

Jose Roberto Marques

Aplicações da análise espectral de
frequência no monitoramento de
sistemas elétricos e mecânicos



ESP32 + Python: Análise Espectral de Sistemas Reais



Tecnologia avançada ao alcance de todos



ESP32: O Microcontrolador Versátil



De 80 a 240MHz - Processamento dual-core



WiFi - Conectividade integrada



12-bit ADC - Conversão analógica com alternativas de interfaces I2C e SPI



< R\$ 50 - Custo acessível

Capacidade profissional em um chip acessível



ESP32: O Microcontrolador Revolucionário

Com processamento de 240MHz, WiFi integrado e conversores ADC bits, o ESP2 custa meros de R\$ 20.



240MHz
dual-core

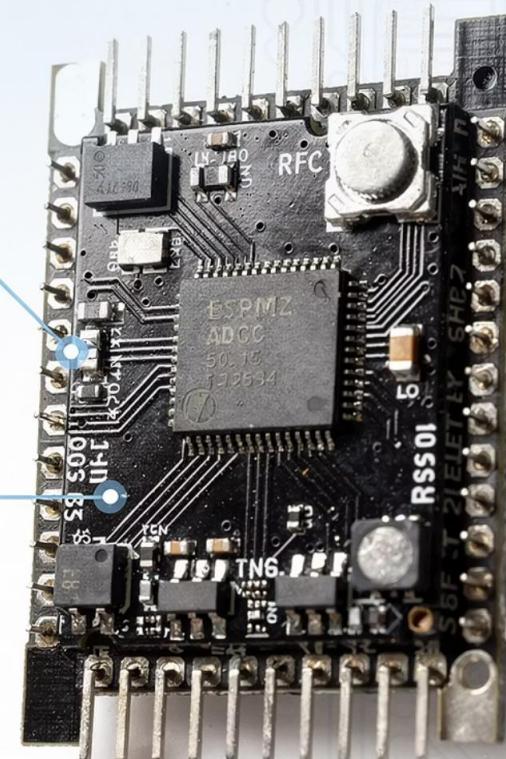
ADC
12 bits

Processador dual-core



Antena WiFi integrada

Entradas ADC de 12 bits



Capacidade de processamento digital de sinais que antes exigia equipamentos profissionais.

Python: A Linguagem da Ciência



NumPy

Computação numérica



SciPy

Análise científica



matplotlib

Visualização de dados

Dados brutos → Insights visuais instantâneos

Aplicação Real: Monitoramento de Motores



Identifica problemas específicos:

- Desbalanceamento
- Rolamentos defeituosos
- Desalinhamentos

Aplicação Real: Monitoramento de Motores



Vibrações de motores industriais revelam problemas antes da falha catastrófica, economizando miliaros em manutenção

Sistema detecte desbalanceamento, rolamentos defeituosos e desalinhamentos desalinhamentos através da análise espectral continua.

Detecção de Falhas por FFT

 Espectro Normal

- **Frequência fundamental limpa**
- **Harmônicas mínimas**

 Espectro com Falha

- **Picos harmônicos anômalos**
- **Indicadores de defeito**

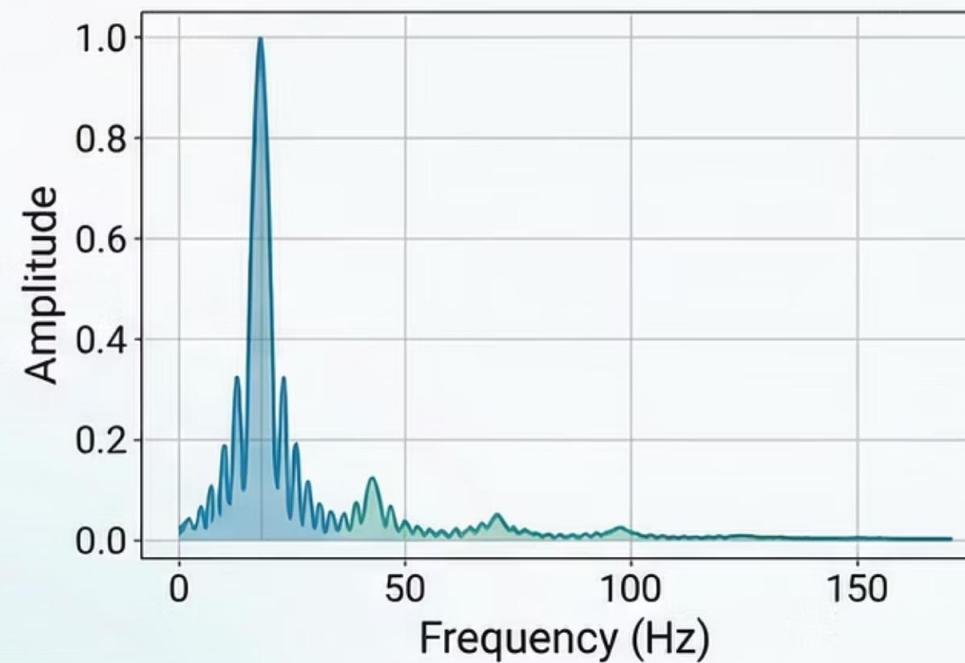
Cartão sem título

[Ver mais](#)

