
SOLUÇÕES PARA ELIMINAR AS DISTRORÇÕES PRESENTES NA REDE ELÉTRICA

**FILTRO CAPACITIVO
AUTOMATIZADO**

FILTRANDO E ELIMINANDO AS DISTORÇÕES

Frequências harmônicas indesejáveis

Problema em redes elétricas são as **distorções harmônicas** que são produzidas tanto na geração de energia, bem como no próprio consumo.

Cargas não Lineares são cargas que distorcem a forma de onda da corrente e/ou tensão como por exemplo: conversores / inversores de frequência; acionamentos de corrente contínua; retificadores; fornos a arco e indução; transformadores com o núcleo saturado; No-Breaks (UPS); controladores tiristorizados; fontes chaveadas; máquinas de solda elétrica;

Uma tensão ou corrente harmônica pode ser definida como um sinal senoidal cuja frequência é múltipla inteira da frequência fundamental do sinal de alimentação.

A distorção de tensão é produzida pela fonte geradora como consequência da circulação de correntes distorcidas pela instalação. Isso significa que, quanto mais cargas que provocam **distorção de corrente** uma instalação possuir, maiores as possibilidades de distorção na forma de onda de tensão.

Distorções harmônicas

- Reduzem a vida útil de equipamentos e eletrodomésticos
- Causam sobreaquecimento da rede elétrica
- Diminuem o torque de motores e geradores
- Aumentam o consumo na rede elétrica.
- Múltiplas passagens de tensão pelo zero. Qualquer equipamento que depende do sincronismo de seu contador com a passagem pelo zero pode ser considerado vulnerável às distorções harmônicas

Taxa de distorção harmônica total (THD)

$$THD = \frac{\sqrt{(h_2)^2 + (h_3)^2 + (h_4)^2 + \dots + (h_n)^2}}{h_1} \times 100\%$$

Devemos buscar nas instalações elétricas os valores de THD mais próximos possíveis de zero. As taxas de distorção harmônicas podem ser:

- **Tensão (THDv)** o grau de distorção das ondas de tensão
- **Corrente (THDi)** o grau de distorção das ondas de corrente

A distorção de corrente (THDi) é **provocada pela carga**. A distorção de tensão (THDv) é produzida pela fonte geradora como consequência da **circulação de correntes distorcidas pela instalação**.

EFEITOS E CONSEQUÊNCIAS DAS HARMÔNICAS

- Aquecimentos excessivos** é um dos efeitos mais importantes das correntes harmônicas. Pode estar presente em cabos da instalação elétrica, enrolamentos dos transformadores, motores e geradores etc.
- Disparos de dispositivos de proteção** Os sinais harmônicos podem apresentar correntes com valores eficazes pequenos, porém, com elevados valores de pico (elevado fator de crista), o que pode fazer com que alguns dispositivos de proteção termomagnéticos e diferenciais (como DR, por exemplo) disparem indevidamente. Isto ocorre porque as correntes harmônicas provocam um aquecimento ou um campo magnético acima daquele que haveria sem a sua presença.
- Ressonância** Uma capacitância em paralelo com uma indutância forma um circuito ressonante capaz de amplificar o sinal de uma dada frequência. Quando é utilizado um banco de capacitores, é formado um circuito ressonante entre o banco e a indutância natural da própria instalação elétrica. Com isto, certas harmônicas podem ser amplificadas, provocando danos principalmente nos próprios capacitores, levando-os à queima ou explosões.
- Vibrações e acoplamentos** As altas frequências das harmônicas podem provocar interferências eletromagnéticas irradiadas ou conduzidas que, por sua vez, provocam vibrações em quadros elétricos, transformadores e/ou acoplamentos em redes de comunicação, prejudicando a qualidade da conversação ou da troca de dados e sinais.
- Aumento da queda de tensão** Com o aumento do valor eficaz da corrente em um circuito que contém harmônicas, conseqüentemente aumenta a queda de tensão neste circuito, já que $U(V) = Z(\Omega) \cdot I(A)$.
- Redução do fator de potência** como geralmente as harmônicas mais importantes têm frequências maiores do que a fundamental, suas presenças aumentam o valor da reatância indutiva da instalação, uma vez que $X_L = 2 \pi f L$, onde “f” é a frequência da harmônica e “L” é a indutância natural da instalação. Com o aumento de X_L , aumenta a potência reativa (kVar), reduzindo assim o fator de potência da instalação.
- Tensão elevada entre neutro e terra** A circulação de correntes harmônicas pelo condutor neutro provoca uma queda de tensão entre esse condutor e a terra, uma vez que a impedância

do cabo não é zero. Em alguns equipamentos eletroeletrônicos, a presença de uma certa tensão entre neutro e terra pode prejudicar a sua correta operação.

Filtro Capacitivo é um arranjo de circuito elétrico que tem a finalidade de reduzir variações de tensão e corrente de alta frequência e corrigir imperfeições elétricas. O **Filtro Capacitivo da Lumilight do Brasil** é um equipamento eletrônico desenvolvido em altos padrões tecnológicos com sistema de automação em paralelo a rede, filtrando e desviando para o solo as interferências que causam as distorções, tais como as frequências harmônicas indesejadas presentes na rede elétrica.

