



## **Análise Comparativa de Harmônicos em Estabilizadores de Tensão** **Comparative Analysis of Harmonics in Voltage Stabilizers**

Ivan de Souza Machado<sup>1</sup>

Francisco Manuel Hermida Garcia<sup>2</sup>

Antônio Marcos Estrela Pereira<sup>3</sup>

Márcio Zamboti Fortes<sup>4</sup>

Bruno Soares Moreira Cesar Borba<sup>5</sup>

Angêlo Cesar Colombini<sup>6</sup>

**Resumo:** Os avanços obtidos com sistemas eletrônicos aplicados em estabilizadores de tensão são grandes. Este artigo objetiva comparar o desempenho de três modelos de estabilizadores de tensão comercializados no mercado brasileiro enfatizando o aspecto de qualidade de energia, em especial avaliando os distúrbios (distorções) que estes equipamentos podem introduzir na rede de energia elétrica. As avaliações foram executadas em laboratório da Universidade Federal Fluminense (UFF) com qualímetros certificados. As grandezas elétricas analisadas foram: tensão, corrente e distorções harmônicas, comprovando que os sistemas eletrônicos mais modernos reduzem as distorções na rede e alimentam as cargas com energia de melhor qualidade comparada com os estabilizadores mais antigos.

**Palavras-chave:** Estabilizador de Tensão; Harmônicos; Qualidade de Energia.

<sup>1</sup> UFF – Universidade Federal Fluminense

<sup>2</sup> UFF – Universidade Federal Fluminense

<sup>3</sup> UFF – Universidade Federal Fluminense

<sup>4</sup> UFF – Universidade Federal Fluminense

<sup>5</sup> UFF – Universidade Federal Fluminense

<sup>6</sup> UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

**Abstract:** The advances obtained with electronic systems incorporated into voltage stabilizers are great. This paper aims to compare the performance of three models of voltage stabilizers sold in the Brazilian market focusing power quality aspects, in special, the disturbances that these devices can produce into electric network. The analyses were performed in Fluminense Federal University (UFF) labs with accredited power quality meters. The quantities analyzed were: voltage, current, and harmonics distortions, showing that the development of electronic control in the modern equipment decrease the distortion impacts on the grid e its can supply the loads with better energy quality compared with the oldest voltage stabilizers.

**Keywords:** Voltage Stabilizer; Harmonics; Power Quality.

---

## 1. Introdução

A qualidade da energia elétrica pode ser definida como uma ausência de interrupções, sobre tensões e deformações produzidas por harmônicos na rede e variações de tensão eficaz (ou RMS – *root mean square*) fornecida ao usuário; isso no que se refere à estabilidade de tensão, frequência e a continuidade do serviço elétrico.

Os parâmetros que mais causam problemas à qualidade de energia são harmônicos, a instabilidade da tensão e a potência reativa. Estes podem fazer com que o sistema apresente baixa eficiência, baixo fator de potência, provoquem perturbações em outros consumidores e interferência nas redes de comunicação (Iagar *et al.*, 2009).

Atualmente, as presenças de cargas cada vez mais sensíveis nos sistemas de distribuição, como sistemas modernos de iluminação, fazem com que o estudo da qualidade de energia torne-se um assunto imprescindível, tendo como objetivo o aumento da eficiência e a redução do envelhecimento dos equipamentos elétricos e eletrônicos, conseguindo menores perdas elétricas e reduzindo custos devido ao superdimensionamento das instalações (Fassarela *et al.*, 2014). Em Fortes *et al.* (2014) apresenta-se um estudo do comportamento de Lâmpadas Fluorescentes Compactas (LFC) frente aos distúrbios de tensão, destacando a análise de eficiência luminosa.

O setor residencial assim como o industrial tem apresentado significativa preocupação com a qualidade da energia que recebem das distribuidoras (Hardie e Watson, 2010). E o uso de filtros para mitigar os efeitos destas distorções está entre as estratégias estudadas e aplicadas (Obulesu *et al.*, 2014).

É importante destacar os problemas existentes referentes à qualidade de energia com o uso das novas fontes de energia renováveis, pois estas provocam distúrbios na rede (Foote *et al.*, 2008), logo, soluções devem ser estudadas para tentar minimizar seus efeitos.

Os distúrbios na rede que afetam à qualidade de energia dependem de uma série de eventos tais como: fenômenos atmosféricos, vento, chuva, neve, relâmpagos, condições ambientais, principalmente devido à poluição e a difusão de cargas não lineares causando distorção de tensão e flutuações harmônicas (Muzi, 2008).

