

## ENSAIOS QUALITATIVOS EM REGULADORES DE TENSÃO DE 32 DEGRAUS<sup>1</sup>

*SILVA, Daniel Tibúrcio<sup>2</sup>*

*Centro Universitário Academia - UniAcademia*

*DIAS, M. P.<sup>3</sup>*

*Centro Universitário Academia - UniAcademia*

### RESUMO

A qualidade no fornecimento de energia elétrica na atualidade se deve à um conjunto de estudos aplicados a dispositivos de controle na rede. Um desses dispositivos é o regulador de tensão monofásico, que tem como principal ação estabilizar as variações dos níveis de tensão nas redes de distribuição, visando minimiza-las para que estejam dentro dos valores aceitáveis no sistema de distribuição de energia elétrica. Este documento tem como objetivo principal apresentar alguns dos principais ensaios referentes ao funcionamento dos reguladores de tensão monofásicos de 32 degraus da rede de distribuição de energia elétrica. Inicialmente é abordada uma introdução sobre a aplicação dos reguladores de tensão, qual sua importância e contribuição para a qualidade no fornecimento de energia elétrica. Posteriormente, sua estrutura, o que compõe os reguladores de tensão, definição do esquema elétrico e a estrutura deste equipamento. Por fim, é apresentado um tópico referente à realização dos ensaios elétricos para verificação do correto funcionamento do dispositivo.

**Palavras-chave:** Regulador de Tensão. Ensaios. Comutadora. Reator.

---

<sup>1</sup> Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário Academia - UniAcademia, como requisito parcial para a conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica.

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Academia - UniAcademia.

<sup>3</sup> Professor do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Academia - UniAcademia.

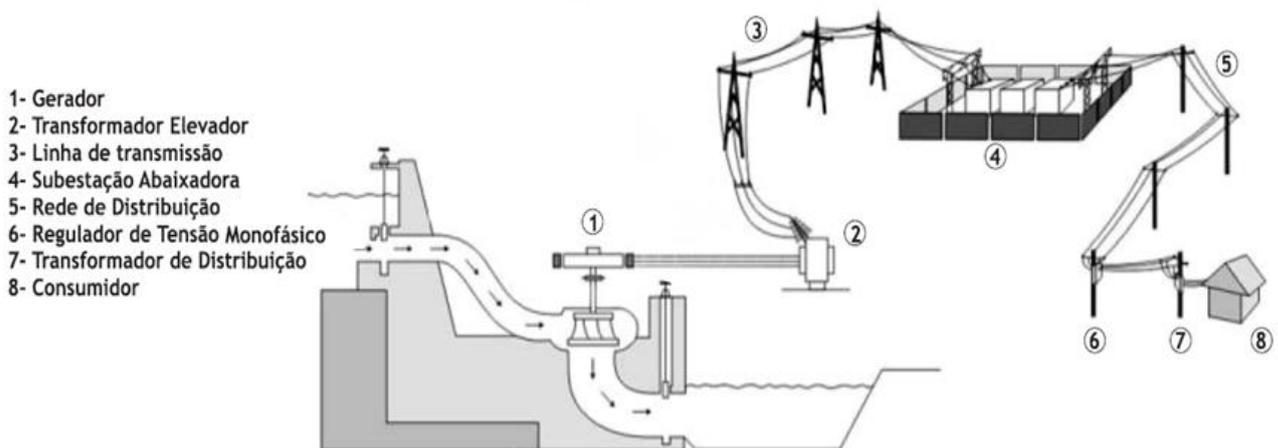
## 1 INTRODUÇÃO

Os reguladores monofásicos de tensão (RT) são dispositivos instalados nas redes de distribuição de energia elétrica com a função de estabilizar o nível de tensão em um valor predeterminado, independente da variação de carga (FILHO, 2005).

No Brasil, devido a sua extensão territorial, os centros de consumo estão espalhados por amplas áreas, distantes dos pontos de geração. Além disso, o surgimento de diversos aparelhos eletrônicos que dependem de tensão e frequência constantes para que funcionem corretamente tem aumentado sua implementação. Por isso, se faz necessário o uso do regulador de tensão, para fins de melhoria na qualidade da energia entregue ao consumidor (TOSHIBA, 2015).

Muitas concessionárias no Brasil, principalmente por razões econômicas, estão ampliando a instalação de reguladores de tensão com o intuito de minimizar as perdas no sistema e problemas de tensão em alimentadores longos, que são as linhas elétricas responsáveis por transportar a energia em média tensão (ALVES, 2012).

**Figura 1** – Esquema Básico da transmissão e distribuição de energia elétrica.



Fonte: TOSHIBA, 2015.

Os reguladores de tensão estão diretamente ligados à qualidade da energia que chega até ao consumidor. Sua instalação melhora a performance da rede de distribuição, no que tange ao controle da variação de tensão, para que não saia dos limites estabelecidos pela ANEEL (Agencia Nacional de Energia Elétrica).

A ANEEL define, através dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica (PRODIST) módulo 8, Qualidade da Energia Elétrica, os limites para variação dos valores de tensão entregue ao consumidor, sendo para maior ou menor valor de variação em relação à tensão nominal. Como exemplo, a Tabela 1 informa a variação de tensão aceitável nos pontos de conexão que possuem valores nominais de 115 e 230 volts:

**Tabela 1** – Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (115/230)

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL) (Volts)
<b>Adequada</b>	$(212 \leq TL \leq 242) / (106 \leq TL \leq 121)$
<b>Precária</b>	$(200 \leq TL \leq 212)$ ou $(242 \leq TL \leq 244)$ / $(100 \leq TL \leq 106)$ ou $(121 \leq TL \leq 122)$
<b>Crítica</b>	$(TL < 200$ ou $TL > 242) / (TL < 100$ ou $TL > 122)$

Fonte: ANEEL, 2018.

A ANEEL estabelece que a energia elétrica entregue ao consumidor deve se manter em um nível entre -5% a +3% do valor nominal do sistema. O aumento de 1% na tensão de um consumidor pode resultar num acréscimo de faturamento de cerca de 1,5%. (MAMEDE, 2012).

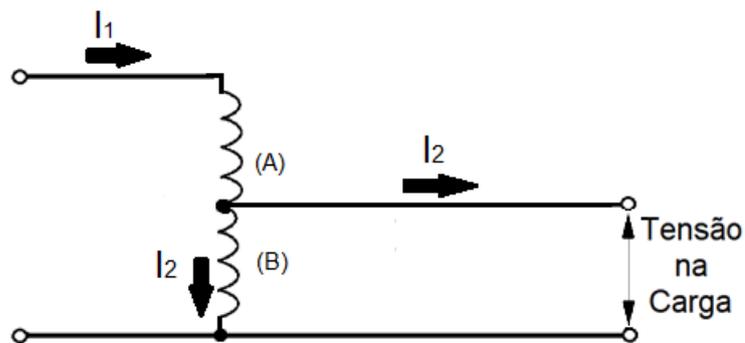
Nesse ponto, os reguladores de tensão são equipamentos bem úteis às concessionárias, pois, objetivam manter a qualidade de fornecimento a seus consumidores, com razoável estabilidade no sinal de tensão.

