

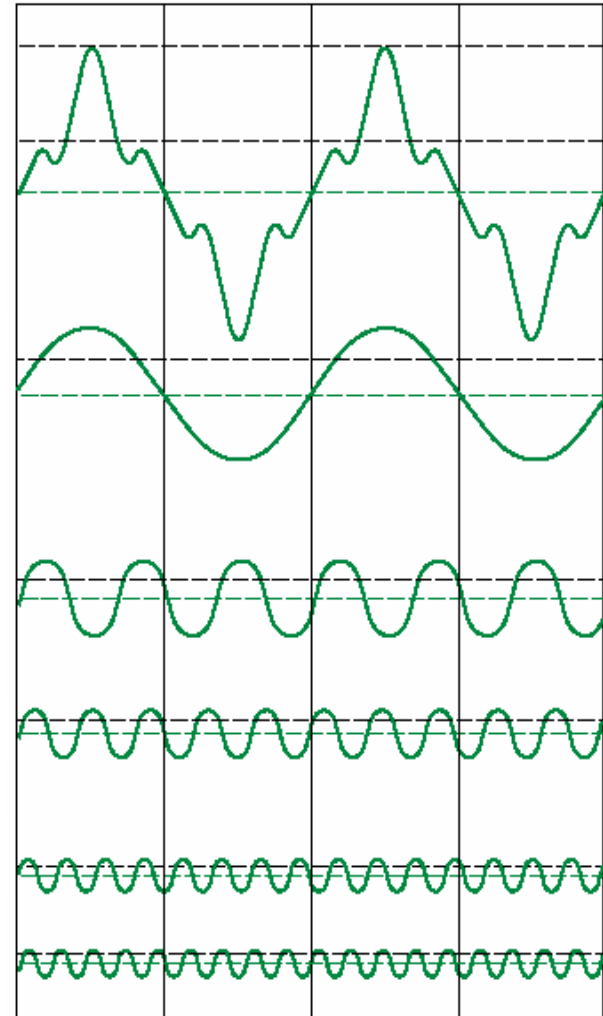


Seminário online Qualidade de Energia: Harmônicas

Por: **Pedro Okuhara**
Gerente de Produto

- Conceitos Básicos
- Solução com Filtros Ativos
- Case no setor automobilístico





- O que são Harmônicas?

■ O que são Harmônicas?

As correntes Harmônicas são múltiplas da corrente Fundamental (60Hz)

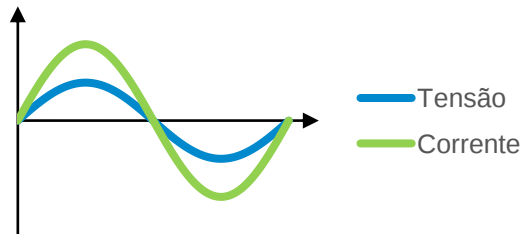
Ordens

1º ➤ 60	6º ➤ 360	11º ➤ 660	16º ➤ 960	21º ➤ 1260
2º ➤ 120	7º ➤ 420	12º ➤ 720	17º ➤ 1020	22º ➤ 1320
3º ➤ 180	8º ➤ 480	13º ➤ 780	18º ➤ 1080	23º ➤ 1380
4º ➤ 240	9º ➤ 540	14º ➤ 840	19º ➤ 1140	24º ➤ 1440
5º ➤ 300	10º ➤ 600	15º ➤ 900	20º ➤ 1200	25º ➤ 1500

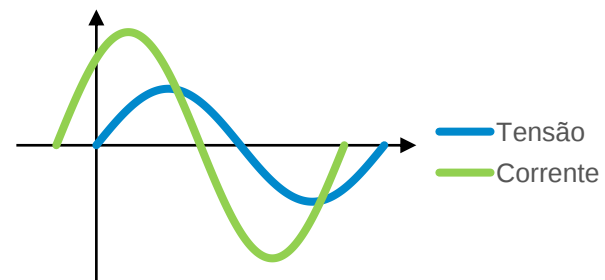
...

■ Cargas Lineares

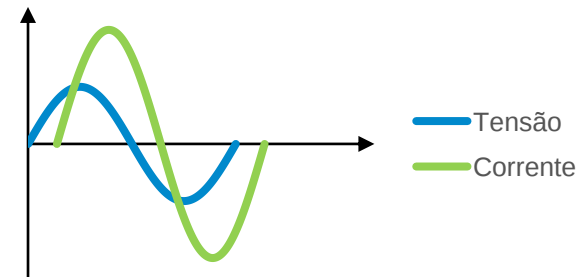
■ Resistiva



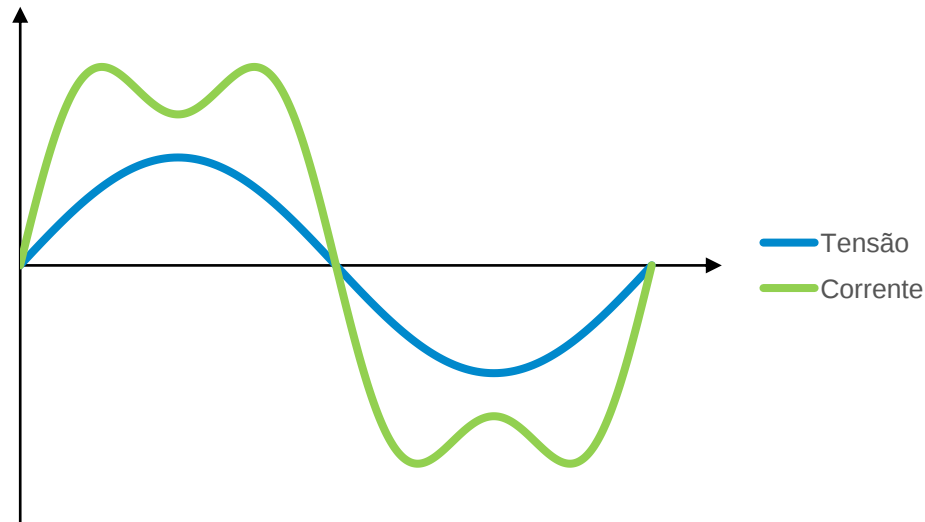
■ Capacitiva



■ Indutiva



■ Cargas Não-lineares



- Inversores
- Máquinas de Solda
- Estrusoras
- Forno Elétrico a Arco
- Conversores CA/CC

- Como são classificadas as Harmônicas?