## 2. Estabilizador de Tensão

Um dos equipamentos desenvolvidos com o objetivo de melhorar a qualidade de energia elétrica é o estabilizador de tensão, este equipamento recebe em sua entrada uma tensão compreendida entre valores máximo e mínimo, e entrega em sua saída tensões estabilizadas

entre valores máximo e mínimo. O erro ou a precisão deste está relacionado às variações nas tensões de saída, logo, quanto menor é o erro, maior será a precisão do equipamento.

Existem no mercado alguns modelos de estabilizadores de tensão, cada um deles com um diferente tipo de funcionamento e fabricados para atender a diferentes características de carga.

Vale ressaltar que as configurações criadas até hoje sempre mantiveram a filosofia de funcionamento do método original (Figueira, 2006). Os estabilizadores de tensão podem ser classificados em três grandes grupos: Estabilizadores por Estágios, Contínuos com servo motor e ferros-ressonantes.

Os equipamentos utilizados neste estudo são todos do tipo por estágios, mais adiante será feita uma síntese sobre este tipo de estabilizador.

Atualmente no Brasil a norma de referência é a ABNT NBR 14373: 2006 Versão corrigida: 2010 (ABNT, 2010) que contém a errata I de 16/04/2010. Confirmada em 09/05/2011 para estabilizadores de até 3 kVA. Não existe nenhuma norma brasileira específica para estabilizadores de tensão lineares com potência superior a esta.

Os estabilizadores de tensão por estágios tem seu funcionamento baseado na seleção de uma seção “estágio” do seu autotransformador, dependendo da tensão existente na entrada, essa seleção é controlada por um circuito eletrônico, capaz de monitorar a tensão e fazer as variações necessárias em apenas um ciclo de duração de milissegundos. Cabe salientar que quanto maior o número de estágios, maior será a precisão do estabilizador.

Os estabilizadores por estágios são classificados como realimentados ou não realimentados. Nos estabilizadores realimentados, o circuito de controle compara um valor de referência com o valor da tensão na saída, enquanto que nos estabilizadores não realimentados, o circuito de controle compara um valor de referência com o valor da tensão na entrada.

A velocidade de resposta do estabilizador às variações de tensão sofridas em sua entrada está condicionada ao componente utilizado para conectar cada estágio com a saída. Podem ser utilizados controles mecânicos através de relés que possuem ótimo desempenho para suportar sobrecargas pontuais, porém são lentos. E podem ser utilizados controles eletrônicos, como por exemplo, através de TRIAC's (*Triode for Alternating Current*), sendo rápidos e sensíveis à existência de sobrecargas ou curtos-circuitos.

O estabilizador eletrônico do tipo Booster é outro tipo de estabilizador por estágios. Neste estabilizador a corrente total da carga não circula pelos TRIAC's, e sim só uma parte proporcional da mesma. Este tipo utiliza um transformador com o secundário em série com a linha e a carga, conseguindo com a indutância própria em série atenuar ruídos de linha e transitórios.

O estabilizador eletrônico com transformador isolador é outro tipo de estabilizador por estágios, este equipamento é necessário quando os requerimentos da carga necessitam ter saída

totalmente isolada. Qualquer um dos tipos de estabilizadores por estágios mencionados anteriormente podem possuir este transformador isolador.

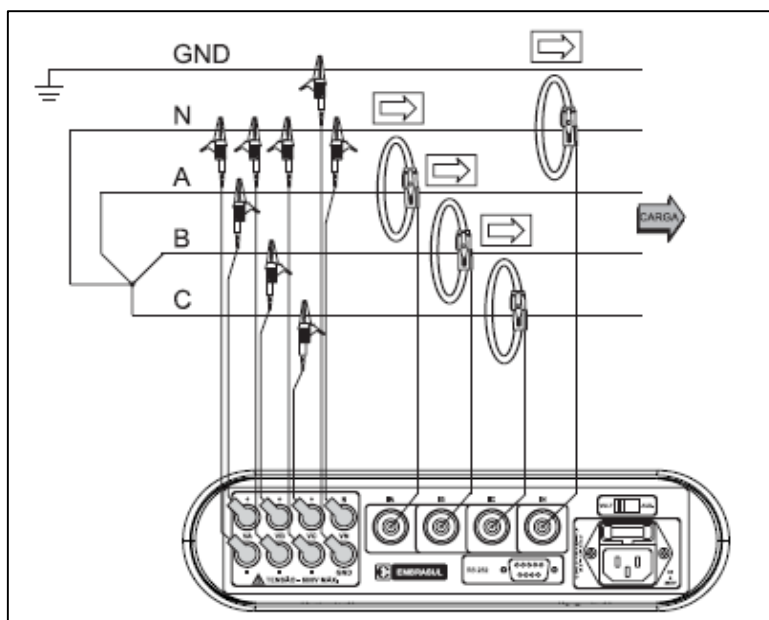
### 3. Proposta de Análise e Metodologia das Medições