Este trabalho tem por objetivo apresentar os ensaios a serem realizados em um regulador de tensão antes de ser instalado na rede de distribuição. Através dos ensaios é checado o funcionamento dos principais componentes do regulador com o intuito de identificar falhas e garantir a operação correta após sua instalação.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O princípio de operação dos reguladores de tensão é semelhante à de um autotransformador. Além de possuir um acoplamento magnético entre o primário e o secundário, também há um acoplamento elétrico, como ilustra a Figura 2.

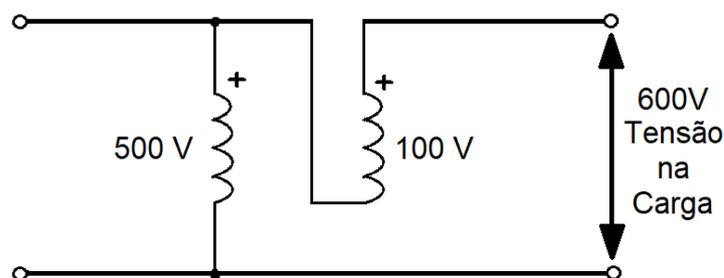
**Figura 2** – Exemplo de ligação de um autotransformador.



Fonte: Autor.

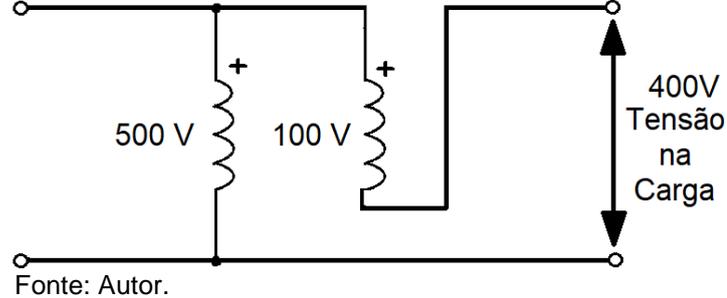
Há duas maneiras de se realizar a ligação elétrica de um autotransformador. Dependendo da forma como se executa esta ligação o autotransformador torna-se um dispositivo abaixador ou elevador de tensão, como pode ser visualizado nas Figuras 3 e 4.

**Figura 3** – Exemplo de ligação de um autotransformador como elevador.



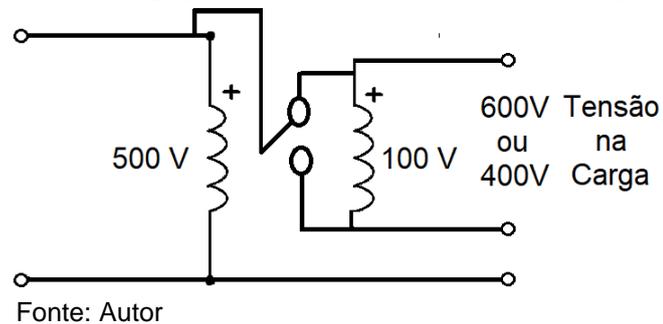
Fonte: Autor.

**Figura 4** – Exemplo de ligação de um autotransformador como abaixador.



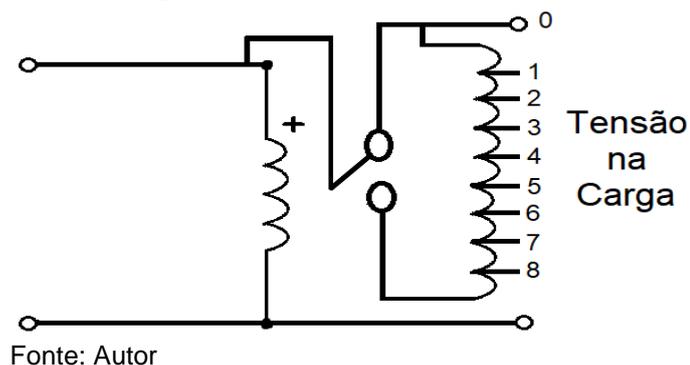
Nota-se que o funcionamento de um autotransformador, seja como elevador ou abaixador, está ligado diretamente à polaridade das bobinas. Portanto, se for adicionada uma chave com a função de inverter a polaridade do circuito, possibilita-se a seleção do funcionamento do autotransformador como elevador ou abaixador, conforme indica a Figura 5.

**Figura 5** – Exemplo de ligação de um autotransformador de função selecionável.

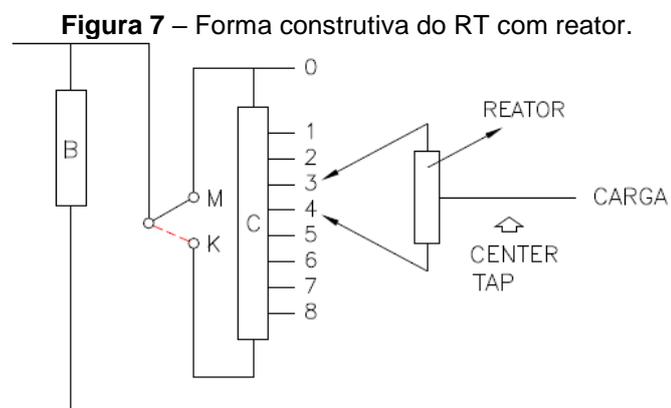


Seguindo o exemplo da Figura 5, derivando a bobina secundária e adicionando vários TAPs, o sistema passa então a ter degraus de tensão, como ilustra a Figura 6.