■ Como são classificadas as Harmônicas?

Ordens

1° ➤ 60	6° ➤ 360	11° ➤ 660	16° ➤ 960	21° ➤ 1260
2° ➤ 120	7° ➤ 420	12° ➤ 720	17° ➤ 1020	22° ➤ 1320
3° ➤ 180	8° ➤ 480	13° ➤ 780	18° ➤ 1080	23° ➤ 1380
4° ➤ 240	9° ➤ 540	14° ➤ 840	19° ➤ 1140	24° ➤ 1440
5° ➤ 300	10° ➤ 600	15° ➤ 900	20° ➤ 1200	25° ➤ 1500

POSITIVA

NEUTRA

NEGATIVA

■ Como surgem as correntes Harmônicas nos Conversores?

$$H = n * p \pm 1$$

H – Ordem Harmonica

n – multiplicador

p – números de pulsos

Inversor de 6 pulsos

$$1 * 6 - 1 = 5^{\circ}$$

$$1 * 6 + 1 = 7^{\circ}$$

$$2 * 6 - 1 = 11^{\circ}$$

$$2 * 6 + 1 = 13^{\circ}$$

$$3 * 6 - 1 = 17^{\circ}$$

$$3 * 6 + 1 = 19^{\circ}$$

Inversor de 12 pulsos

$$1 * 12 - 1 = 11^{\circ}$$

$$1 * 12 + 1 = 13^{\circ}$$

$$2 * 12 - 1 = 23^{\circ}$$

$$2 * 12 + 1 = 25^{\circ}$$

$$3 * 12 - 1 = 35^{\circ}$$

$$3 * 12 + 1 = 37^{\circ}$$

- A somatória quadrática de todas as correntes que circulam pelo condutor.

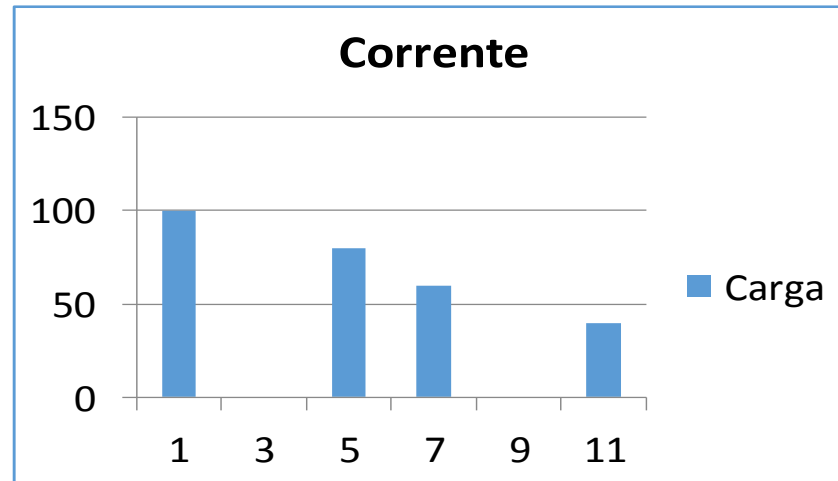
$$I_{RMS} = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}$$

n = ordem harmônica

Valor eficaz de
Corrente (A)

$$I_{RMS} = \sqrt{I_1^2 + \sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}$$

Exemplo:



$$I_{RMS} = \sqrt{100^2 + 80^2 + 60^2 + 40^2}$$

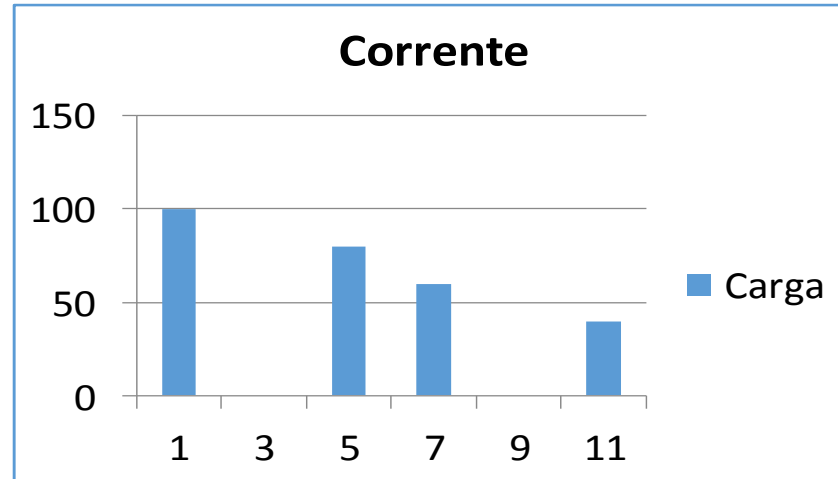
$$I_{RMS} = 147 A$$

- Razão entre somatória quadrática das correntes Harmônicas e a corrente fundamental

*THD = Distorção
total de Harmônicas*

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \times 100\%$$

Exemplo:



$$THD_i = \frac{\sqrt{80^2 + 60^2 + 40^2}}{100} \times 100\%$$

$$THD_i = 108\%$$

- Razão entre somatória quadrática das correntes Harmônicas e a corrente do sistema, dentro de um período de 15 a 30min

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_L}$$

*TDD = Distorção de
Demanda de
Harmônicas*

- Fator que indica o nível de eficiencia de um determinado equipamento ou Instalação.

$$PF_{TOTAL} = \frac{P_{total}}{S_{total}} = \left(\frac{P_1}{V_1 I_1} \right) \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{THD_I}{100} \right)^2}}$$