TECNOLOGIA

- Otimização em rede, gerando qualidade em energia elétrica
- Equalização seletiva dos 60 Hz, inibindo artefatos harmônicos prejudiciais
- Equipamento blindado, 0% de índice de umidade interna

PROTEÇÃO

- Proteção de rede elétrica local contra distorções causadas por picos de tensão
- Proteção quanto a queima de motores e equipamentos até 880 Volts
- Aumento da vida útil dos motores e equipamentos eletrônicos
- Redução na parada de equipamentos devido a desarme de disjuntor e queima de fusível

EFICIÊNCIA

- Maior desempenho e durabilidade de equipamentos
- Ganhos direto até 20% no consumo de energia elétrica

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

- **Capacitores eletrolíticos e de poliéster** instalados no arranjo do filtro permitem captar ruídos (flicker's, sinais de rádio AM e FM, transitórios oscilatórios e impulsivos) e levá-los até ao setor de dissipação dos distúrbios (varistores e resistores) através de bobinas exclusivas
- **Varistor** elemento de proteção contra transientes de tensão em circuitos. Eles Impedem que surtos de pequena duração, por apresentarem uma característica de "limitador de tensão"
- Sistema de Automação em Paralelo (único e exclusivo)
- Alimentação Nominal: Trifásico 380V ou 220V Bifásico 220V Monofásico 127V ou 220V
- Capacitores eletrolíticos e de poliéster, com responsabilidade exclusiva para captação de ruídos (desperdícios)
- Varistores Supressores de surtos elétricos (placa supressora de surto de até 880V de pico de tensão)
- Interação dos componentes eletrônicos do circuito, promovem rapidez e sensibilidade na captação de ruídos e na melhor proteção (Vel. de 5 a 15 Milissegundos)
- Corpo e tampa em material Termo-Plástico auto-extinguível