**Figura 6** – Forma construtiva do RT.



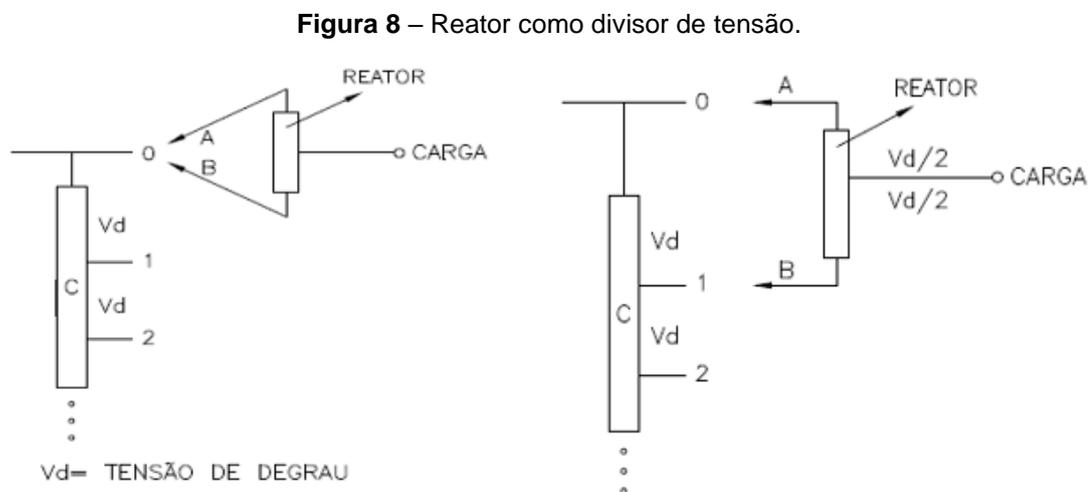
Observa-se através da Figura 6 que, caso a carga esteja ligada no TAP 1 e seja necessário que o sistema mude para o TAP 2, o circuito é interrompido. Para que isso não ocorra, a solução é adicionar um reator ao circuito, pois, enquanto uma das extremidades do reator se move para o TAP 2 a alimentação da carga se faz pelo TAP 1, como indica a Figura 7.



Fonte: TOSHIBA, 2015.

Desta forma o circuito não é interrompido durante a comutação dos TAPs, uma vez que o reator fica responsável pela continuidade do circuito durante esta troca.

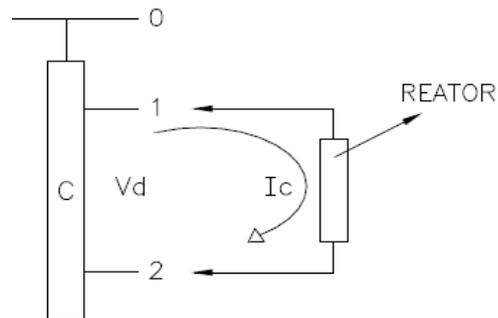
O reator ainda exerce as funções de divisor de tensão e limitador de corrente como mostra a Figura 8. A tensão aplicada aos terminais do reator é  $V_d$ , mas a tensão na carga aumentará ou diminuirá na proporção  $V_d/2$ , devido ao TAP central.



Fonte: TOSHIBA, 2015.

Ao ser aplicada a tensão  $V_d$  sobre os terminais do reator, uma corrente  $I_c$  surge no circuito, como apresentado na Figura 9.

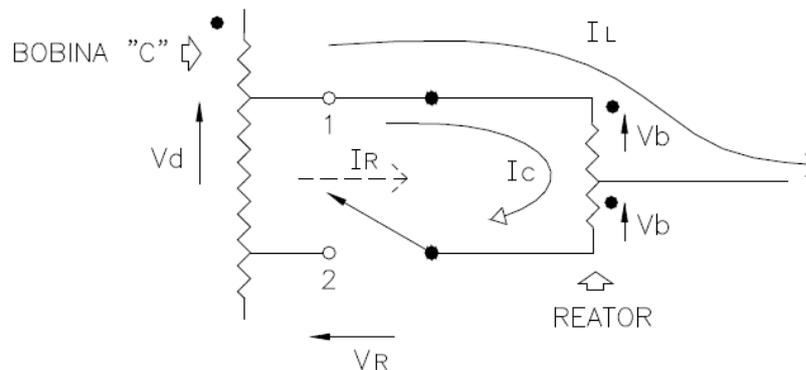
**Figura 9 – Corrente  $I_c$ .**



Fonte: TOSHIBA, 2015.

Esta corrente deve ser limitada para que não ocorra desgaste dos contatos do comutador e para que a vida útil do mesmo seja preservada. Este limite de corrente também é necessário para que não ocorra arcos elétricos durante as comutações.

**Figura 10 – Circuito do reator.**



Fonte: TOSHIBA, 2015.

Analisando a Figura 10 levanta-se as seguintes equações:

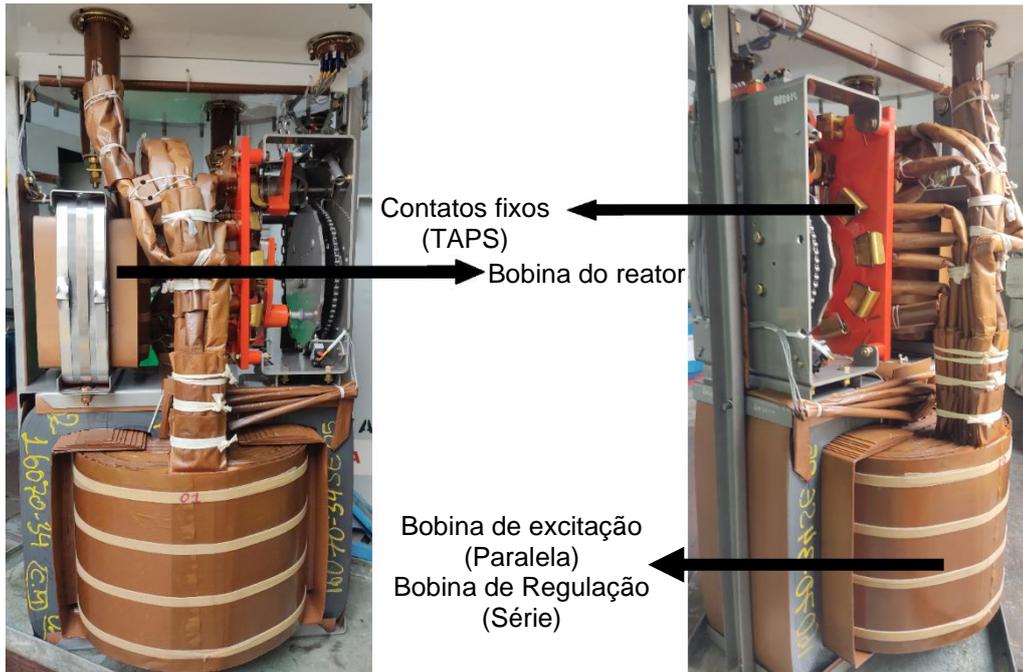
$$V_r = 2V_b - V_d ; I_R = \frac{1}{2}I_L - I_C$$

Em análise ao circuito e às equações conclui-se que a forma construtiva do reator deve ser projetada para um valor de  $I_c$  igual à 50% $I_L$ .

As derivações advindas da bobina de regulação, ou série, são conectadas à placa do conjunto da comutadora através de contatos fixos em cobre, como mostra a

Figura 11, e através desses é que os contatos móveis do reator, indicados na Figura 12, se conectam à essas derivações.

**Figura 11 – Regulator de tensão TOSHIBA.**



Fonte: Autor.

A seleção de polaridade da bobina série é feita através da chave seletora de polaridade, Figura 13, que se encontra na parte superior do conjunto da comutadora.

