

## Análises de Qualidade de Energia em Sistemas Elétricos de Potência utilizando o Software HarmZs

Pablo Lopes Valentim (Bolsista) – Mauro de Oliveira Prates (Orientador)

ODS 7- Energia limpa e acessível  
Pesquisa

### Introdução

A crescente inserção de cargas não lineares e fontes renováveis nos sistemas elétricos intensifica problemas de qualidade de energia, especialmente a distorção harmônica. Esses fenômenos que causam sobreaquecimento de equipamentos, falhas e perdas de eficiência. Normas regulatórias, como as da ANEEL, exigem um controle rigoroso desses distúrbios. Neste contexto, a simulação computacional é uma ferramenta essencial para analisar e mitigar os impactos harmônicos antes da implementação de soluções. Este trabalho utiliza o software **HarmZs**, recomendado pelo ONS, para realizar um estudo de caso completo.

### Objetivos

**Geral:** Aplicar uma metodologia sistemática para análise e mitigação de distorções harmônicas em sistemas elétricos de potência utilizando o software **HarmZs**.

#### Específicos:

- Modelar sistemas-teste de potência consolidados na literatura.
- Avaliar impactos da inserção de cargas não lineares.
- Projetar e simular filtros passivos para mitigar harmônicas críticas.
- Validar a eficácia das soluções frente às normas de qualidade de energia.

### Material e Métodos ou Metodologia

- **Ferramentas:** HarmZs (CEPEL/ONS), ANAREDE, MATLAB.
- **Sistema de teste:** Rede de 10 barras com inserção de fonte harmônica (representando um parque eólico).
- **Etapas:**
  1. Análise do sistema sem mitigação (caso base).
  2. Projeto de filtro passivo sintonizado.
  3. Simulação comparativa “sem filtro” e “com filtro”.

### Apoio Financeiro



### Resultados e/ou Ações Desenvolvidas

No cenário sem mitigação, observou-se elevada distorção harmônica, principalmente nas frequências de 180 Hz (3ª ordem) e 420 Hz (7ª ordem), sendo esta última a mais crítica. Após o projeto e implementação do filtro passivo sintonizado em 420 Hz, verificou-se a redução significativa da componente harmônica de 7ª ordem, comprovando a eficácia da solução.

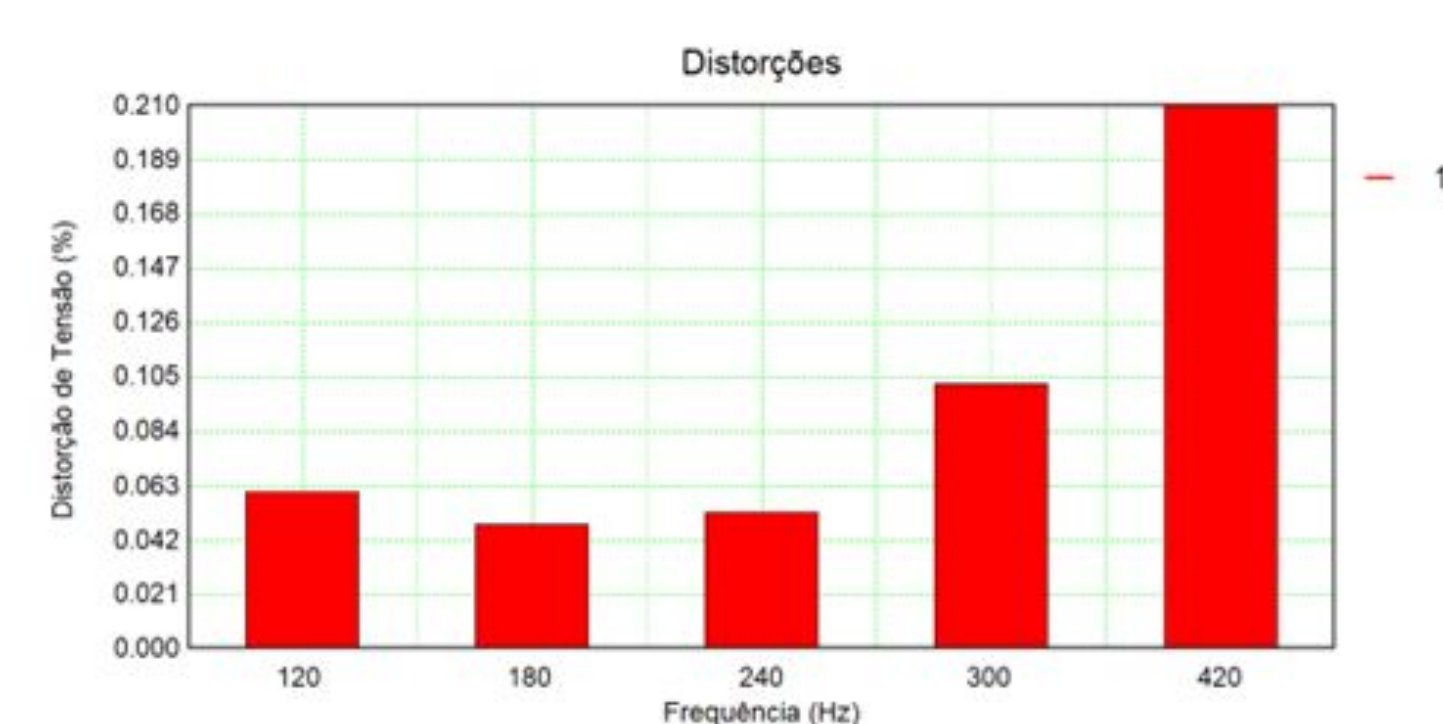


Gráfico 1: Espectro de distorção de tensão na Barra 10 (sem filtro).