Para o ensaio utilizaram-se três modelos de estabilizadores de tensão existentes no mercado e que são de fabricantes diferentes. Serão denominados no decorrer deste texto como: estabilizador A, B e C.

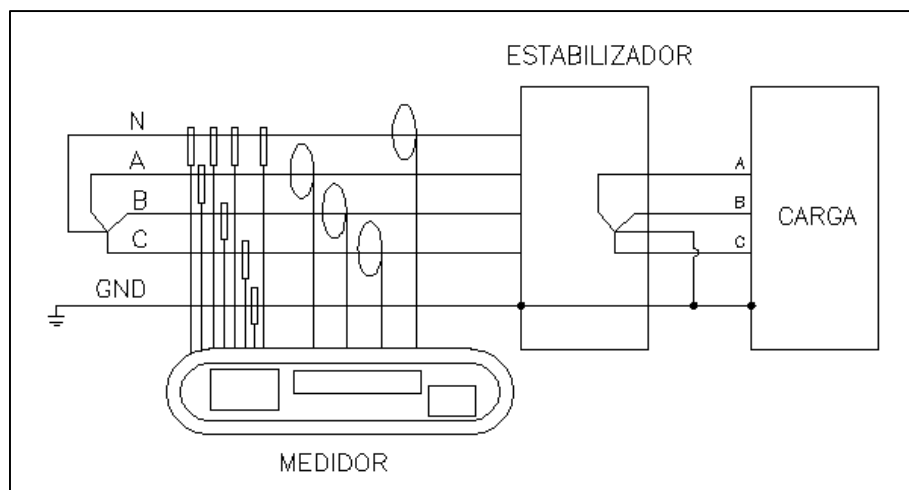
O objetivo principal é realizar uma comparação da resposta das diferentes tecnologias com relação à sua influência na qualidade de energia, porém o estudo não consiste em determinar qual é o melhor equipamento, mas sim observar o comportamento de cada um destes no âmbito da análise da qualidade de energia.

Para avaliar a qualidade de energia dos estabilizadores, conectou-se o equipamento a cargas não lineares (LFC's) e utilizou-se um analisador de energia com capacidade de registrar até harmônicas de 50° ordem por canal de tensão e corrente. Foi ajustado um período de integração de 100 ms e 10 ms para aquisição de dados.

As conexões do Analisador de energia para a realização das medições na saída e na entrada dos equipamentos podem ser observadas nas Figuras 1 e 2.



**Figura 1:** Diagrama de ligação para medição trifásica em estrela na saída dos Estabilizadores (Embrasul, 2014).



**Figura 2:** Diagrama de ligação para medição trifásica na entrada dos Estabilizadores.

Todos os experimentos utilizaram cargas pertencentes ao laboratório LABLUX-UFF, na Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense em Niterói (RJ), Brasil.

No experimento, definiu-se que cada estabilizador irá suprir circuitos alimentadores trifásicos do laboratório. Estabeleceu-se para referência de potência de carregamento dos equipamentos que em cada sistema as cargas pertencentes às três fases estariam com uma circulação de corrente de aproximadamente 30 A.

O estudo ocorreu através da criação de três cenários, a saber: medição na entrada com e sem carga, e medição na saída do estabilizador com carga. Inicialmente, conecta-se o medidor de qualidade de energia na saída dos estabilizadores com o intuito de obter a corrente definida anteriormente para a realização das medições, depois de um período medindo a saída do equipamento, o medidor foi instalado na entrada dos estabilizadores, sendo realizada a medição do equipamento com a carga e em seguida sem a carga.

Para padronizar a utilização dos dados obtidos das medições para o desenvolvimento das tabelas de porcentagem de conteúdo harmônico das correntes e o valor do DHT ou THD (*Total Harmonic Distortion*) utilizou-se um espaço amostral de 100 registros sendo realizada a média destes para cada fase e ordem de harmônico.