**Figura 12 – Contatos Móveis do Reator.**



Fonte: Autor.

**Figura 13 – Chave Reversora de Polaridade.**

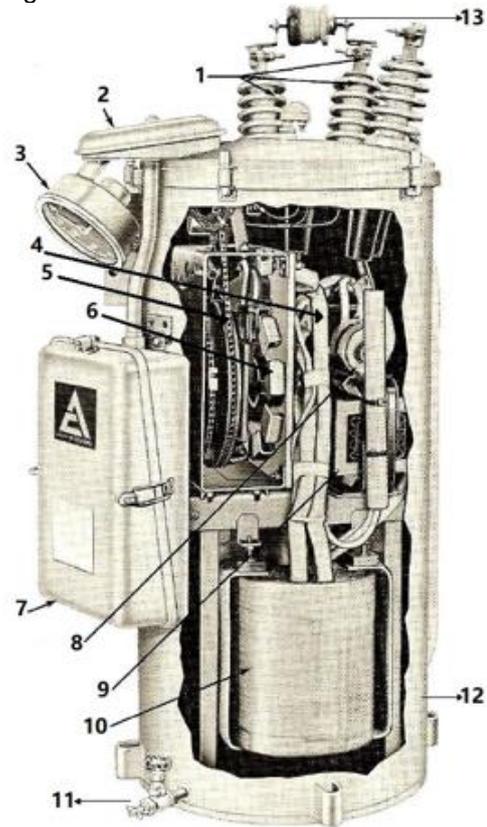


Fonte: Autor.

A Estrutura do regulador de tensão ainda se compõe das partes apresentadas na Figura 14:

**Figura 14** - Estrutura de um Regulador de Tensão.

- 1 – Conjunto das buchas de isolamento;
- 2 – Tampa do bloco de terminais;
- 3 – Indicador de posição da comutadora;
- 4 – Derivações de ajuste (TAPs);
- 5 – Mecanismo rápido de comutação;
- 6 – Conjunto da comutadora;
- 7 – Painel de controle;
- 8 – TC;
- 9 – TP;
- 10 – Enrolamento principal;
- 11 – Válvula de retirada do óleo isolante;
- 12 – Encapsulamento do RT;
- 13 – Para-raios.



Fonte: TOSHIBA, 2015.

- 1 – Conjunto das buchas de isolamento: assegura a distância mínima dos terminais para as partes metálicas do encapsulamento, garantindo a passagem isolada do condutor de energia;
- 2 – Tampa do bloco de terminais: protege o bloco de terminais do meio externo. Estes terminais são responsáveis pela comunicação do painel de controle com o regulador de tensão;
- 3 – Indicador de posição da comutadora: indica a posição da derivação em que o sistema se encontra;
- 4 – Derivações de ajuste (TAPs): derivações de regulação de tensão;
- 5 – Mecanismo rápido de comutação: responsável pela troca dos TAPS;
- 6 – Conjunto da comutadora: Painel em fenolite onde se encontram os contatos fixos conectados aos TAPS;

- 7 – Painel de controle: relé de comando.
- 8 – TC (Transformador de Corrente): fornece valores de corrente para controle dos dispositivos de medição;
- 9 – TP (Transformador de Potência): fornece valores de tensão para controle dos dispositivos de medição;
- 10 – Enrolamento principal;
- 11 – Válvula de retirada do óleo isolante;
- 12 – Encapsulamento do Regulador de Tensão;
- 13 – Para-raios: proteção contra descargas atmosféricas.

O regulador de tensão monofásico de 32 degraus é composto por um autotransformador com várias derivações no enrolamento série e uma chave reversora de polaridade, que tem como função alternar o funcionamento do sistema para somar ou subtrair a tensão.

O dispositivo deve exercer duas funções básicas. Primeiramente, deve estar ajustado para corrigir as variações de tensão a partir do ponto de sua instalação e segundo, compensar a queda de tensão num ponto distante e predeterminado do alimentador (MAMEDE 2012).

Seus terminais de conexão, indicados na Figura 15, são nomeados como:

- Bucha S ou F (*Source* ou *Fonte*), que recebe o condutor ligado à fonte;
- Bucha L ou C (*Load* ou *Carga*), que alimenta a carga;
- Bucha SL ou FC (*Source-Load* ou *Fonte-Carga*), geralmente ligada ao aterramento ou neutro dependendo do tipo de conexão.

**Figura 15** – Terminais de Conexão do RT.



Fonte: Autor.

Os reguladores de tensão de 32 degraus são dotados das seguintes faixas de variação de tensão:  $\pm 5\%$ ;  $\pm 6,25\%$ ;  $\pm 7,5\%$ ;  $\pm 8,75\%$  e  $\pm 10\%$  (MAMEDE, 2012). Essas faixas são reguláveis a partir do seletor do ponto de bloqueio, como indicado na Figura 16. Este seletor é acoplado na lateral do indicador de posição da comutadora, Figura 17. O conjunto da comutadora é dotado de 9 contatos fixos, como indicado na Figura 18, sendo um a posição 0 (zero), como neutro.

**Figura 16** - Seletor do ponto de bloqueio.



Fonte: Autor.

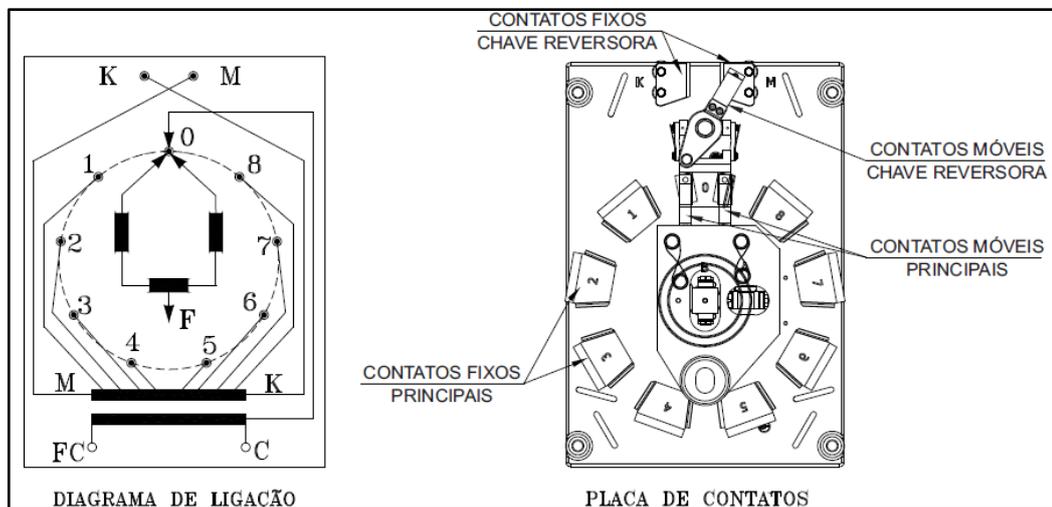
**Figura 17** - Indicador de posição da comutadora.



