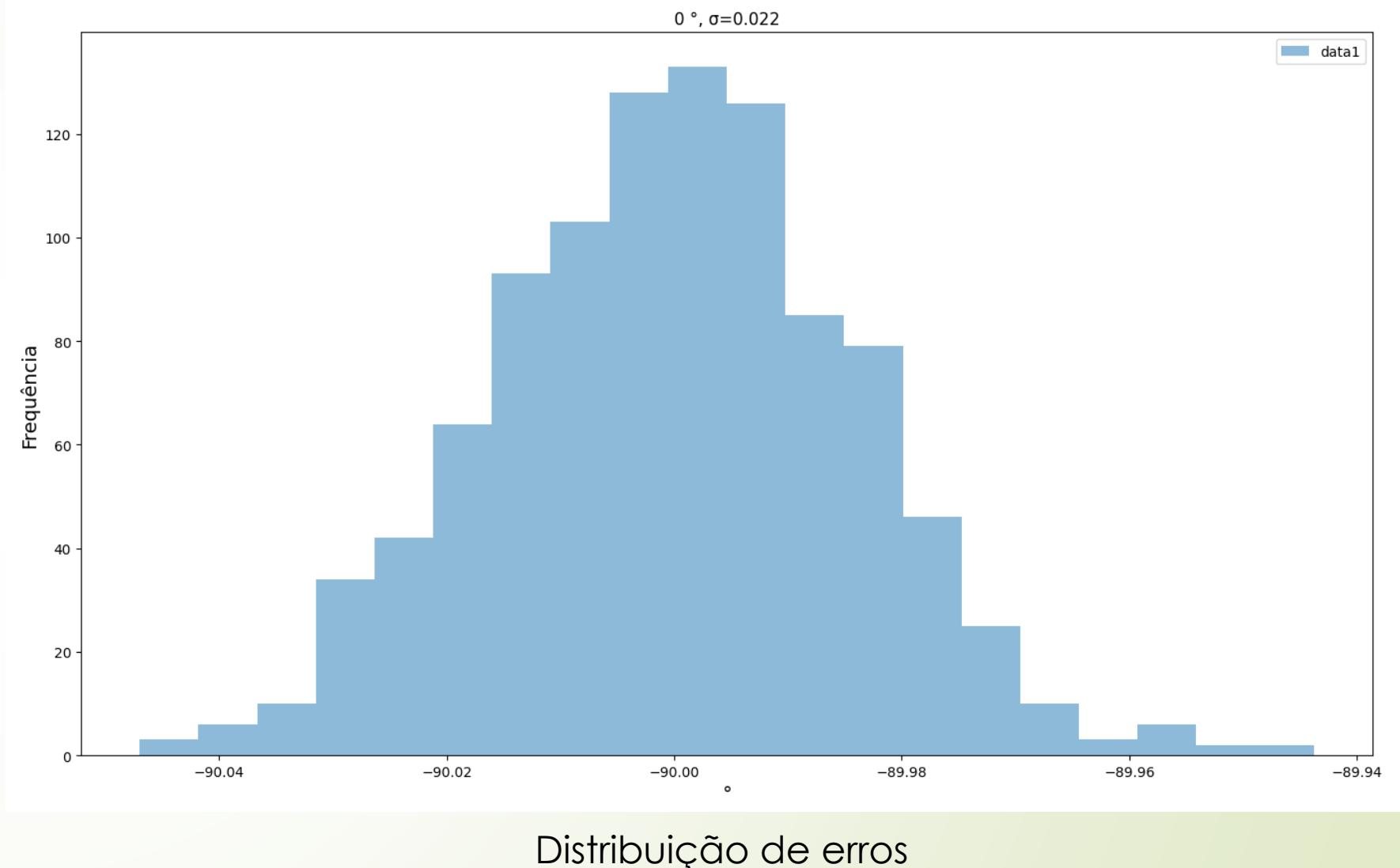
Level Trigger
Latency: < 700 ns
Jitter: < 100 ps, for 1 MHz full scale input

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.