Característica	Descrição				
Tipo	Filtro Capacitivo Automatizado Monofásico Residencial	Filtro Capacitivo Automatizado Bifásico Residencial	Filtro Capacitivo Automatizado Trifásico Residencial	Filtro Capacitivo Automatizado Trifásico Comercial	Filtro Capacitivo Automatizado Trifásico Industrial
Tamanho (larg x comp x profun) em mm	80 x 80 x 50	80 x 80 x 50	80 x 80 x 50	110 x 150 x 70	110 x 150 x 70
Peso aproximado	400 g	400 g	450 g	950 g	1.200 kg
Potência Nominal	Até 800 KWh/mês	Até 1.400 KWh/mês	Até 2.650 KWh/mês	Até 6.800 KWh/mês	Até 19.500 KWh/mês
Estágio de Estabilização	60 Hz seletivamente	60 Hz seletivamente	60 Hz seletivamente	60 Hz seletivamente	60 Hz seletivamente
Tensão de Entrada	Instalação em paralelo a rede	Instalação em paralelo a rede	Instalação em paralelo a rede	Instalação em paralelo a rede	Instalação em paralelo a rede
Tensão de Saída	Instalação em paralelo a rede	Instalação em paralelo a rede	Instalação em paralelo a rede	Instalação em paralelo a rede	Instalação em paralelo a rede
Corrente Nominal	Instalação em paralelo a rede	Instalação em paralelo a rede	Instalação em paralelo a rede	Instalação em paralelo a rede	Instalação em paralelo a rede
Variação Tensão Entrada	Autoregulável - 104 a 440 V	Autoregulável - 104 a 440 V	Autoregulável - 104 a 440 V	Autoregulável - 104 a 440 V	Autoregulável - 104 a 440 V
Regulação de saída	Até 880 V	Até 880 V	Até 880 V	Até 880 V	Até 930 V
Tempo de Resposta	5 a 15 milissegundos	5 a 15 milissegundos	5 a 15 milissegundos	5 a 15 milissegundos	5 a 15 milissegundos
Rendimento Carga Nominal	Independente	Independente	Independente	Independente	Independente
Frequência Normal	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Distorção Harmônica	Inibição seletiva até a 19ª Ordem	Inibição seletiva até a 19ª Ordem	Inibição seletiva até a 19ª Ordem	Inibição seletiva até a 19ª Ordem	Inibição seletiva até a 19ª Ordem
Grau de Proteção	IP 55	IP 55	IP 55	IP 55	IP 55
Leds de Sinalização	1 leds frontais	2 leds frontais	3 leds holográficos	3 leds holográficos	3 leds holográficos
Chave Liga/Desliga	Não	Não	Não	Não	Não
Porta Resível	Não	Não	Não	Não	Não
Quantidade de saída	Autoregulável	Autoregulável	Autoregulável	Autoregulável	Autoregulável
Tipo de Isolamento	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo
Tipo de fixação	4 "parafusos 1/4" de volta s/ elementos metálicos p/ fixação do corpo a tampa	4 "parafusos 1/4" de voltas/ elementos metálicos p/ fixação do corpo a tampa	4 "parafusos 1/4" de volta s/ elementos metálicos p/ fixação do corpo a tampa	4 "parafusos 1/4" de volta s/ elementos metálicos p/ fixação do corpo a tampa	4 "parafusos 1/4" de volta s/ elementos metálicos p/ fixação do corpo a tampa
Proteção Opcional	Não	Não	Não	Não	Não
Acessórios	Não	Não	Não	Não	Não
Vida útil	12 anos	12 anos	12 anos	12 anos	12 anos
Garantia	10 anos	10 anos	10 anos	10 anos	10 anos
Normatização	<p>1- IEC 60950 (2005).</p> <p>2- ABNT NBR 5410 (2004) – Resolução nº 529.</p> <p>3- IEC 61000-4-2.</p> <p>4- IEC 61000-4-5.</p> <p>5- NBR IEC 61643-1.</p> <p>6- IEC 61000-3-2.</p> <p>7- IEC 61000-3-4.</p> <p>8- IEEE 519.</p> <p>9- NBR 3456:1987.</p> <p>10- IEEE-519 (1991).</p> <p>11- IEEE Task Force, 1982.</p> <p>12- Q78188, 2008.</p> <p>13- AIEE Transactions, PAS-80430-44. (1961).</p> <p>14- AIEE Transactions, PAS-75 (II): 950-9, (1956).</p> <p>15- Electrical Insulation Magazine, IEEE.</p> <p>16- IEEE Transaction on Power Delivery.</p> <p>17- General Electric TIS Report 75CRD039.</p> <p>18- IEEE Transactions on Power Systems.</p> <p>19- Resolução Anatel 442 – "Regulamento para Certificação de Equipamentos de Telecomunicações Quanto aos Aspectos de Compatibilidade Eletromagnética"</p> <p>20- Resolução Anatel 529 – "Regulamento para Certificação de Equipamentos de Telecomunicações Quanto aos Aspectos de Segurança Elétrica"</p>	<p>1- IEC 60950 (2005).</p> <p>2- ABNT NBR 5410 (2004) – Resolução nº 529.</p> <p>3- IEC 61000-4-2.</p> <p>4- IEC 61000-4-5.</p> <p>5- NBR IEC 61643-1.</p> <p>6- IEC 61000-3-2.</p> <p>7- IEC 61000-3-4.</p> <p>8- IEEE 519.</p> <p>9- NBR 3456:1987.</p> <p>10- IEEE-519 (1991).</p> <p>11- IEEE Task Force, 1982.</p> <p>12- Q78188, 2008.</p> <p>13- AIEE Transactions, PAS-80430-44. (1961).</p> <p>14- AIEE Transactions, PAS-75 (II): 950-9, (1956).</p> <p>15- Electrical Insulation Magazine, IEEE.</p> <p>16- IEEE Transaction on Power Delivery.</p> <p>17- General Electric TIS Report 75CRD039.</p> <p>18- IEEE Transactions on Power Systems.</p> <p>19- Resolução Anatel 442 – "Regulamento para Certificação de Equipamentos de Telecomunicações Quanto aos Aspectos de Compatibilidade Eletromagnética"</p> <p>20- Resolução Anatel 529 – "Regulamento para Certificação de Equipamentos de Telecomunicações Quanto aos Aspectos de Segurança Elétrica"</p>	<p>1- IEC 60950 (2005).</p> <p>2- ABNT NBR 5410 (2004) – Resolução nº 529.</p> <p>3- IEC 61000-4-2.</p> <p>4- IEC 61000-4-5.</p> <p>5- NBR IEC 61643-1.</p> <p>6- IEC 61000-3-2.</p> <p>7- IEC 61000-3-4.</p> <p>8- IEEE 519.</p> <p>9- NBR 3456:1987.</p> <p>10- IEEE-519 (1991).</p> <p>11- IEEE Task Force, 1982.</p> <p>12- Q78188, 2008.</p> <p>13- AIEE Transactions, PAS-80430-44. (1961).</p> <p>14- AIEE Transactions, PAS-75 (II): 950-9, (1956).</p> <p>15- Electrical Insulation Magazine, IEEE.</p> <p>16- IEEE Transaction on Power Delivery.</p> <p>17- General Electric TIS Report 75CRD039.</p> <p>18- IEEE Transactions on Power Systems.</p> <p>19- Resolução Anatel 442 – "Regulamento para Certificação de Equipamentos de Telecomunicações Quanto aos Aspectos de Compatibilidade Eletromagnética"</p> <p>20- Resolução Anatel 529 – "Regulamento para Certificação de Equipamentos de Telecomunicações Quanto aos Aspectos de Segurança Elétrica"</p>	<p>1- IEC 60950 (2005).</p> <p>2- ABNT NBR 5410 (2004) – Resolução nº 529.</p> <p>3- IEC 61000-4-2.</p> <p>4- IEC 61000-4-5.</p> <p>5- NBR IEC 61643-1.</p> <p>6- IEC 61000-3-2.</p> <p>7- IEC 61000-3-4.</p> <p>8- IEEE 519.</p> <p>9- NBR 3456:1987.</p> <p>10- IEEE-519 (1991).</p> <p>11- IEEE Task Force, 1982.</p> <p>12- Q78188, 2008.</p> <p>13- AIEE Transactions, PAS-80430-44. (1961).</p> <p>14- AIEE Transactions, PAS-75 (II): 950-9, (1956).</p> <p>15- Electrical Insulation Magazine, IEEE.</p> <p>16- IEEE Transaction on Power Delivery.</p> <p>17- General Electric TIS Report 75CRD039.</p> <p>18- IEEE Transactions on Power Systems.</p> <p>19- Resolução Anatel 442 – "Regulamento para Certificação de Equipamentos de Telecomunicações Quanto aos Aspectos de Compatibilidade Eletromagnética"</p> <p>20- Resolução Anatel 529 – "Regulamento para Certificação de Equipamentos de Telecomunicações Quanto aos Aspectos de Segurança Elétrica"</p>	<p>1- IEC 60950 (2005).</p> <p>2- ABNT NBR 5410 (2004) – Resolução nº 529.</p> <p>3- IEC 61000-4-2.</p> <p>4- IEC 61000-4-5.</p> <p>5- NBR IEC 61643-1.</p> <p>6- IEC 61000-3-2.</p> <p>7- IEC 61000-3-4.</p> <p>8- IEEE 519.</p> <p>9- NBR 3456:1987.</p> <p>10- IEEE-519 (1991).</p> <p>11- IEEE Task Force, 1982.</p> <p>12- Q78188, 2008.</p> <p>13- AIEE Transactions, PAS-80430-44. (1961).</p> <p>14- AIEE Transactions, PAS-75 (II): 950-9, (1956).</p> <p>15- Electrical Insulation Magazine, IEEE.</p> <p>16- IEEE Transaction on Power Delivery.</p> <p>17- General Electric TIS Report 75CRD039.</p> <p>18- IEEE Transactions on Power Systems.</p> <p>19- Resolução Anatel 442 – "Regulamento para Certificação de Equipamentos de Telecomunicações Quanto aos Aspectos de Compatibilidade Eletromagnética"</p> <p>20- Resolução Anatel 529 – "Regulamento para Certificação de Equipamentos de Telecomunicações Quanto aos Aspectos de Segurança Elétrica"</p>