Limites das distorções de Corrente

Distorção Máxima da Corrente Harmônica em % de I_L						
Ordem Harmônica Individual (Harmônicas Impares)						
I_{sc}/I_L	< 11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
$< 20^*$	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
$20 < 50$	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
$50 < 100$	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
$100 < 1000$	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
> 1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0
Harmônicos pares são limitados em 25% dos limites dos harmônicos impares acima.						
Distorções de correntes que resultam no offset de DC, por exemplo, conversores de meia onda, não são permitidos.						
* Todo o equipamento de geração de energia é limitado a estes valores de distorção de corrente, independentemente do presente I_{sc}/I_L						

I_{sc} = corrente de curto-circuito máxima no PCC

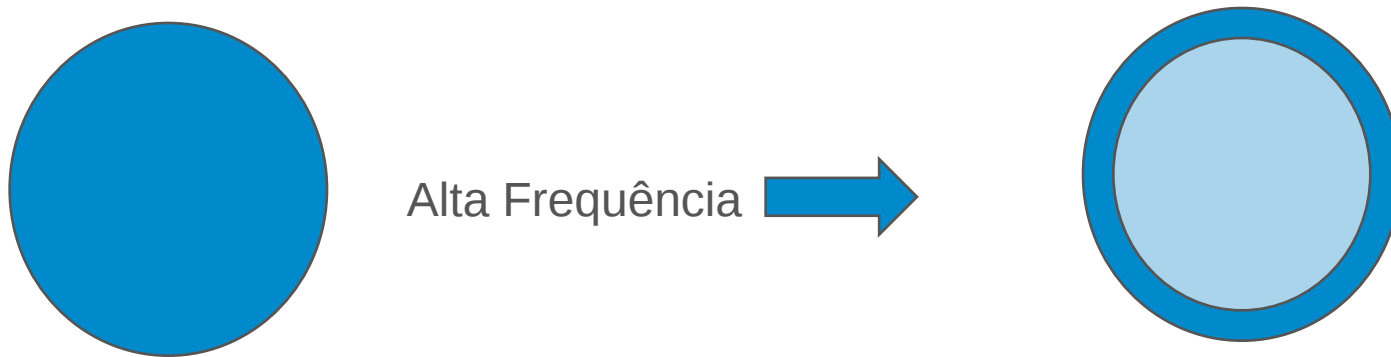
I_L = corrente da demanda máxima (componente da frequência fundamental) no PCC.

Limites das distorções de Tensão

Tensão na barra no PCC	Distorção de tensão individual (%)	Distorção de tensão total THD (%)
69 kV e menor	3,0	5,0
69,001 kV até 161 kV	1,5	2,5
161,001 kV e acima	1,0	1,5

■ Aquecimento dos condutores e equipamentos

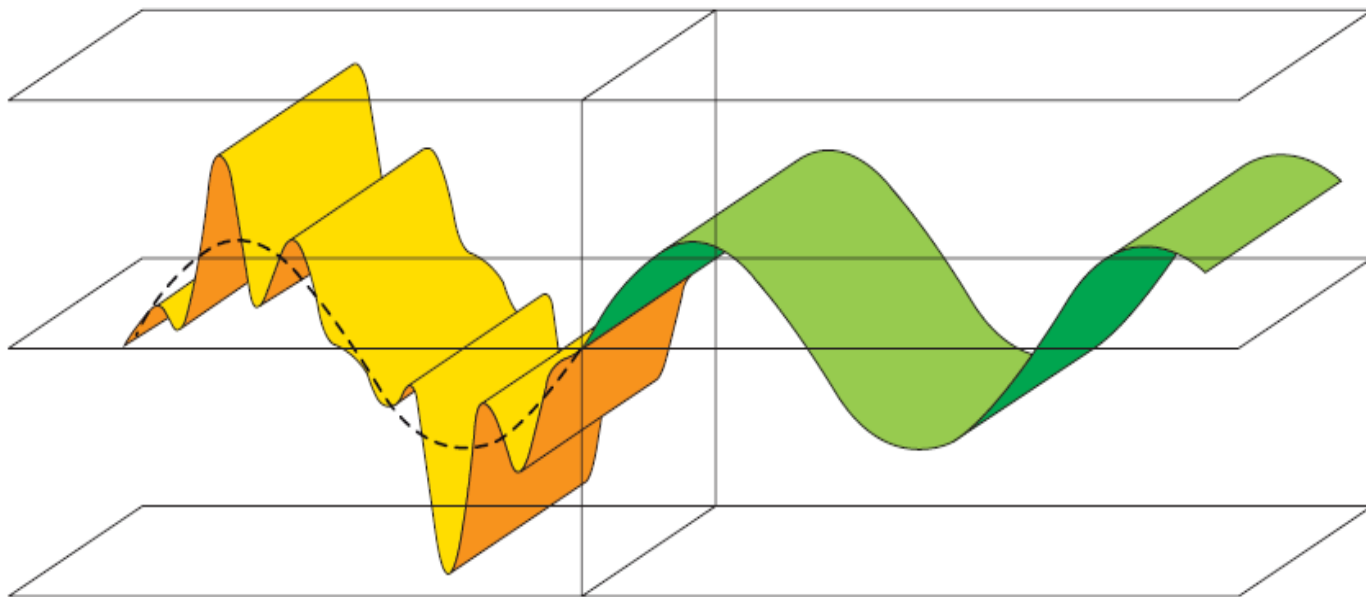
■ Efeito Pelicular



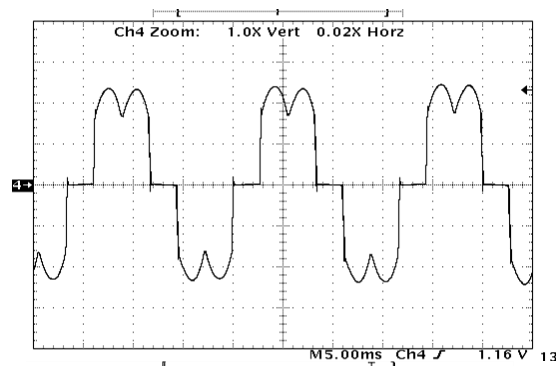
Aumento da resistência dos condutores causando perdas por aquecimento e mau funcionamento dos equipamentos