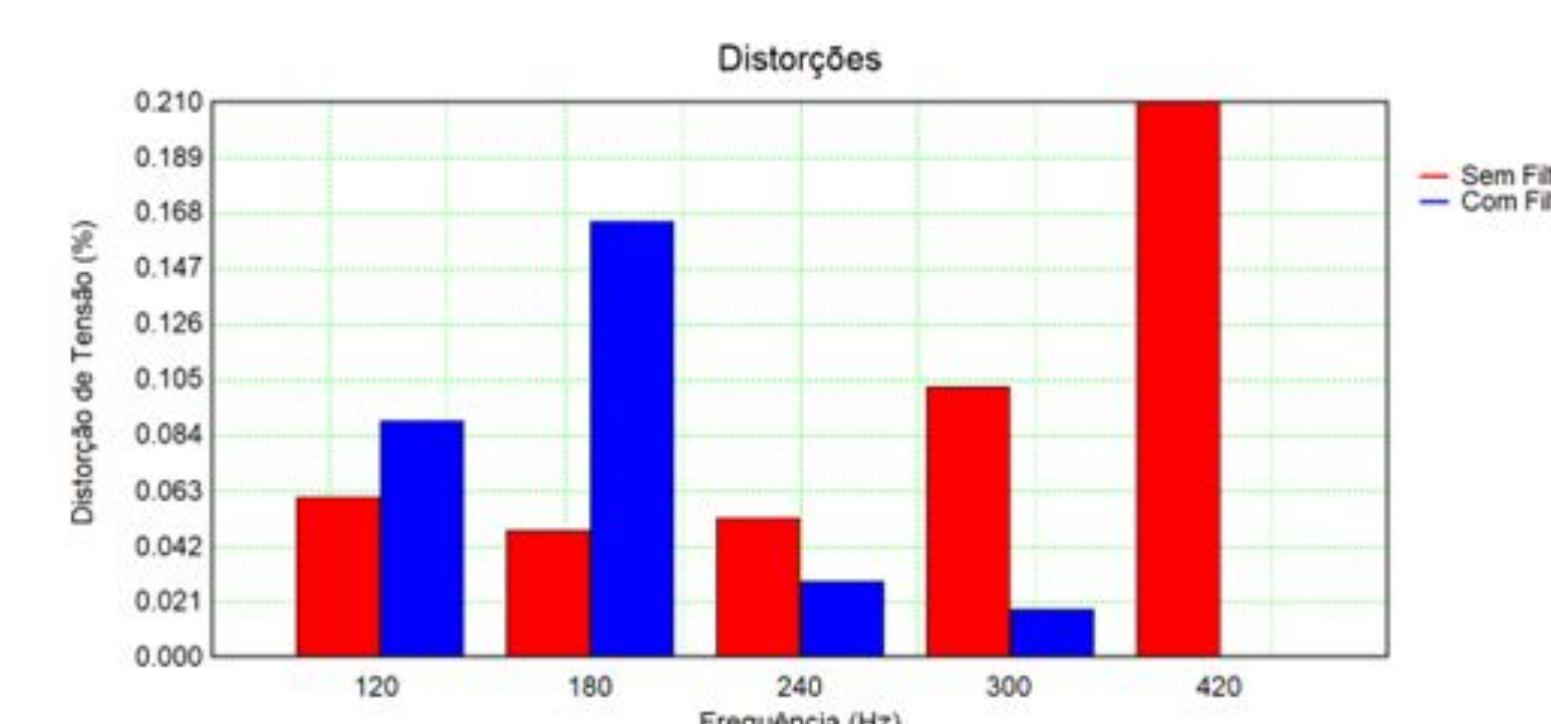


Gráfico 2: Comparativo de distorções de tensão: sem filtro x com filtro

Entretanto, a análise de resposta em frequência mostrou o surgimento de uma ressonância paralela em torno de 180 Hz, que elevou outras harmônicas de baixa ordem. Essa característica foi confirmada em simulações adicionais com filtros sintonizados em diferentes frequências.



Gráfico 3: Resposta em frequência da rede (comparação de filtros sintonizados)

### Conclusões

- O **HarmZs** mostrou-se ferramenta eficaz para estudos de qualidade de energia.
- O filtro sintonizado atenua a harmônica alvo, mas pode introduzir ressonâncias indesejadas.
- Projetos de mitigação devem sempre considerar a resposta global da rede.
- O estudo reforça a relevância de análises computacionais no planejamento e operação de sistemas elétricos.

### Bibliografia

1. ARRILLAGA, J.; WATSON, N. R.; CHEN, S. *Power system quality assessment*. IEEE, 2000.
2. IEEE Std 519-1992. *Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*.
3. CEPEL. *Manual do HarmZs*. Rio de Janeiro, 2016.