Desenhos dimensionais

Tamanho (largura x comprimento x profundidade) em mm 110 x 150 x 70

Filtro Capacitivo Automatizado Monofásico Residencial



Filtro Capacitivo Automatizado Bifásico Residencial



Filtro Capacitivo Automatizado Trifásico Residencial



Filtro Capacitivo Automatizado Trifásico Comercial



Filtro Capacitivo Automatizado Trifásico Industrial



Segurança Elétrica

Resistência de Isolamento (Ohms):

	Neutro N	Fase R	Fase S	Fase T
Terra	0Ω	> 20 MΩ	1,6 kΩ	> 20 MΩ
Neutro N	0Ω	> 20 MΩ	1,6 kΩ	> 20 MΩ
Fase R	> 20 MΩ	--	> 20 MΩ	> 20 MΩ
Fase S	1,6 kΩ	> 20 MΩ	--	> 20 MΩ
Fase T	> 20 MΩ	> 20 MΩ	> 20 MΩ	--

Nota: A fase S alimenta a eletrônica de comando dos Led's (R Isolamento: 1,6 kΩ)

Capacitância (μF):

	Neutro N	Fase R	Fase S	Fase T
Terra	--	0,209	0,211	0,210
Neutro N	--	0,209	0,210	0,209
Fase R	0,209	--	0,105	0,104
Fase S	0,211	0,105	--	0,105
Fase T	0,209	0,104	0,105	--

Indutância (mH):

	Neutro N	Fase R	Fase S	Fase T
Terra	--	146,7	145,2	146,0
Neutro N	--	146,7	145,2	146,0
Fase R	146,7	--	293,0	294,0
Fase S	145,2	293,0	--	292,0
Fase T	146,0	294,0	292,0	--

Nota.: TERRA E NEUTRO (N) estão interligados (0Ω)

Proteção contra risco de incêndio

Quando submetido à aplicação de uma tensão de 230 Vef (60 Hz) entre um terminal R, S, T correspondente à Porta de energia e os Terminais NEUTRO e de aterramento (TERRA), o equipamento não deve apresentar risco de incêndio. A duração de cada aplicação de tensão em cada uma das fases deve ser de no mínimo 15 (quinze) minutos.

Sequência	1ª	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a
Correntes	0,23A	0,38A	0,72A	1,40A	2,90A	5,75A	11,5A	23,00A
Fase R	15 minutos	15 minutos	15 minutos	15 minutos	15 minutos	15 minutos	15 minutos	15 minutos
Fase S	15 minutos	15 minutos	15 minutos	15 minutos	15 minutos	15 minutos	15 minutos	15 minutos
Fase T	15 minutos	15 minutos	15 minutos	15 minutos	15 minutos	15 minutos	15 minutos	15 minutos

Nota: As correntes de curto-circuito são obtidas através do uso de cargas resistivas

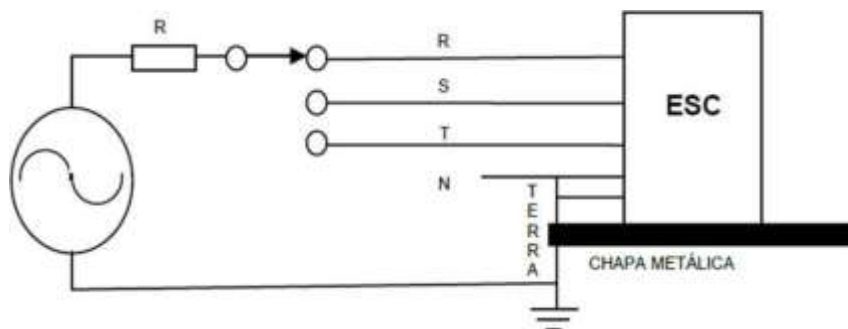


Figura 1 - Proteção contra risco de incêndio

Proteção Contra Choque Elétrico em Condições Normais

Estando o equipamento energizado em condições normais (tensão nominal), todas as suas partes acessíveis devem apresentar valor máximo de corrente de fuga 0,25mA.

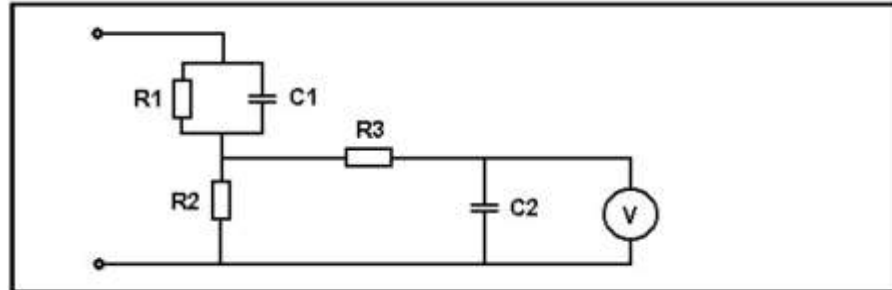


Figura 2 - Circuito para medição da corrente de fuga.

$R1 = 1500 \Omega$

$R2 = 500 \Omega$

$R3 = 10 \text{ k}\Omega$

$C1 = 220 \text{ nF}$

$C2 = 22 \text{ nF}$

V: Voltímetro com leitura de valor eficaz verdadeiro, com resistência de entrada $\geq 1 \text{ M}\Omega$ e capacitância de entrada $\leq 200 \text{ pF}$.