- Queima dos Bancos de Capacitores
- Disparos indevidos das proteções
- Mau funcionamento dos equipamentos
- Redução da vida útil dos equipamentos
- Sobrecarga do neutro

Solução com Filtros Ativos

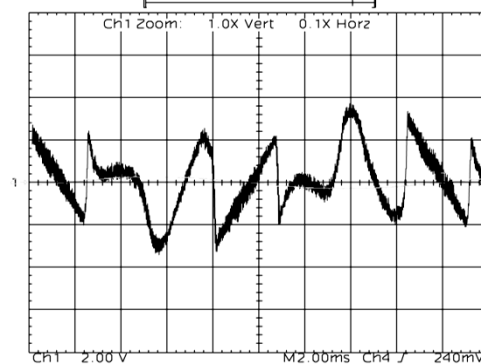


Filtro Ativo de Harmônicas



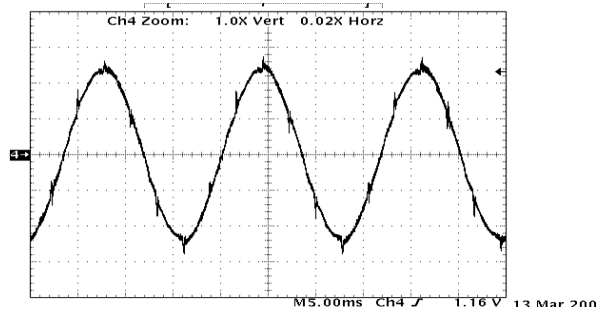
Forma de Onda
Carga

+



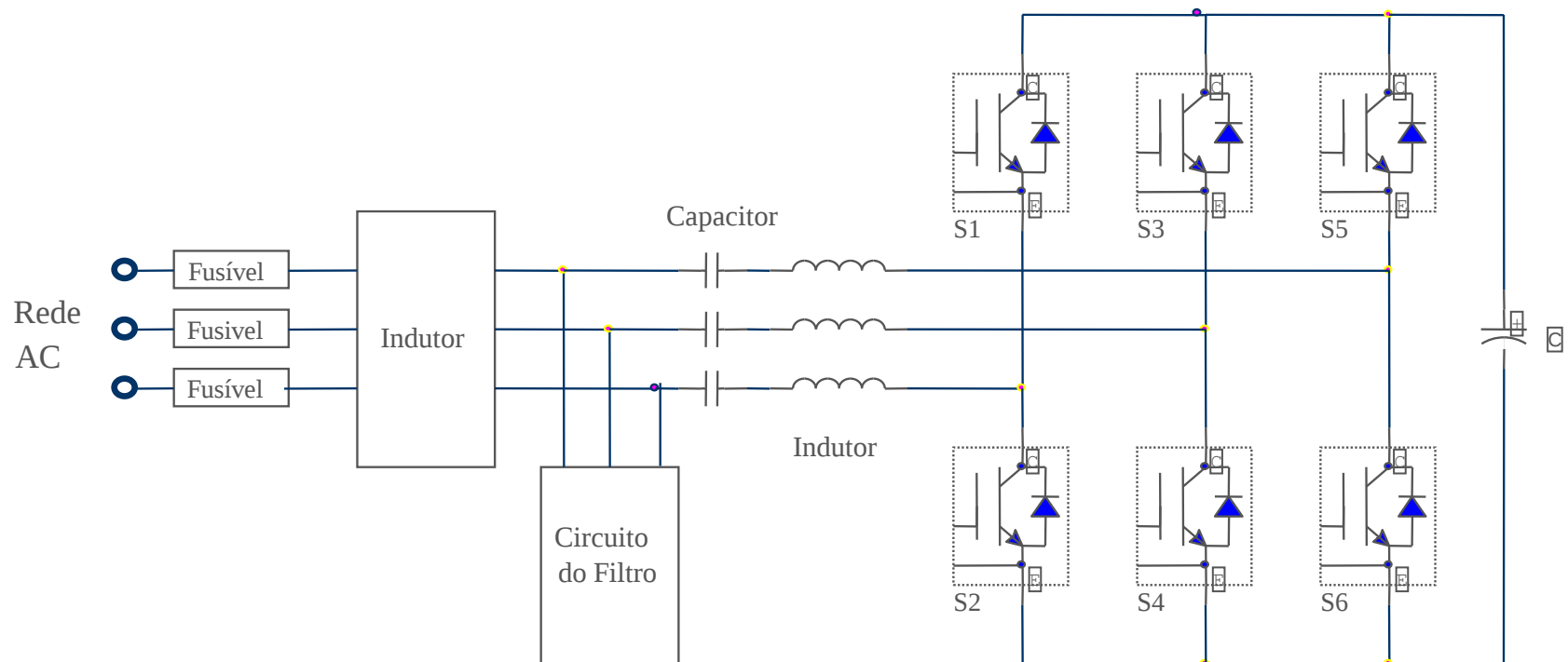
Forma de Onda
Saída de corrente
do Accusine