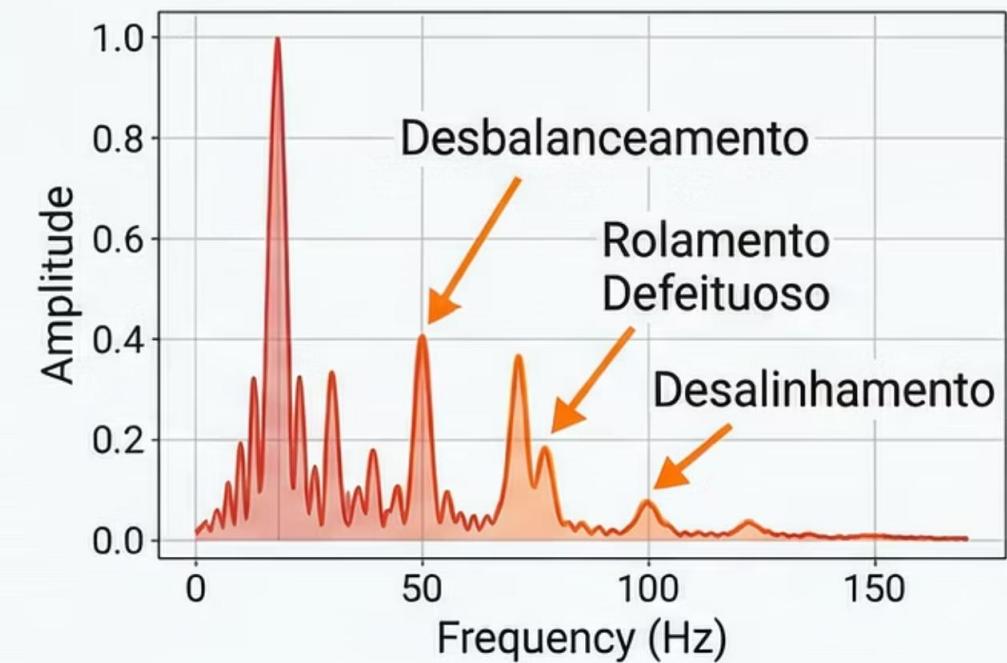
Detecção de Falhas por FFT

A Transformada Rápida de Fourier revela harmônicas que indicam desbalanceamento, rolamentos defeituosos ou desalinhamento

Espectro Normal



Espectro com Falha



$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-j2\cdot\pi\frac{\pi kn}{N}}$$

- Normal: Operação Saudável
- Falha: Indicadores de Problemas

Aplicação da FFT no Sistema Elétrico

- Monitoramento de Distorções
 - Corrente elétrica com cargas não-lineares
 - Detecção de harmônicas indesejadas
- Prevenção de Ressonâncias
 - Análise antes de compensação capacitiva
 - Evita efeitos destrutivos no sistema
- Análise Espectral em Tempo Real
 - Identificação de frequências problemáticas
 - Proteção de equipamentos sensíveis



Sistema de Baixo Custo, Alto Impacto

Cartão sem título

[Ver mais](#)