#### **4. Descrição dos Equipamentos e Carga**

As características dos estabilizadores em estudo e da carga utilizada.

#### 4.1. Estabilizador A

O estabilizador A é um equipamento eletrônico do tipo Booster e possui transformador isolador, apresentando uma potência de 50 kVA. É um estabilizador que utiliza tiristores em antiparalelo em seu controle. Apresenta capacitor de correção de fator de potência, filtro de 3º harmônico, supressor de transientes e chave “*by-pass*”. A conexão deste equipamento é  $\Delta$ -Y aterrado.

#### 4.2. Estabilizador B

O estabilizador B é um equipamento eletrônico que utiliza em seu controle tiristores, possui transformador isolador, e sua potência é de 50 kVA, apresenta também chave “*by-pass*”. A conexão deste equipamento é  $\Delta$ -Y aterrado.

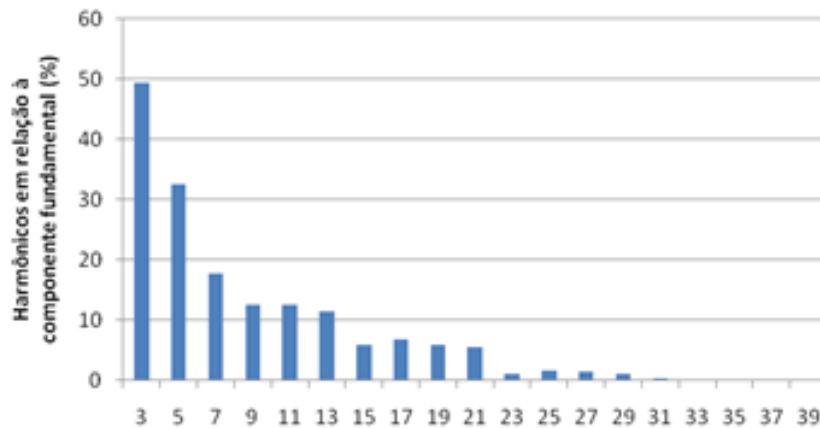
Seu funcionamento baseia-se no controle por ângulo de fase. O sistema de controle mede a tensão no secundário do transformador de saída do estabilizador aumentando ou diminuindo de acordo com a medição os valores do ângulo de disparo dos tiristores.

#### 4.3. Estabilizador C

O estabilizador C é um equipamento eletrônico do tipo por estágios que utiliza o chaveamento de SCR (*Silicon Controlled Rectifier*) e o chaveamento de SCR's em uma ponte inversora de polaridade (PIP), sendo que este chaveamento ocorre no ponto zero da senóide para não gerar distorção harmônica. Possui transformador compensador do tipo Buck-Booster, 32 mudanças de tap, não apresenta transformador isolador, mas existe a possibilidade de acoplar a este estabilizador um transformador isolador, possui chave “*by-pass*”, transformador de corrente, transformador auxiliar, sua potência é de 75 kVA. A conexão deste equipamento é Y-Y aterrado.

#### 4.4. Carga

As cargas do laboratório LABLUX-UFF são formadas por LFC's onde a maioria possui reator integrado, apresentam em sua construção semicondutores que geram distorções harmônicas de corrente (Fassarela *et al.*, 2014). O espectro harmônico destes tipos de lâmpadas pode ser observado na Figura 3.



**Figura 3:** Espectro Harmônico LFC (Fassarela et al., 2014).

As cargas na saída dos estabilizadores são formadas por ensaios de lâmpadas com tensão 127/220 V, sendo estas cargas distribuídas em circuitos trifásicos equilibrados.

## 5. Resultados

Neste tópico são apresentados os resultados das medições dos três equipamentos, onde as análises foram realizadas de acordo com cada cenário, sendo demonstrados os valores em porcentagem das frequências múltiplas da corrente de cada fase e os valores de THD total, não sendo observadas as amplitudes das frequências múltiplas da tensão devido seus baixos valores.

Serão ilustradas neste texto somente as formas de onda da tensão e da corrente apenas da fase A, para os casos em que ocorreu significativa variação desta com relação aos estabilizadores e cenários em estudo.

### 5.1. Medição na Entrada do Estabilizador A com Carga.

A Tabela 1 apresenta o valor percentual dos harmônicos de corrente e o THD total quando o equipamento A esta com carga e o analisador de qualidade de energia instalado em sua entrada.