=

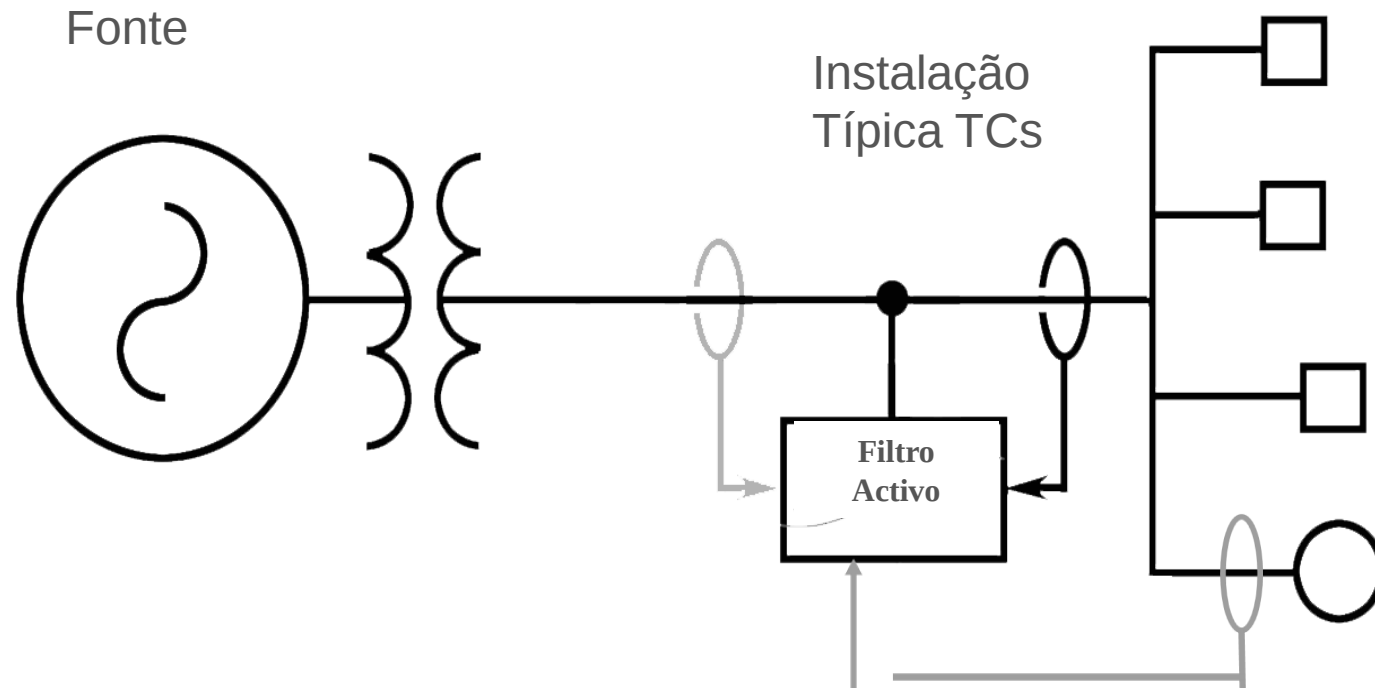


Forma de Onda
Carga

Filtro Ativo de Harmônicas



Filtro Ativo de Harmônicas



Filtro Ativo de Harmônicas

- Aplicável a uma ou várias cargas não lineares
 - VFD, UPS, UV, Conversores CA/CC, Fontes CA/CC
- Mais efetivo em termos de custo para múltiplas cargas
- Economiza espaço
- **Correção do Fator de Potência**
- **Balanceamento de Carga**
- Não causa ressonância
- **Espectro : 2ª a 50ª harmônica**
- Comunicação: Modbus TCP/IP porta Ethernet



Filtro Ativo de Harmônicas



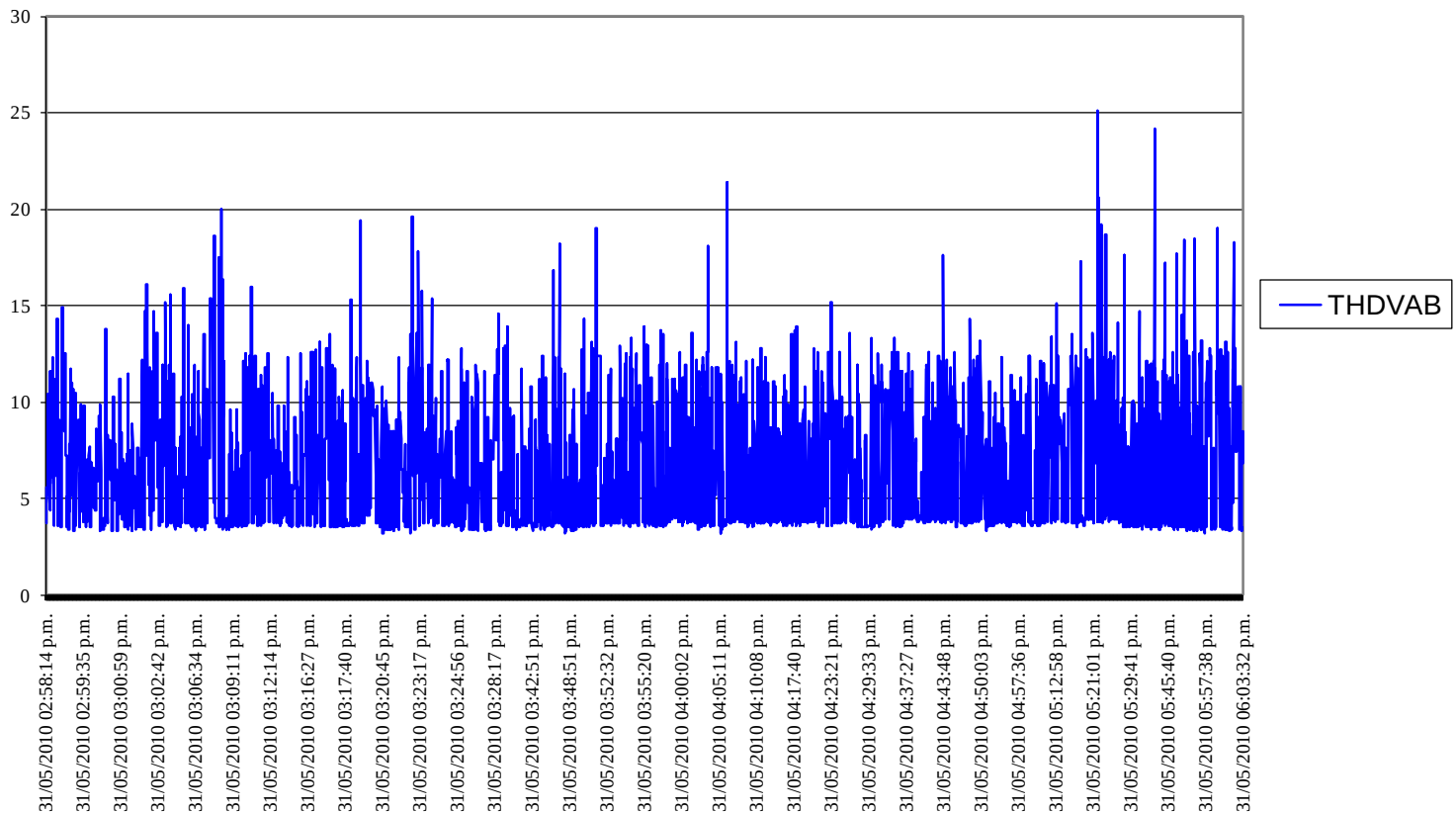
- 208-480V até 15kV (com transformador)
- NEMA 1
 - 50A – 1905mm x 800mm x 600mm
 - Peso – 300Kg
 - 100A – 1905mm x 800mm x 600mm
 - Peso – 350 Kg
 - 300A – 2300mm x 1000mm x 800mm
 - Peso – 550 Kg
- Painel com porta intertravada com o seccionador/ disjuntor de entrada
- Certificados CE, C-Tick, ABS, UL, CUL