Fonte: Autor.

Alguns reguladores de tensão mais novos não possuem este indicador, sendo este processo realizado por sincronizadores ou relés digitais, e suas posições são indicadas através de um visor digital numérico.

**Figura 18** – Vista Interna da Placa de Contatos.

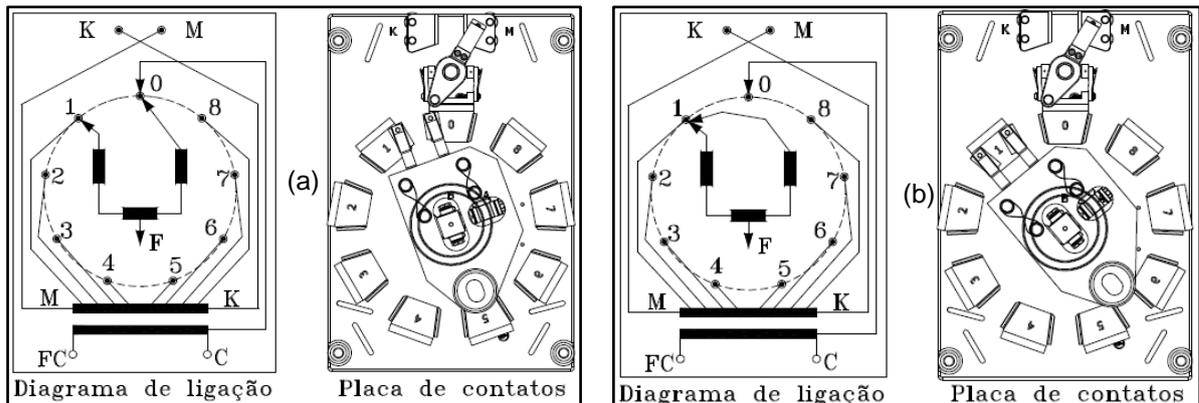


Fonte: TOSHIBA, 2015.

O diagrama de ligação da placa de contatos, Figura 18, indica como são as conexões do sistema do regulador de tensão. Os contatos fixos da chave reversora são conectados às extremidades da bobina série, invertendo sua polaridade de ligação através de seus contatos móveis quando necessária a seleção do tipo de regulação, sendo como abaixador ou elevador de tensão. Os contatos fixos principais são responsáveis pelas conexões das derivações advindas da bobina série.

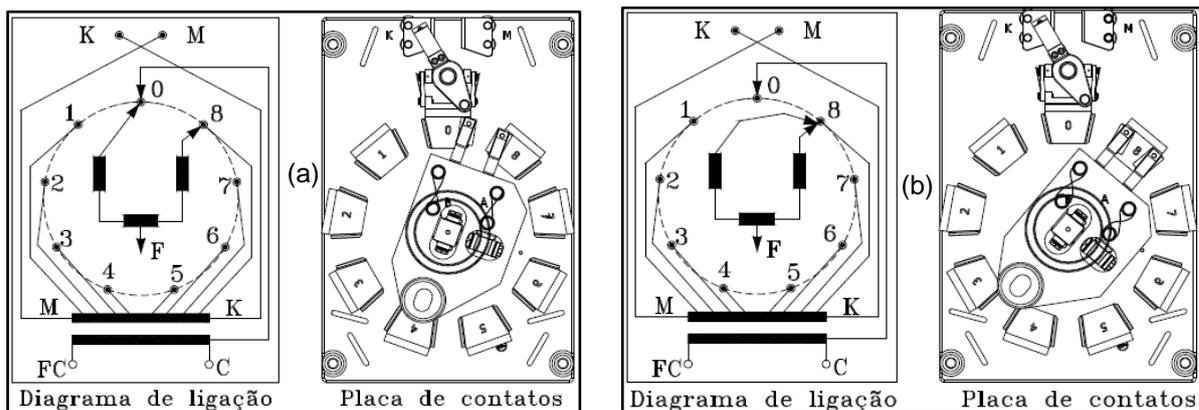
Os contatos móveis principais, onde ficam as extremidades do reator, selecionam o TAP de regulação. Nota-se que, durante a troca de TAPs, uma das extremidades dos contatos móveis principais sempre estará conectada, fornecendo energia à carga sem a necessidade de interrupção do circuito durante a troca de TAPs. O indicativo de posição e troca dos TAPs é exemplificado nas Figuras 19 e 20.

**Figura 19** – Sistema de Comutação: Posição +1(a); Posição +2(b).



Fonte: TOSHIBA, 2015

**Figura 20** – Sistema de Comutação: Posição -1(a); Posição -2(b).



Fonte: TOSHIBA, 2015.

A identificação dos pontos de bloqueio referentes às faixas de tensão é feita da seguinte forma:

- Bloqueio em  $\pm 5\% = \pm 8$  Posições;
- Bloqueio em  $\pm 6,25\% = \pm 10$  Posições;
- Bloqueio em  $\pm 7,5\% = \pm 12$  Posições;
- Bloqueio em  $\pm 8,75\% = \pm 14$  Posições;
- Bloqueio em  $\pm 10\% = \pm 16$  Posições;

## 2.1 TIPOS DE CONEXÃO EM BANCOS DE REGULADORES

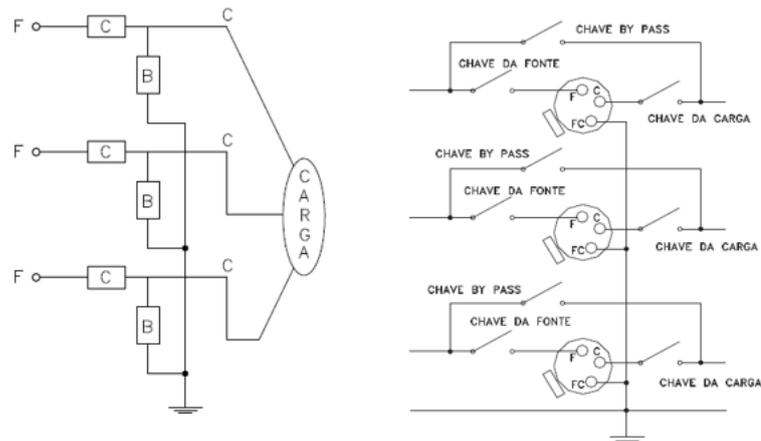
Os reguladores de tensão nas redes de distribuição de energia elétrica, geralmente, são ligados em bancos onde cada regulador controla a tensão de uma fase. As ligações mais comuns são:

- Estrela

Neste tipo de ligação, como indicado no diagrama da Figura 21, pode-se regular um circuito trifásico a quatro fios, conectado em estrela com neutro multiterrado (MAMEDE, 2012).