**Tabela 1:** Conteúdo Harmônico das Correntes.

MEDIÇÃO NA ENTRADA DO ESTABILIZADOR A - COM CARGA			
ORDEM	IA (%)	IB (%)	IC (%)
1	100,00	100,00	100,00
2	0,55	1,56	0,87
3	3,18	9,13	4,83
5	11,67	16,50	11,69
7	8,77	6,99	7,03
9	1,52	1,74	0,54
11	1,46	1,74	1,98
13	2,47	4,34	1,55
15	0,53	1,07	0,26
17	2,78	2,23	1,86
19	0,62	1,21	0,70
21	1,02	0,82	0,74
23	0,31	1,02	0,59
25	0,76	0,80	0,76
27	1,21	0,67	0,89
29	0,84	0,85	0,21
35	0,40	1,45	0,66
37	1,09	1,40	0,67
41	0,53	0,69	1,03
43	1,09	1,54	0,72
THD	16,03	21,26	15,09

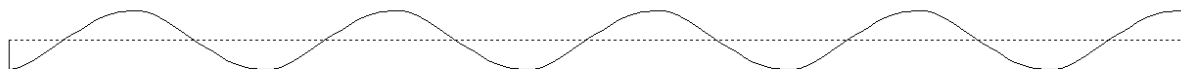
### 5.1.1. Medição na Entrada do Estabilizador A sem Carga

Pela Tabela 2 é apresentado o valor percentual dos harmônicos de corrente e THD total quando o estabilizador A esta sem carga. Pode ser observada pela Figura 4 a forma de onda da tensão e da corrente da fase A.

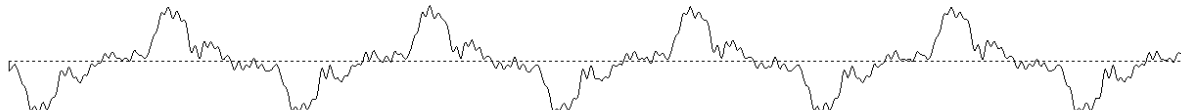
**Tabela 2:** Conteúdo Harmônico das Correntes.

MEDIÇÃO NA ENTRADA DO ESTABILIZADOR A - SEM CARGA			
ORDEM	IA (%)	IB (%)	IC (%)
1	100,00	100,00	100,00
2	1,32	4,57	1,20
3	40,63	38,13	1,62
5	33,35	31,35	26,09
7	14,49	12,41	6,42
9	5,51	4,47	1,26
11	13,03	9,85	8,53
13	2,84	3,71	1,66
14	1,09	0,87	0,04
15	0,91	0,72	0,95
16	1,38	0,96	0,75
17	2,05	0,91	1,47
19	1,35	2,68	2,43
21	1,74	0,64	0,96
22	1,95	0,98	1,17
23	3,87	3,87	2,97
24	0,77	0,63	0,37
25	1,44	1,30	0,82
26	1,60	1,57	0,97
27	1,53	0,97	1,04
29	3,60	1,94	2,06
31	5,50	4,25	0,55
32	1,13	1,21	1,28
33	1,95	1,13	1,66
34	0,64	1,25	1,08
35	1,60	2,04	1,14
36	1,39	0,51	0,72
THD	57,57	53,33	29,34

EMBRASUL RE6000/B/H/T/N N.S:96001286 V.S.2.16 ANL 2.26 (100 milissegundos)  
 Sinal de Tensão - fase A / quarta-feira 26/11/2014 18:55:32,00



Sinal de Corrente - fase A / quarta-feira 26/11/2014 18:55:32,00

**Figura 4:** Forma de Onda de Tensão e Corrente na Fase A.

### 5.1.2. Medição na Saída do Estabilizador A com Carga

A Tabela 3 demonstra o valor percentual dos harmônicos de corrente quando o estabilizador A esta com carga e o medidor instalado em sua saída.

**Tabela 3:** Conteúdo Harmônico das Correntes.

MEDIÇÃO NA SAÍDA DO ESTABILIZADOR A - COM CARGA			
ORDEM	IA (%)	IB (%)	IC (%)
1	100,00	100,00	100,00
2	0	0,78	0,38
3	47,70	50,24	42,38
5	29,48	28,89	26,92
7	17,43	16,09	17,04
9	7,15	5,91	8,24
11	5,44	3,94	4,82
13	2,42	0,67	1,45
15	2,25	0,85	1,66
17	2,74	1,68	1,63
19	0,01	0,77	0,09
23	0,82	1,78	1,62
25	0,74	0,84	0,00
27	1,07	1,07	0,02
31	0,26	0,72	0,00
33	0,00	0,85	1,03
THD	59,59	60,67	53,99

### 5.2. Medição na Entrada do Estabilizador B com Carga.

Pode ser observado pela Tabela 4 o valor percentual dos harmônicos e o THD total de corrente quando o equipamento B esta com carga.