Nota: A corrente de fuga ponderada, em miliampéres (mA), é dada por $2U$, onde U é o valor de tensão obtido pelo voltímetro, em Volts.

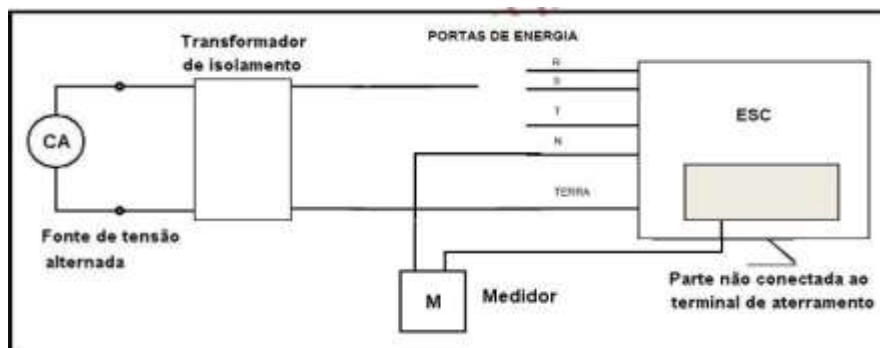


Figura 3 - Montagem do ensaio para verificação do risco de choque elétrico em condições normais.

ESC: Equipamento a ser ensaiado

M: Medidor de corrente de fuga (ver Figura 2)

TERRA: Condutor para aterramento de proteção (quando houver)

F, N: Condutores da porta de energia elétrica

Resultado obtido

	Alimentação (Vca)	Partes não conectadas ao terminal de aterramento (especificação mA)	Valores medidos (mA)
Fase R	220	0,25	< 0,20
Fase S	220	0,25	< 0,05
Fase T	220	0,25	< 0,20

Proteção Contra Aquecimento Excessivo

A elevação de temperatura em relação ao ambiente, de qualquer parte externa do Filtro Capacitivo Lumilight do Brasil a ser certificado acessível ao homem, não pode exceder os limites de 45°C (superfícies Metálica) e 55°C (superfícies Não-Metálica). Sendo assim, o equipamento energizado até a estabilização de sua temperatura considerando a faixa de tensão nominal e as medições simultaneamente das temperaturas nas superfícies do equipamento e a temperatura ambiente. Os valores constantes da Tabela 4 correspondem à diferença entre a temperatura de uma superfície e a temperatura ambiente.

PERÍODO DE MEDIÇÃO		60 minutos			
Alimentação (220 Vac)	Corrente (mA) consumo por fase	Temperatura Ambiente (°C)	Umidade Relativa (%)	Temperatura Superfície Metálica (°C) (Sobre a fiação isolada)	Temperatura Superfície Não Metálica (°C) (Gabinete)
Fase R	17,60	24,70	52,00	24,90	24,90
Fase S	7,20				
Fase T	18,10				

Tabela 4 temperatura de uma superfície e a temperatura ambiente

Curva de Resposta em Freqüência do Filtro (R, S, T)

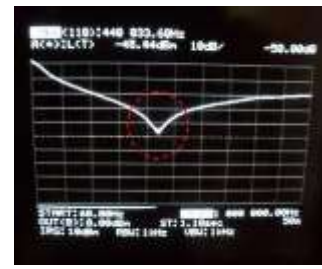
Curva de Resposta em Freqüência do Filtro, individualmente para cada uma das Fases (R, S e T), dentro da banda de 60 Hz a 1 MHz.



Fase R (428.034,32 Hz)



Fase S (476.031,44 Hz)



Fase T (440.033,60 Hz)

Freqüência de corte do filtro (R, S, T)

Freqüência de corte é definida como a freqüência na qual a potência média de saída é a metade da potência de entrada, ou seja, quando o Ganho de Potência for 0,5 (atenuação de 3 dB). Em termos de tensão (ou amplitude) isto corresponde uma redução a 70,7% do valor da faixa de passagem.

A frequência de corte do Filtro capacitivo Lumilight do Brasil para cada uma das três fases (R, S, T) em relação ao Neutro e Terra dentro da banda de 10 Hz a 1 MHz é indicada na tabela 5.

	Frequência de Corte
Fase R	36.006,04 Hz
Fase S	36.006,04 Hz
Fase T	36.006,04 Hz

Tabela 5 Frequência de Corte

Frequência de ressonância do Filtro (R, S, T)

A frequência de ressonância do Filtro capacitivo para cada uma das três fases (R, S, T) em relação ao Neutro e Terra dentro da banda de 10 Hz a 1 MHz é indicada na tabela 6 abaixo:

	Frequência de Ressonância
Fase R	428.034,32 Hz
Fase S	476.031,44 Hz
Fase T	440.033,60 Hz

Tabela 6 Frequência de Ressonância

Redução da amplitude das Harmônicas 60 Hz pelo Filtro LUMILIGHT (R, S, T)

Harmônicos são correntes ou tensões com frequências múltiplas da frequência da energia fundamental. Ondas senoidais de frequências múltiplas inteiras a uma frequência de referência, chamada fundamental. Sistema elétrico brasileiro, a fundamental é a frequência padrão 60 Hz tendo como 2º harmônico uma onda senoidal de 120 Hz, 3º harmônico uma onda senoidal de 180 Hz e assim por diante. As frequências harmônicas são criadas por cargas não lineares presentes na linha de alimentação, isso faz com que a forma de onda da frequência fundamental seja distorcida, gerando correntes indevidas que voltam a fluir em outras partes do sistema de energia. Os harmônicos são uma forma matemática de analisar a distorção de uma forma de onda, seja ela de tensão ou de corrente. Com a inserção do Filtro Capacitivo da Lumilight do Brasil em paralelo com o Gerador (50Ω) e a Carga (50Ω). Verifica-se a amplitude das harmônicas pares e ímpares até a 19ª frequência harmônica da fundamental de 60 Hz. Essa característica é fundamental na redução dos efeitos de distorções não lineares presentes na linha de alimentação é mostrado na tabela 7:

Ordem da Harmônica (par)	Ordem da Harmônica (ímpar)	Nível injetado (2,00 Vpp)	Nível Medido com o filtro inserido (Vpp)		
		Frequência (Hz)	Fase R	Fase S	Fase T
Fundamental		60	2,00	2,00	2,00
2	---	120	2,00	2,00	2,00
---	3	180	2,00	2,00	2,00
4	---	240	2,00	2,00	2,00
---	5	300	2,00	2,00	2,00
6	---	360	2,00	2,00	2,00
---	7	420	2,00	2,00	2,00
8	---	480	2,00	2,00	2,00
---	9	540	2,00	2,00	2,00
10	---	600	2,00	2,00	2,00
---	11	660	2,00	2,00	2,00
12	---	720	2,00	2,00	2,00
---	13	780	2,00	2,00	2,00
14	---	840	2,00	2,00	2,00
---	15	900	2,00	2,00	2,00
16	---	960	2,00	2,00	2,00
---	17	1020	2,00	2,00	2,00
18	---	1080	2,00	2,00	2,00
---	19	1140	2,00	2,00	2,00

Tabela 7 Redução da amplitude das Harmônicas 60 Hz pelo Filtro LUMILIGHT (R, S, T).

Consumo de energia elétrica e do Fator de Potência (por fase R, S, T)

Utilizando uma Fonte Senoidal Pura foi verificado a Corrente, a Potência e o Fator de Potência para cada uma das cargas, sem a introdução do Filtro Capacitivo LUMILIGHT. Em seguida foi introduzido um Filtro Capacitivo LUMILIGHT do Brasil em paralelo com cada uma das cargas e medido a Corrente, a Potência e o Fator de Potência para cada uma das Fases (R, S e T).

Carga Linear Sem o Filtro						
Carga	Tipo de Carga	Tensão (V)	Fase	Corrente (A)	Potência Total (W)	Fator de Potência (FP)
Lâmpada Incandescente	Linear	220,0	---	0,432	94,80	1,00

Carga Linear Com o Filtro						
Carga	Tipo de Carga	Tensão (V)	Fase	Corrente (A)	Potência Total (W)	Fator de Potência (FP)
Lâmpada Incandescente	Linear	220,0	R	0,434	95,50	0,99
	Linear	220,0	S	0,437	96,10	1,00
	Linear	220,0	T	0,434	95,40	1,00

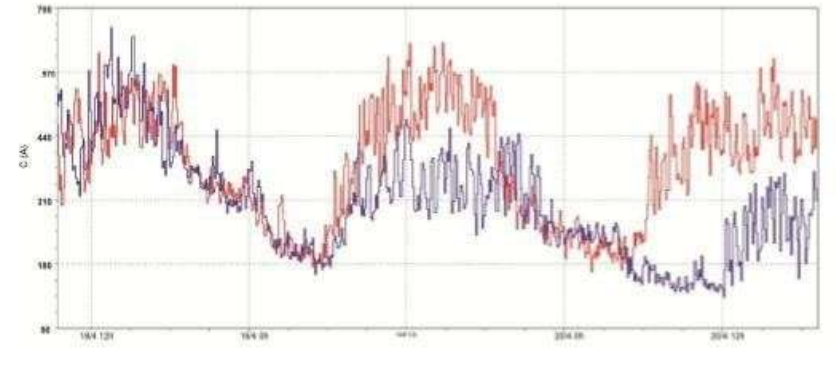
Carga Não Linear Sem o Filtro						
Carga	Tipo de Carga	Tensão (V)	Fase	Corrente (A)	Potência Total (W)	Fator de Potência (FP)
Fonte Chaveada (200mW)	Não Linear	220,0	---	0,010	0,20	0,10

Carga Não Linear Com o Filtro						
Carga	Tipo de Carga	Tensão (V)	Fase	Corrente (A)	Potência Total (W)	Fator de Potência (FP)
Fonte Chaveada (200mW)	Não Linear	220,0	R	0,032	0,80	0,10
	Não Linear	220,0	S	0,020	1,30	0,30
	Não Linear	220,0	T	0,031	0,80	0,10