Tradicional

- R\$ 10.000+
- Laboratório
- Exclusivo

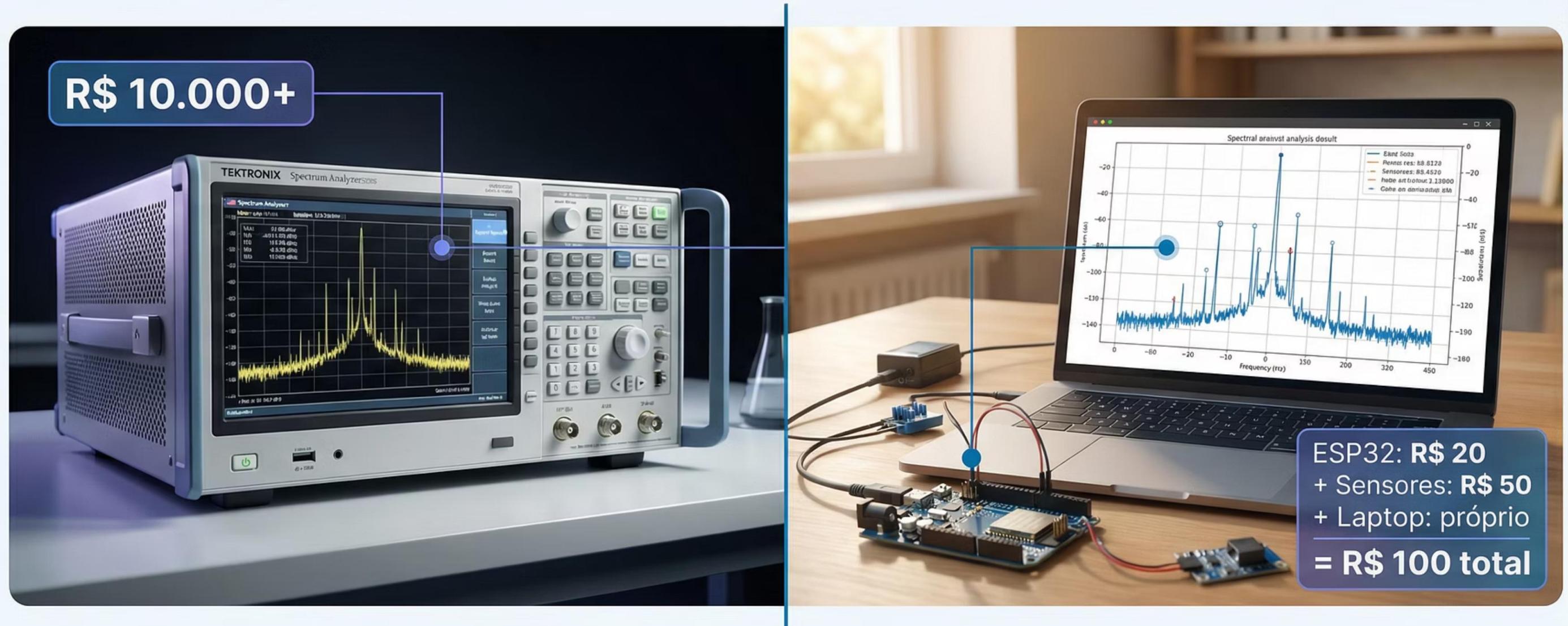
ESP32 + Python

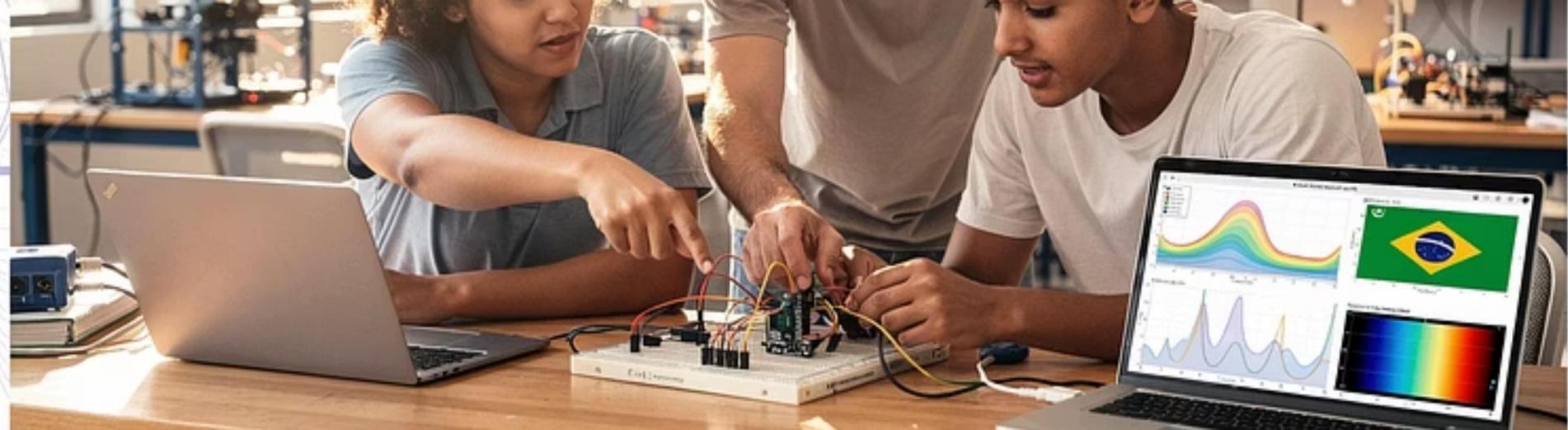
- < R\$ 100
- Qualquer lugar
- Democratizado

Análise espectral acessível para universidades, startups e makers.

Sistema de Baixo Custo, Alto Impacto

Solução completa por menos de R\$ 100 substitui equipamentos de R\$ 10.000, democratizando análise espectral para universidades, startups e makers





O Futuro é Acessível

ESP32 + Python está revolucionando a análise de sistemas reais, tornando tecnologia avançada acessível para todos.



Tecnologia avançada
democratizada



Educação e inovação acessíveis



Makers brasileiros liderando
mudanças