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

Análise de Incertezas

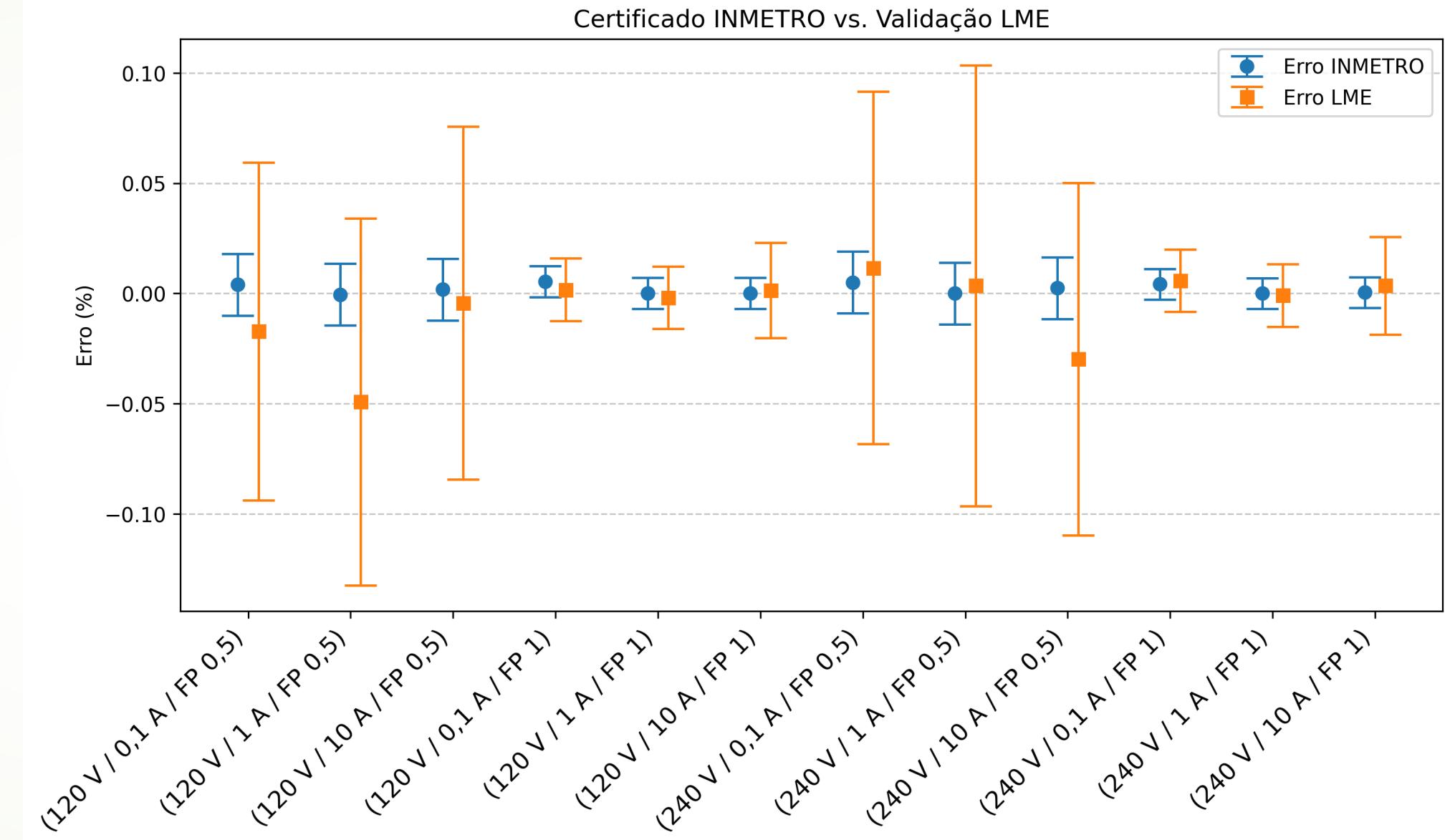
- Combinação das incertezas indicadas no manual do multímetro
- Simulação de incerteza realizada pelo método de Monte Carlo (ISO GUM, Suplemento 1).
- Resultado da simulação: $\Phi = 0,022^\circ$; incerteza padrão adotada: **0,03°** (com margem de segurança).



Distribuição de erros

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 !