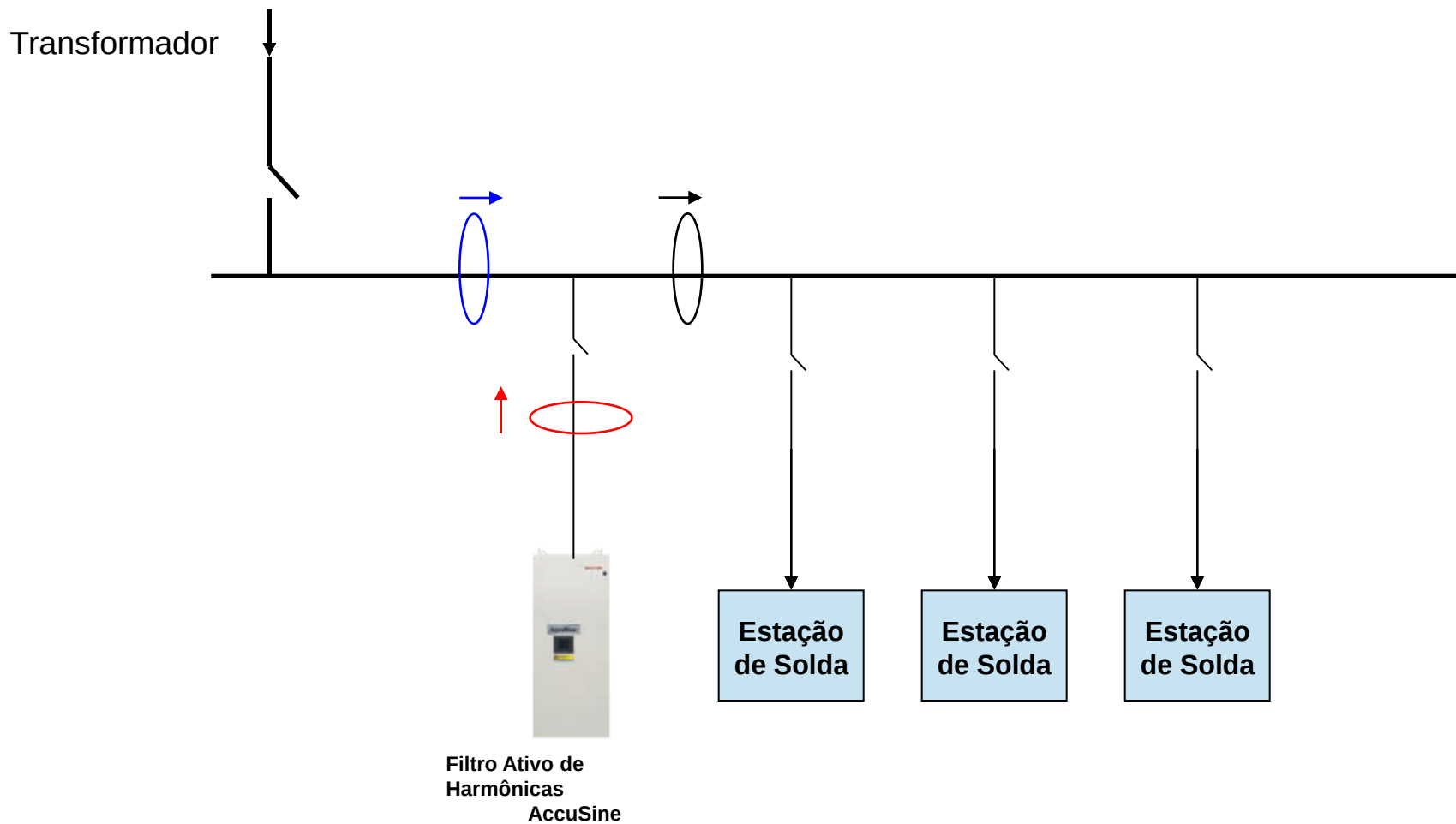
Case: Setor Automobilístico



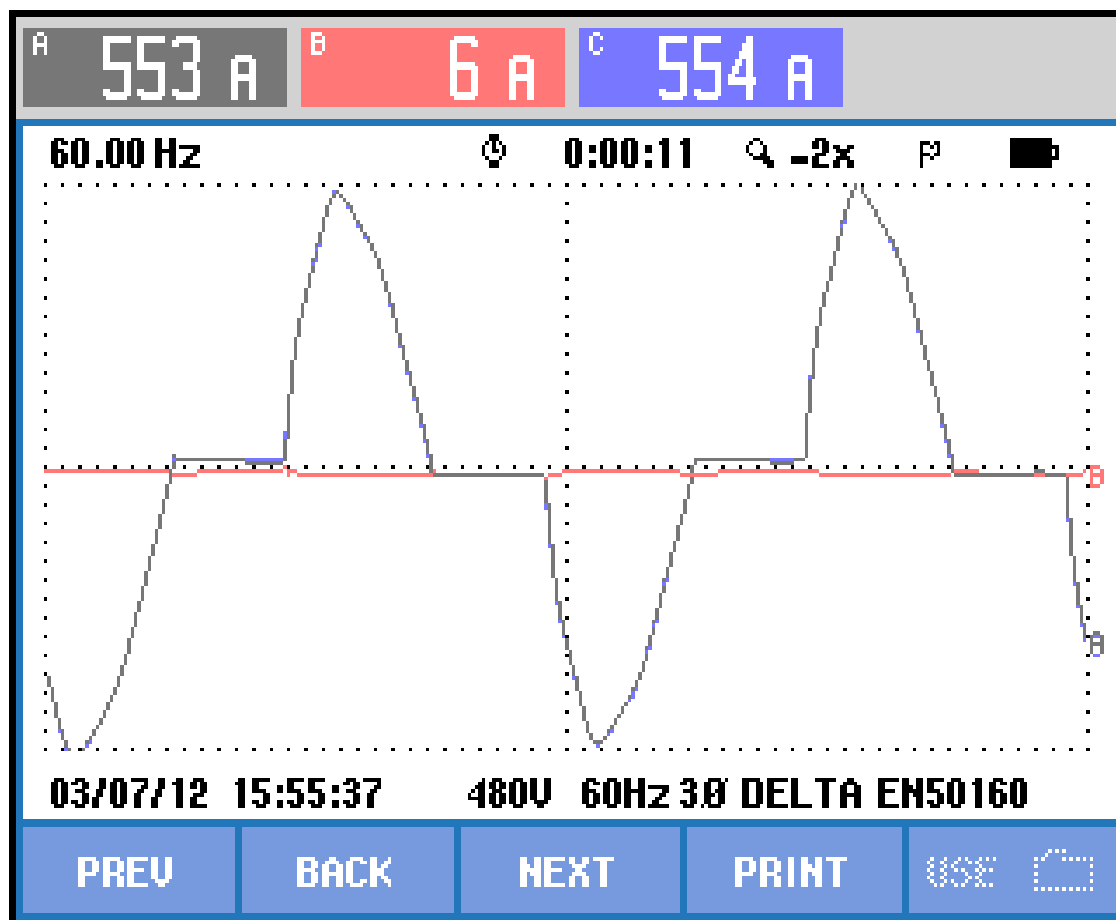
Caso de aplicação indústria automotiva

THDVAB

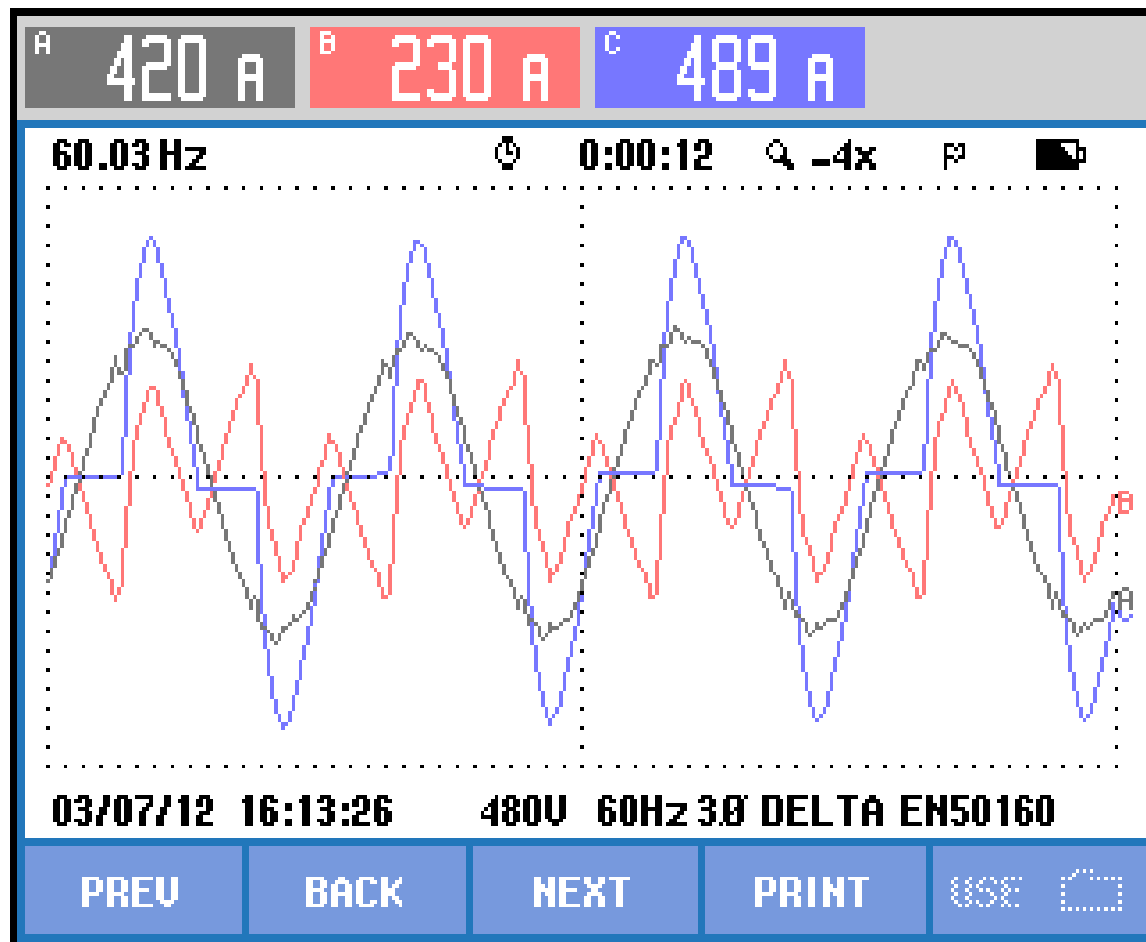