Para este tipo de ligação recomenda-se que a fonte também esteja ligada em estrela, pois, caso ocorra desequilíbrio em função das cargas monofásicas, a corrente de neutro tenha caminho fechado para o terra.

**Figura 21** – Ligação em estrela.

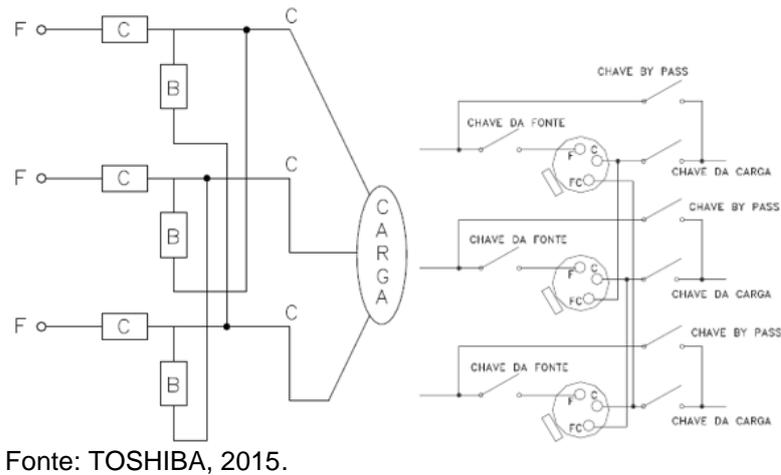


Fonte: TOSHIBA, 2015.

- Delta Fechado

A regulação do banco ligado em delta, Figura 22, fechado é de  $\pm 15\%$ . Neste tipo de ligação não se pode realizar uma regulação a quatro fios.

**Figura 22** – Ligação em Delta Fechado.

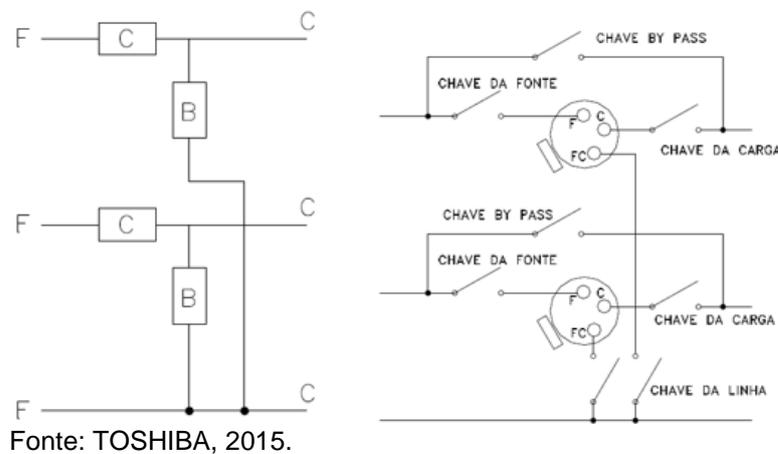


Fonte: TOSHIBA, 2015.

- Delta Aberto

A regulação obtida em delta aberto, Figura 23, é de  $\pm 10\%$ . A regulação trifásica neste tipo de ligação pode ser feita a três fios.

**Figura 23** – Ligação em Delta Aberto.



Fonte: TOSHIBA, 2015.

### **3 METODOLOGIA**

Se tratando de um dispositivo que auxilia na qualidade e correto funcionamento da rede de distribuição de energia elétrica, antes de ir para o seu ponto de instalação o RT passa por uma série de ensaios para que seja assegurado o seu funcionamento. Este tópico é destinado à rotina dos principais ensaios de funcionamento do RT.

#### **3.1 COMUTAÇÃO DE TAP**

A comutação de TAP ocorre de acordo com a variação da tensão na rede. Sendo para elevar ou abaixar a tensão, os reguladores atuam constantemente neste processo de acordo com a necessidade do sistema.

O ensaio para teste de comutação consiste em alimentar diretamente o painel de controle onde fica o relé de comando do regulador. Alimenta-se externamente e, através dos comandos manuais, realiza-se o teste mecânico do sistema de comutação. As comutações devem ser com intervalos constantes entre as operações até o ponto de bloqueio ajustado, e o indicador de posição deve atuar de acordo com a seleção do TAP.

O teste de comutação é de extrema importância, uma vez que, sua função é realizar a transição dos TAPs para regulação da tensão conforme necessidade. Caso haja alguma anormalidade neste sistema e a comutação seja prejudicada, as tensões podem não ser devidamente ajustadas, comprometendo a qualidade da energia fornecida.

#### **3.2 RELAÇÕES DE TRANSFORMAÇÃO DA BOBINA EM SÉRIE**

Este ensaio tem a finalidade de verificar as relações entre as tensões primária e secundária dos enrolamentos do RT, TAP por TAP, do enrolamento série e também a relação de transformação dos enrolamentos terciários ou TPs, que são responsáveis pela alimentação do painel de controle e do motor do conjunto da comutadora.

Neste ensaio, é aplicado uma tensão reduzida em um dos enrolamentos do regulador de tensão, e a medição é feita no outro enrolamento. Neste processo utiliza-se o medidor de relação de transformação (MTR), Figura 24, que compara o número de espiras do equipamento a ser testado, no caso o RT, com o transformador padrão, interno ao MTR. Sua conexão, indicada na Figura 25, é feita de forma que o MTR colha os dados de todo o sistema.

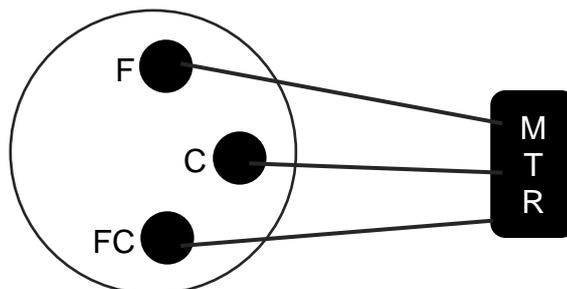
Tomando como exemplo que o ponto de bloqueio esteja no seu valor máximo, ou seja, 10%, teremos 16 posições de regulagem para elevar e 16 para reduzir a tensão.

**Figura 24 – MTR Analógico.**



Fonte: Autor.

**Figura 25 – Exemplo de ligação do MTR.**



Fonte: Autor.

A relação obtida pelo MTR é referente aos passos de cada derivação. A Tabela 2 informa os valores que devem ser obtidos através do MTR para fins de obtenção dos parâmetros comparativos do regulador de tensão.