**Tabela 4:** Conteúdo Harmônico das Correntes.

MEDIÇÃO NA ENTRADA DO ESTABILIZADOR B - COM CARGA			
ORDEM	IA (%)	IB (%)	IC (%)
1	100,00	100,00	100,00
2	9,49	11,03	12,89
3	5,19	3,35	1,79
4	7,37	7,48	8,74
5	35,65	39,17	43,68
6	1,44	1,32	0,96
7	22,86	21,80	22,51
8	1,00	1,56	2,42
9	2,31	0,79	2,83
10	0,91	0,95	0,96
11	1,45	0,33	1,46
13	3,85	4,47	4,71
14	0,56	0,89	0,07
15	0,67	0,67	1,04
16	0,79	0,71	0,89
17	1,30	0,23	0,93
19	1,50	0,81	1,22
23	0,75	1,09	1,30
29	0,81	0,57	0,89
THD	45,14	47,22	52,05

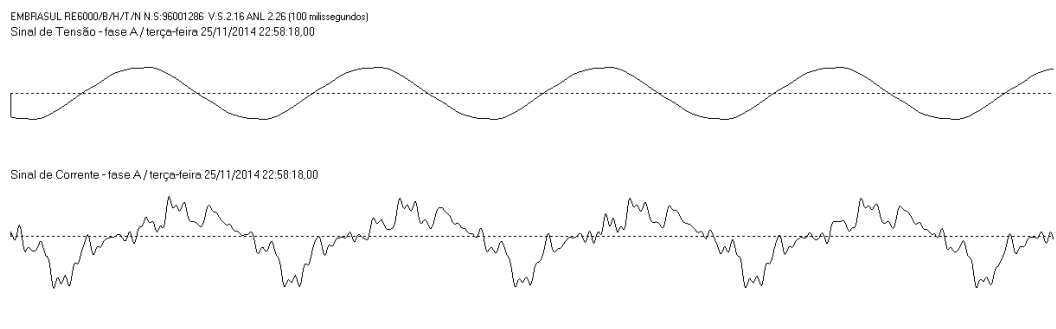
### 5.2.1. Medição na Entrada do Estabilizador B sem Carga.

A Tabela 5 apresenta o valor percentual dos harmônicos de corrente e o THD total quando o estabilizador B esta sem carga e o medidor instalado em sua entrada.

A Figura 5 apresenta a forma de onda da tensão e corrente da fase A.

**Tabela 5:** Conteúdo Harmônico das Correntes.

MEDIÇÃO NA ENTRADA DO ESTABILIZADOR B - SEM CARGA			
ORDEM	IA (%)	IB (%)	IC (%)
1	100,00	100,00	100,00
2	22,95	17,61	16,00
3	22,90	19,13	11,80
4	13,73	9,46	6,51
5	20,99	17,37	14,96
7	19,34	11,44	5,79
8	4,30	3,58	3,39
9	7,78	2,98	2,35
10	3,05	1,94	0,18
11	15,84	12,34	10,61
13	3,88	2,88	1,19
15	2,51	1,31	0,82
16	1,28	1,63	1,01
17	3,35	2,88	2,78
18	1,27	0,37	0,38
19	2,52	1,23	1,87
21	2,26	1,06	1,60
23	7,87	5,38	4,90
24	1,48	0,83	1,13
25	3,40	1,20	1,58
27	2,56	0,66	1,41
29	4,97	3,04	2,78
31	5,57	2,85	1,13
33	1,55	0,84	0,93
35	1,07	2,71	2,15
THD	51,42	38,9	30,47

**Figura 5:** Forma de Onda de Tensão e Corrente na Fase A.

### 5.2.2. Medição na Saída do Estabilizador B com Carga.

Foram realizadas as medições na saída do equipamento, sendo este analisado com carga. Através da Tabela 6 é apresentado o valor percentual dos harmônicos de corrente e THD total do estabilizador B.