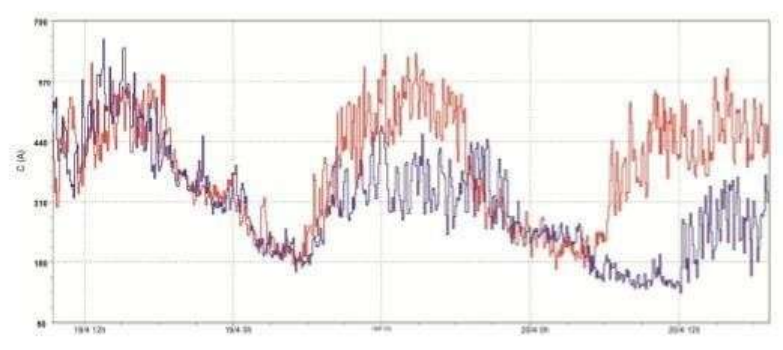
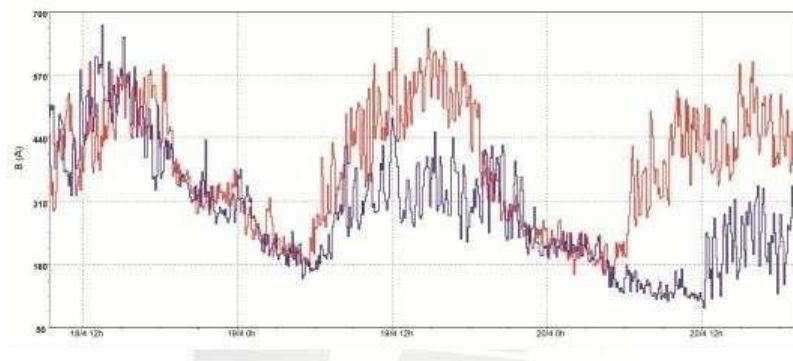
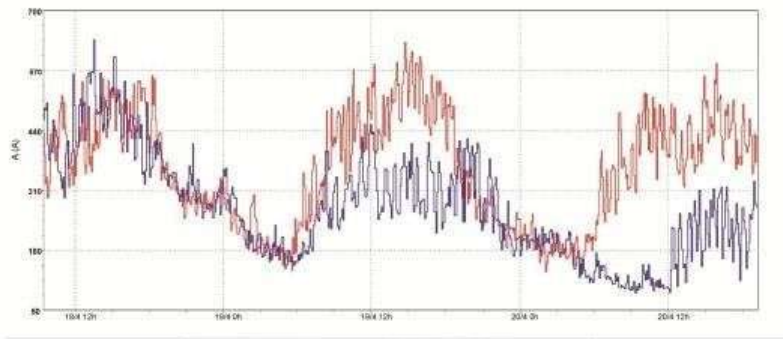
Para uma instalação com a entrada de energia elétrica do tipo subterrânea, uma cabine de transformação, transformador de 300 kVA e medição na Baixa Tensão.

Para cada um dos gráficos (mostrados a seguir) os valores de corrente antes e após a instalação dos filtros estão sobrepostos. O gráfico em vermelho mostra a corrente elétrica ANTES da instalação do filtro e em azul APÓS a instalação do filtro. Como observado as correntes elétricas encontram-se igualmente equilibradas. É possível observar também uma redução das correntes após a instalação dos filtros.

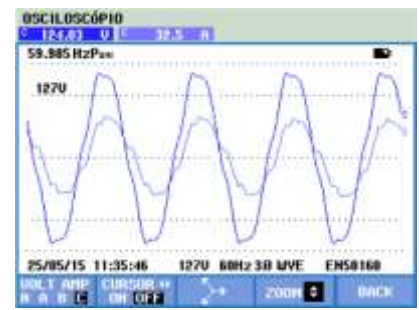
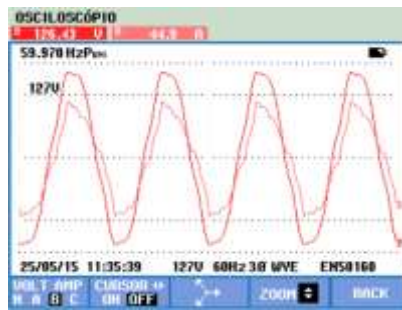
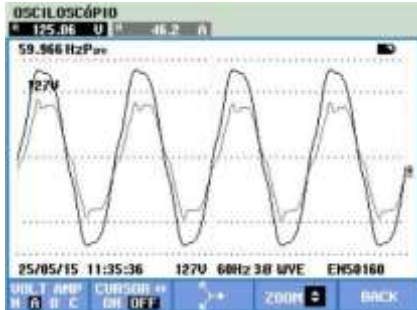
Corrente (A)



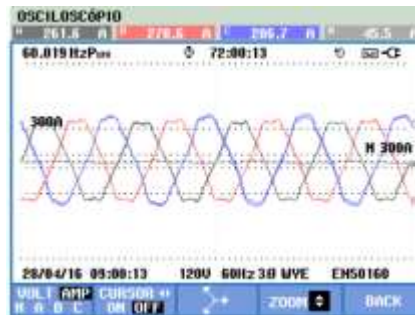
Tensão (V)



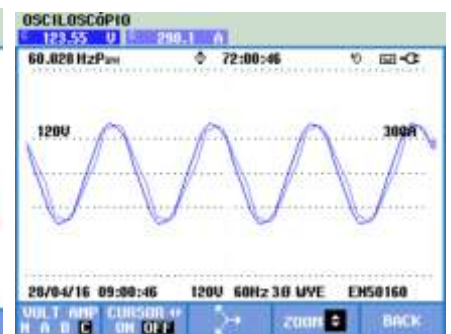
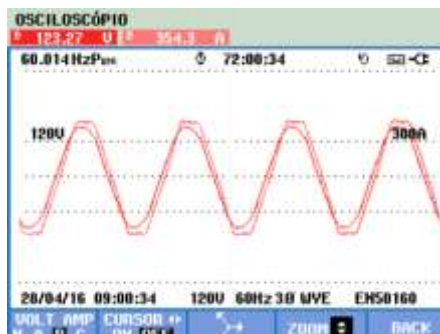
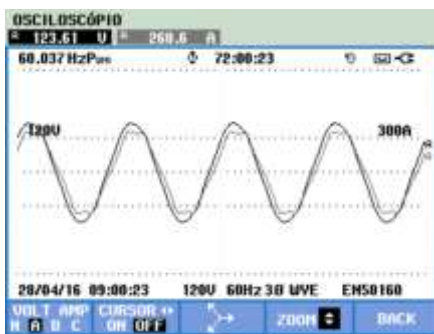
Nas figuras apresentadas temos a Sobreposição dos gráficos de Tensão e Corrente de cada uma das fases da instalação. É possível analisar que em ambos os gráficos a onda de corrente (de menor amplitude) apresenta-se atrasada em relação a onde de tensão (de maior amplitude). Isso representa a existência de baixo fator de potência nas instalações elétricas.