**Tabela 2** – Relação de Bobina Série.

RELAÇÃO DE BOBINA SÉRIE			
POSÇÃO	NOMINAL	POSÇÃO	NOMINAL
0	1,000	0	1,000
-1	1,006	1	0,994
-2	1,013	2	0,988
-3	1,019	3	0,981
-4	1,025	4	0,975
-5	1,031	5	0,969
-6	1,038	6	0,963
-7	1,044	7	0,956
-8	1,050	8	0,950
-9	1,056	9	0,944
-10	1,063	10	0,938
-11	1,069	11	0,931
-12	1,075	12	0,925
-13	1,081	13	0,919
-14	1,088	14	0,913
-15	1,094	15	0,906
-16	1,100	16	0,900

Fonte: Autor.

Nota-se que cada passo é acrescido ou subtraído em 0,625%. Isso significa que a faixa de regulação de 10% está dividida em 16 pontos nos dois sentidos de regulação.

Se algum dos TAPS apresenta um valor expressivamente divergente aos valores desta tabela, indica que o enrolamento em questão está avariado, sendo necessária a substituição ou manutenção da bobina.

As relações de transformação implicarão na tensão de saída do RT que será fornecida para a carga. Logo, é de suma importância garantir que as relações estejam corretas antes de fazer a instalação do equipamento.

### 3.3 RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO

Mede-se a resistência de isolamento de um dielétrico ou isolante, em mega ohms, através da aplicação de tensão de corrente contínua padronizada. Detecta o acúmulo de materiais polarizáveis no sistema isolante.

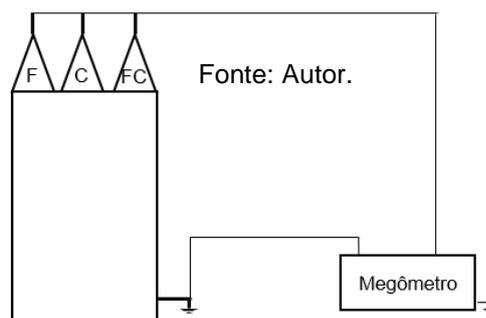
O ensaio é realizado com o megômetro apresentado na Figura 26. Este dispositivo aplica uma tensão no equipamento para medir justamente a resistência e o isolamento de um equipamento. Com o auxílio de garras de contato, o terminal positivo do Megômetro é conectado às três buchas de alta tensão do regulador curto circuitadas, e o negativo é conectado ao terminal de aterramento, localizado na parte externa do equipamento, como mostra a Figura 27. Neste caso, o dielétrico sob ensaio é o conjunto do papel isolante mais o óleo mineral isolante. Através dele se aplica uma tensão nos terminais do regulador de tensão e se obtêm o valor de resistência em relação ao sistema do dispositivo e seu encapsulamento, uma vez que, seu terminal de aterramento se encontra na carcaça.

**Figura 26** – Megômetro analógico.



Fonte: Autor.

**Figura 27** – Exemplo de conexão do Megômetro.



Fonte: Autor.

Os critérios para aprovação deste teste variam de acordo com as concessionárias, porém, seus resultados padrões atingem valores de resistência em faixas de M $\Omega$ .

### 3.4 ENSAIOS E AÇÕES COMPLEMENTARES

Além dos ensaios acima informados existem outros testes e ações complementares que visam a manutenção preventiva dos reguladores de tensão como por exemplo:

- Filtragem do óleo: realizada através de um filtro-prensa, Figura 28, onde todo o óleo do RT passa por um processo de filtragem para retirada de umidade e impurezas que possam comprometer a rigidez dielétrica do óleo isolante (ABNT NBR 10576, 2017). Geralmente, este procedimento é realizado em equipamentos enviados para manutenção, pois devido ao processo de abertura, o óleo isolante pode ser contaminado com impurezas externas.

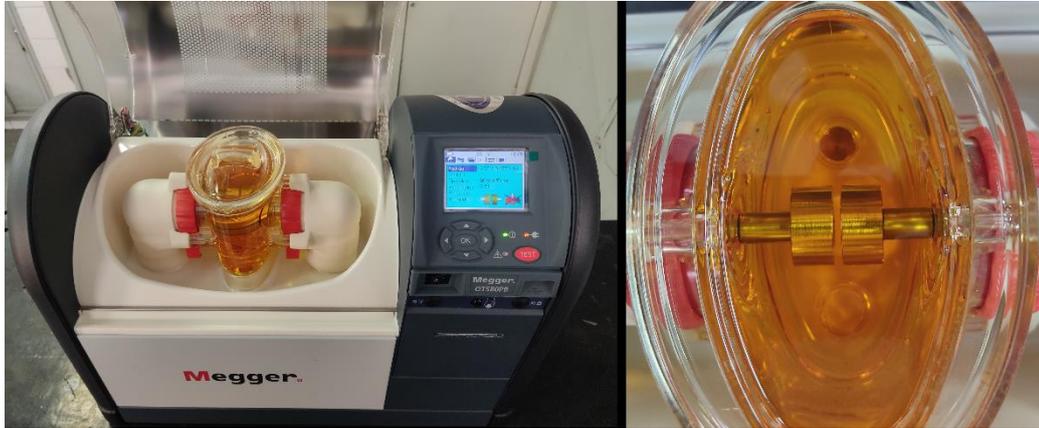
**Figura 28** – Filtro prensa.



Fonte: Autor.

- Teste de rigidez dielétrica do óleo: após o processo de filtragem do óleo, se retira uma amostra deste e através do medidor de rigidez dielétrica, Figura 29, aplica-se uma tensão que se eleva constantemente, até que se rompa essa rigidez (ABNT NBR 6869, 1989). O aparelho informa qual o nível de tensão o óleo suporta.

**Figura 29** – Testador de Rigidez Dielétrica do Óleo.



Fonte: Autor.

- Acionamento da válvula de pressão: o regulador de tensão fica exposto ao tempo de forma contínua. O aquecimento do dispositivo tanto em função da temperatura externa quanto interna faz com que a pressão interna se eleve gerando pressão dentro do equipamento. Esta válvula, indicada na Figura 30, tem como função o alívio da pressão interna do equipamento.