**Tabela 6:** Conteúdo Harmônico das Correntes.

MEDIÇÃO NA SAÍDA DO ESTABILIZADOR B - COM CARGA			
ORDEM	IA (%)	IB (%)	IC (%)
1	100,00	100,00	100,00
2	14,32	16,58	17,26
3	2,78	3,58	0,55
4	7,85	9,15	8,68
5	40,64	51,41	46,15
6	1,24	1,51	0,62
7	18,19	20,78	16,24
8	0,90	2,17	1,64
9	3,49	0,76	2,58
10	1,10	1,43	1,21
11	4,14	2,82	3,39
13	3,96	4,89	4,75
14	1,16	1,67	0,90
15	1,02	0,01	1,02
16	0,81	0,88	1,11
17	1,42	0,62	1,07
20	0,95	1,06	0,00
23	1,09	2,48	1,61
27	0,87	0,03	0,84
31	1,07	0,84	0,11
33	0,80	0,02	0,60
37	0,51	1,29	1,04
43	0,80	1,34	0,66
THD	53,64	59,27	53,18

### 5.3. Medição na Entrada do Estabilizador C com Carga.

A Tabela 7 apresenta o valor percentual dos harmônicos de corrente e o THD total quando o estabilizador C esta com carga.

**Tabela 7:** Conteúdo Harmônico das Correntes.

MEDIÇÃO NA ENTRADA DO ESTABILIZADOR C - COM CARGA			
ORDEM	IA (%)	IB (%)	IC (%)
1	100,00	100,00	100,00
3	3,71	6,47	3,37
5	47,48	47,31	49,42
7	31,99	28,91	27,56
9	3,20	0,21	3,43
11	3,70	6,89	7,70
13	4,58	4,00	4,35
15	1,39	1,65	0,66
17	3,00	4,02	3,52
19	1,46	1,33	1,06
21	0,00	0,73	0,77
23	1,44	1,01	1,33
29	0,83	0,77	1,00
31	1,05	0,76	0,00
THD	57,62	56,61	57,64

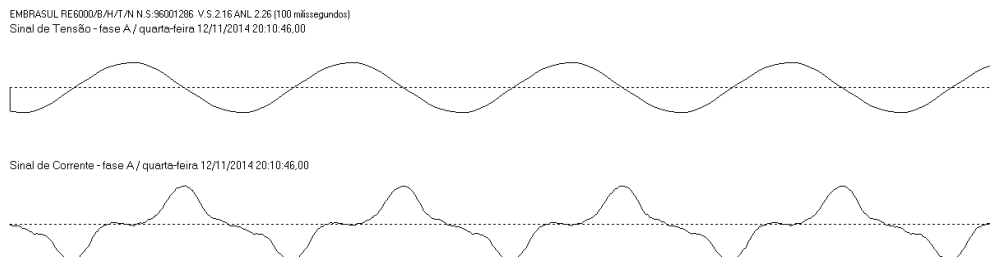
**5.3.1. Medição na Entrada do Estabilizador C sem Carga.**

A Tabela 8 demonstra o valor percentual dos harmônicos de corrente e o valor THD total quando o estabilizador C esta sem carga.

**Tabela 8:** Conteúdo Harmônico das Correntes.

MEDIÇÃO NA ENTRADA DO ESTABILIZADOR C - SEM CARGA			
ORDEM	IA (%)	IB (%)	IC (%)
1	100,00	100,00	100,00
2	10,26	14,27	2,03
3	34,08	35,37	26,99
4	2,54	3,73	0,58
5	8,79	13,09	8,29
6	1,25	1,27	0,06
7	0,67	2,65	1,19
8	0,90	1,50	0,12
9	2,49	2,27	2,17
10	1,08	1,16	0,10
11	0,10	1,01	0,61
12	0,21	0,22	0,06
13	0,24	0,07	0,81
15	0,48	0,77	0,30
16	0,19	0,49	0,01
THD	37,69	36,86	28,55

Ao analisar as Figuras 4, 5 e 6, nota-se que o estabilizador C que tem o menor THD total para este cenário de medição possui uma forma de onda com menor deformação/distorções que os outros estabilizadores.



**Figura 6:** Forma de Onda de Tensão e Corrente na Fase A.

### 5.3.2. Medição na Saída do Estabilizador C com Carga.

Através da Tabela 9 pode ser observado o valor percentual dos harmônicos de corrente e o THD total quando o estabilizador C esta com carga e o medidor está instalado em sua saída.