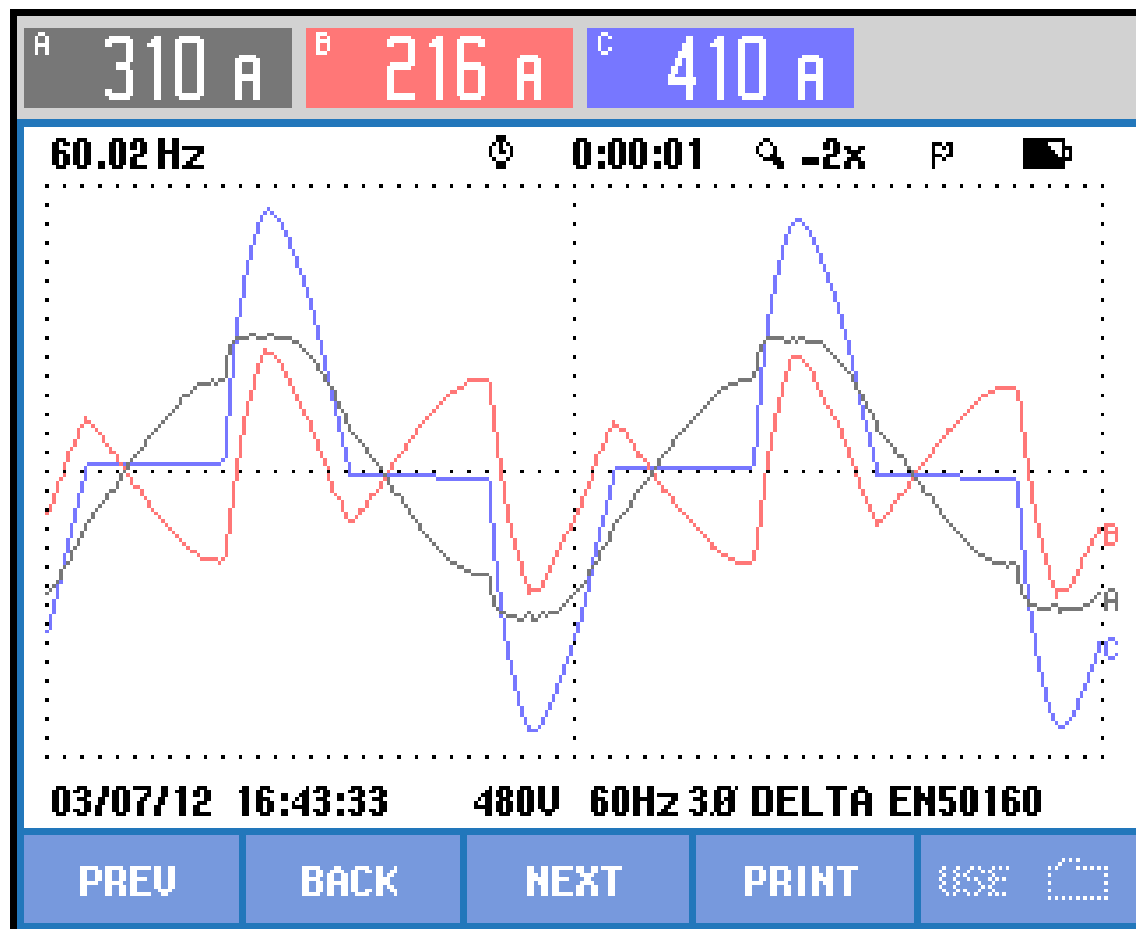
Caso de aplicação indústria automotiva



Caso de aplicação indústria automotiva

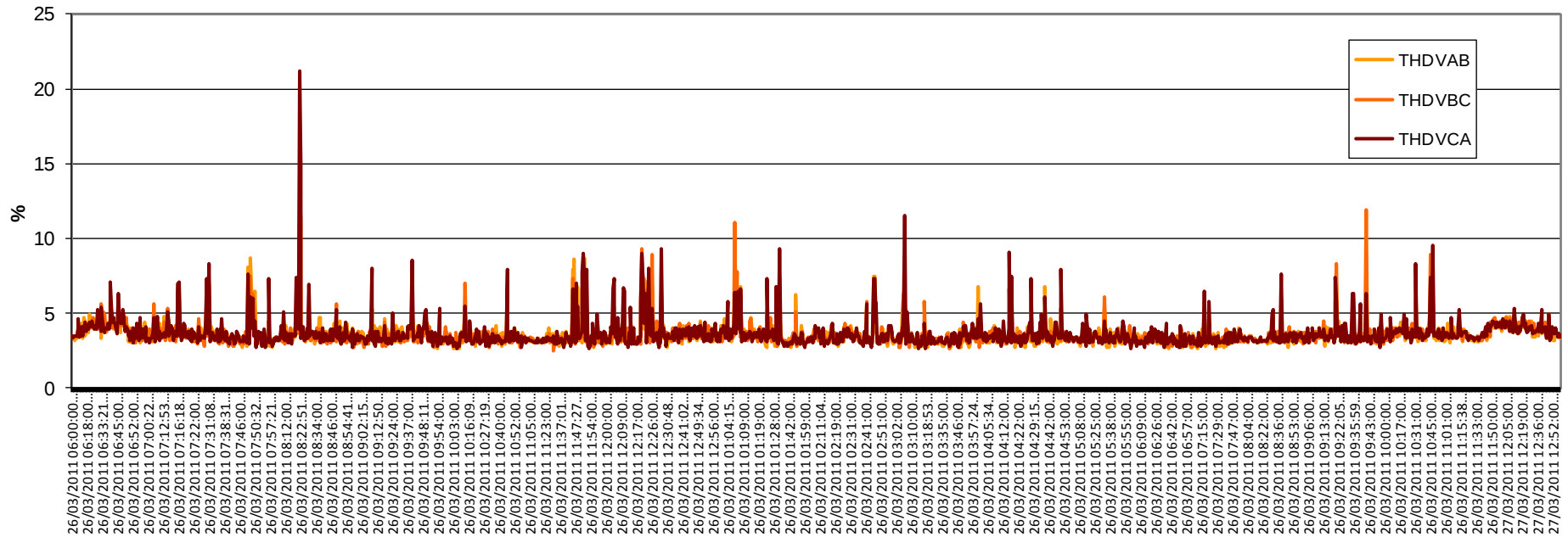


Caso de aplicação indústria automotiva



Caso de aplicação indústria automotiva

Perfil de THD em Tensão



Contato:



Pedro Okuhara
Schneider Electric

Gerente de Produto
Telefone: (11) 2165-5221
Email: pedro.okuhara@schneider-electric.com