Na figura abaixo é possível observar que as três correntes elétricas A, B e C após a instalação dos filtros apresentaram uma melhora significativa quando a deformações ocasionadas por interferência harmônicas. Houve também um melhora sensível no equilíbrio de ambas as fases.



Nas figuras apresentadas abaixo temos a Sobreposição dos gráficos de Tensão e Corrente de cada uma das fases da instalação. É possível analisar que em ambos os gráficos a onda de corrente (em segundo plano) apresenta-se quase q no mesmo instante em relação a onde de tensão (em primeiro plano). Isso mostra uma melhora na questão do fator de potência existente nas instalações elétricas.



Como observado nos gráficos a instalação dos filtros capacitivos reduziram as correntes de pico e as quedas de tensões (subtensões). Outro ponto importante apresentados que as ondas de corrente mostram-se mais uniformes e com um leve atraso quando comparado com as ondas de tensões. Isso mostra uma significativa melhora quanto às interferências harmônicas e do baixo fator de potência existente da instalação.

A principal característica do filtro é melhorar a qualidade de energia elétrica da instalação e com isso garantir a proteção dos equipamentos elétricos ali instalados. Portanto a instalação do filtro capacitivo conseguiu reduzir as correntes de harmônicos deixando assim a ondas de correntes elétricas mais próximas do ideal (senóide pura).

Referências Normativas

- 1 **IEC 60950 (2005)** - Safety of information technology equipment;
(https://webstore.iec.ch/preview/info_iec60950-1%7Bed2.0%7Den_d.pdf)
- 2 **ABNT NBR 5410 (2004)** – Resolução no 529 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão;
(<http://www.arctel-cplp.org/app/uploads/membros/19818279251f845e96c034.pdf> e
http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/NRs/nbr_5410.pdf)
- 3- **IEC 61000-4-2** - Electrostatic discharge immunity test;
(https://webstore.iec.ch/p-preview/info_iec61000-4-2%7Bed1.2%7Den_d.pdf)
- 4- **IEC 61000-4-5** - Surge Immunity Test;
- 5 **NBR IEC 61643-1** - Dispositivos de proteção contra surtos em baixa tensão.
- 6 **IEC 61000-3-2** - Limites para emissão de harmônicas de corrente (<16 A por fase)
(<http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/pdf/IEC.pdf>
https://webstore.iec.ch/p-preview/info_iec61000-3-2%7Bed2.1%7Den_d.pdf)
- 7 **IEC 61000-3-4** - Limites para emissão de harmônicas de corrente (>16 A por fase)
(<http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/pdf/IEC.pdf>)
- 8 **IEEE 519** - Requisitos para controle de harmônicas no sistema elétrico de potência
(<http://www.coe.ufrj.br/~richard/Acionamentos/IEEE519.pdf>)
- 9 **NBR 5456: 1987** - Eletricidade Geral; Terminologia.
(<https://goo.gl/6qBxgi>)
- 10- **IEEE-519 (1991)**
(<http://www.coe.ufrj.br/~richard/Acionamentos/IEEE519.pdf>)
- 11- **IEEE Task Force, 1982**
- 12 **QT81BB, 2008** - Power factor correction and Harmonic filtering in electrical plants – Technical Application Paper ABB - QT-8; ref. Num. 1SDC007107G0201, (2008).
- 13 **AIEE Transactions; PAS-80430-44. (1961)** - Cook RF. Optimizing the application of shunt capacitors for loads in certain áreas reactive-volt-ampere control and loss reduction. AIEE Transactions; PAS-80:430–44. (1961).
- 14 **AIEE Transactions; PAS-75(III): 950-9, (1956)** - Cook RF. Optimizing the application of shunt capacitors for loads in certain áreas reactive-volt-ampere control and loss reduction. AIEE Transactions; PAS-80:430–44. (1961).
- 15 **Electrical Insulation Magazine, IEEE - Brutsch, R. ;Tari, M. ; Frohlich, K. ; Weiers, T. ; Vogelsang, R.** Insulation Failure Mechanisms of Power Generators. Electrical Insulation Magazine, IEEE. 4(4)(2015).
- 16 **IEEE Transaction on Power Delivery - Dick E.P, Gupta B.K, Porter J.W, Greenwood A.** “Practical design of generator surge protection”, IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 6, No. 2, (1991).
- 17 **General Electric TIS Report 75CRD039** - Howell E.K and Martzloff F. High-Voltage Impulse Testers. General Electric TIS Report 75CRD039, (1973).
- 18 **IEEE Transactions on Power Systems** - Ochoa LF, Harrison GP. Minimizing energymlosses: optimal accommodation and smart operation of renewable distributed generation. IEEE Transactions on Power Systems; 26(1):198–205, (2011).
- 19 **Resolução Anatel 442** – "Regulamento para Certificação de Equipamentos de Telecomunicações Quanto aos Aspectos de Compatibilidade Eletromagnética“ . Segue link de acesso para maiores informações
(<http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/21-2006/352-resolucao-442>)

20- **Resolução Anatel 529** – "Regulamento para Certificação de Equipamentos de Telecomunicações Quanto aos Aspectos de Segurança Elétrica" Segue link de acesso para maiores informações (<http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2009/149-resolucao-529>)



Fones

(81) 3423-0720

Endereço:

Matriz: Empresarial BURLE MARX Avenida
Agamenon Magalhães, N° 2615, Boa Vista – Recife