**Tabela 9:** Conteúdo Harmônico das Correntes.

MEDIÇÃO NA SAÍDA DO ESTABILIZADOR C - COM CARGA			
ORDEM	IA (%)	IB (%)	IC (%)
1	100,00	100,00	100,00
2	0,46	0,80	0,00
3	3,84	7,23	4,33
5	43,46	41,64	44,55
7	28,16	24,64	23,54
9	2,27	1,07	3,29
11	4,35	6,29	7,04
13	7,18	6,06	5,69
15	2,02	1,18	1,30
17	3,92	4,66	5,42
19	2,08	2,22	0,87
21	0,02	1,41	1,40
23	0,71	0,77	0,22
25	1,03	0,56	0,93
27	0,29	0,04	0,06
29	0,69	0,49	0,98
31	0,86	0,63	0,00
37	0,62	0,02	0,42
THD	52,94	50,06	51,32



## 6. Conclusões

Através da análise do desempenho de diferentes tipos de estabilizadores comprova-se que o desenvolvimento da eletrônica que é aplicada a este equipamento causa importantes impactos no que diz respeito á análise da qualidade de energia. A função principal de manter as cargas com os valores desejados de tensão, sem gerar qualquer tipo de distúrbio para o sistema ao qual está conectado ficou comprovada.

O equipamento que possui a tecnologia mais recente apresenta melhores resultados ao gerar menor conteúdo harmônico sem carga, sendo que seus resultados poderiam ser melhorados através da inserção de um transformador isolador para minimizar os impactos dos harmônicos na rede, pois ao observar os resultados do THD total dos cenários de medição na entrada com carga, os estabilizadores A e B apresentam valores menores de distorção harmônica quando comparados ao C, demonstrando a funcionalidade do transformador isolador.

Deve-se observar que os estabilizadores ensaiados são de qualidade comprovada por entidades certificadoras internacionais, diferenciando dos equipamentos encontrados para venda a usuários residenciais e comerciais no mercado nacional. Uma análise destes equipamentos de menor potência não certificados foi apresentado por Fortes *et al.* (2012), em que as grandes distorções provocadas pela eletrônica nestes dispositivos podem causar impactos a rede

## 7. Referências

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 2010. *Estabilizadores de Tensão de Corrente Alternada – Potência até 3 kVA/3kW – Versão Corrigida 2010*.
- EMBRASUL. *Analizador de Energia*. Disponível em: <<http://www.embrasul.com.br/manuais/RE6000hr.pdf>>, Acesso em 08 setembro 2014.
- FASSARELA, J. E. V.; FORTES, M. Z.; FRAGOSO, A. P. & TAVARES, G.M. 2014. Analysis and Suggested Solution of Power Quality Problems in Lighting Laboratory. *IEEE Latin America Transactions*, 12, 1019-1026. doi: 10.1109/TLA.2014.6893995.
- FIGUEIRA, A. 2006. Estabilizador de tensão, *Revista Antenna Eletrônica Popular*.
- FOOTE, C.E.T.; BURT, G.M.; WASIAK, I.; MIENSKI, R.; PAWELEK, R.; GBURCZYK, P. & THOMA, M.C. 2008. A Power-Quality Management Algorithm for Low-Voltage Grids with Distributed Resources. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 23, 1055-1062. doi: 10.1109/TPWRD.2007.905560.
- FORTES, M.Z.; SOUZA, R.A.; SUHETT, M.R. & ALBUQUERQUE, C.J.M. 2012. Análise de Distorções Harmônicas causadas por Proteção de Equipamentos de TI. *Revista O Setor Elétrico*, 75, 128-135.
- FORTES, M.Z.; PEREIRA, A.M.E.; FRAGOSO, A.P. & TAVARES, G.M. 2014. Avaliação das LFC's nos Limites de tensão do PRODIST. *Engevista*, 16, 283-291.
- HARDIE, S. & WATSON, N. The effect of new residential appliances on Power Quality. 20th Australasian Universities Power Engineering Conference, 2010 Christchurch, Nova Zelândia. 1-6.

IAGAR, A.; POPA, G. N. & DINIS, C M. 2009. Assessment of power Quality for Line Frequency Coreless Induction Furnaces. *WSEAS Transactions on Circuits and Systems*, 8, 115-224.

MUZI, F. 2008. Real-time Voltage Control to Improve Automation and Quality in Power Distribution. *WSEAS Transactions on Circuits and Systems*, 7, 173-183.

OBULESU, Y.P.; REDDY, M.V. & KUSUMALATHA, Y. 2014. A %THD analysis of industrial power distribution system with active power filter-case studies. *Electric Power and Energy Systems*, 60, 107-120. doi: 10.1016/j.ijepes.2014.02.037.