**Figura 30** – Válvulas de Alívio de Pressão.

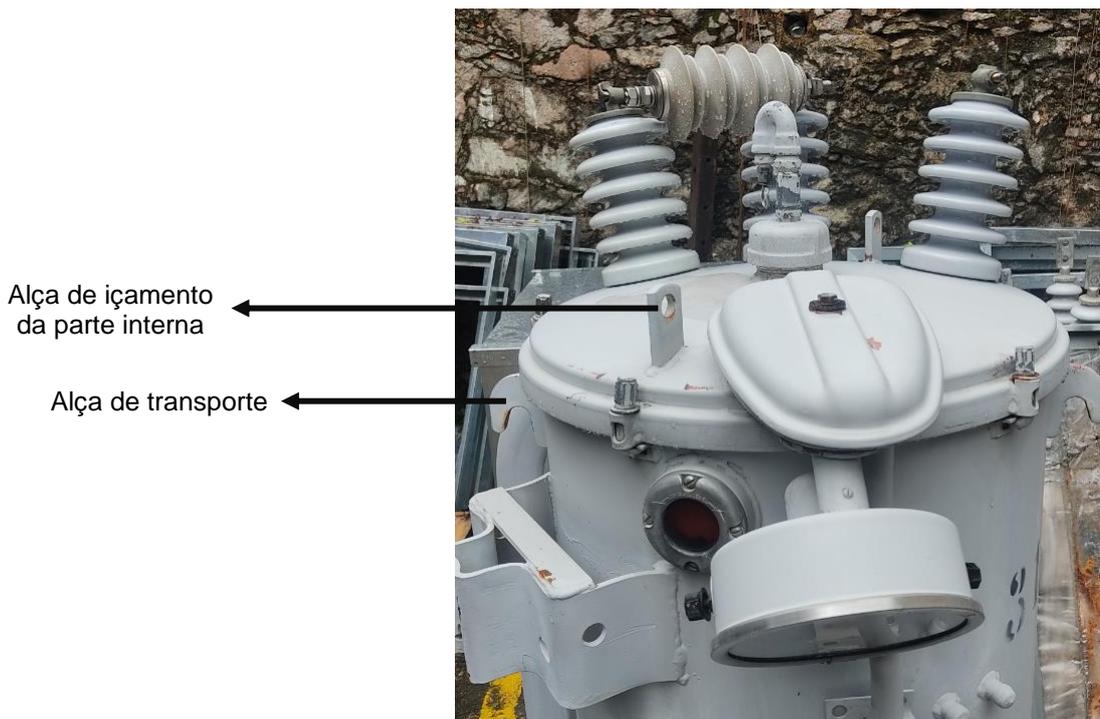


Fonte: Autor.

- Vedação do equipamento: uma má vedação do equipamento pode acarretar tanto no vazamento do óleo isolante quanto na possibilidade da entrada de humidade ou insetos no equipamento, o que pode vir a comprometer a estabilidade do sistema devido à contaminação do óleo isolante.
- Suportes mecânicos: a verificação dos suportes mecânicos se faz necessária devido aos meios de transporte do equipamento. Sua avaria

pode comprometer o içamento do RT, o que pode vir a acarretar sua queda durante o transporte. O regulador de tensão possui dois tipos de alças, indicadas na Figura 31, sendo uma para o transporte e outra para içamento para fins de retirada da parte interna. É de extrema importância saber a diferenciação entre as duas alças, pois, não se deve içar o equipamento fechado pela alça de içamento da parte interna. Caso haja algum problema de fixação ou aperto dos parafusos, o encapsulamento pode se separar da parte interna e cair durante o processo.

**Figura 31** – Parte Superior de um Regulador de Tensão Siemens.



Fonte: Autor.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em análise aos ensaios citados, nota-se o quão importante é a obtenção dos parâmetros que indicam uma boa condição de funcionamento do regulador de tensão.

O sistema de comutação é a parte essencial do regulador de tensão. Envolve a comunicação entre o recebimento da fonte, a regulação do nível adequado de

tensão e o fornecimento do mesmo à carga. Sua ação mecânica deve estar em perfeita sincronia para que todas as etapas estejam em conformidade com o sistema.

O teste de isolamento do RT permite que seja detectado, caso haja, as fugas de corrente do sistema para partes fora do sistema interno. Isso é prejudicial tanto para o sistema quanto para o operador em campo. As fugas de corrente podem comprometer a eficiência do dispositivo além de poder causar acidentes com choques elétricos.

A estabilização da regulação se dá através da relação de transformação, logo, as calibrações das bobinas devem estar com os parâmetros corretos, verificados pelo MTR.

Somados aos testes principais, abordados mais a fundo durante a metodologia, as avaliações complementares visam a prevenção e maior durabilidade do funcionamento dos reguladores de tensão.

Apesar de robusto, este dispositivo está sujeito a falhas mecânicas devido ao desgaste ou a outros fatores que influenciam em seu funcionamento. Portanto, a realização dos ensaios associados a uma manutenção periódica, possibilita o correto funcionamento do equipamento e a qualidade de regulação de acordo com a necessidade do sistema.

## **5 CONCLUSÃO**

O presente documento teve como objetivo apresentar brevemente o dispositivo regulador de tensão monofásico da rede de distribuição elétrica. Foi apresentada sua estrutura, funcionalidade e importância quanto à qualidade nos níveis de regulação de tensão para fornecimento ao consumidor. Como principal informação, foram feitas análises sobre os principais ensaios relativos ao funcionamento deste dispositivo, que mostram o quão importante é a testagem do regulador de tensão antes da instalação do equipamento em uma rede de distribuição.

É através deste equipamento que é possível manter a qualidade da energia elétrica entregue ao consumidor, sendo assim, é essencial que o regulador de tensão esteja em plenas condições de funcionamento.

Foram informados alguns dos testes e ensaios de rotina realizados nos reguladores de tensão, porém, há outros testes complementares que são realizados para verificar o funcionamento, como por exemplo, aplicação de tensão nominal em cabines de alta tensão, que possibilita verificar o comportamento do equipamento em campo. Os testes complementares podem ser analisados em futuras pesquisas.

## **ABSTRACT**

The quality of electricity supply today is due to a set of studies applied to control devices on the network. One of these devices is the single-phase voltage regulator, whose main action is to stabilize variations in voltage levels in the distribution networks in order to minimize them so that they are within the acceptable values in the electricity distribution system. This document has as main objective to present the test routine referring to the operation of the single-phase voltage regulators of 32 steps of the electricity distribution network. Initially, an introduction on the application of voltage regulators, their importance and contribution to quality in the supply of electricity will be addressed. Subsequently, its structure, which makes up the voltage regulators, definition of the electrical scheme and the structure of this equipment, and finally, a topic will be presented regarding the conduct of electrical tests to verify the correct operation of the device.

**Keywords:** Voltage Regulator. Tests. Switch. Reactor.

## **REFERÊNCIAS**

ALVES, R. P. **Alocação Ótima de Reguladores de Tensão em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica Radiais Usando uma Formulação Linear Inteira Mista**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Ilha Solteira, 2012.

TOSHIBA. **Manual de Instruções para Reguladores de Tensão Monofásicos. Revisão O – novembro/2015**. Contagem, 2015. 70 p.

FILHO, M. C. P. **Localização Ótima De Bancos Trifásicos De Reguladores De Tensão Em Alimentadores Radiais De Distribuição**. Tese de Doutorado - Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Natal, 2005.

MAMEDE, João Filho. **Manual de Equipamentos Elétricos**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional, 2018**. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/modulo-8>>. Acesso em: 15 de outubro de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10576: **Óleo mineral isolante de equipamentos elétricos - Diretrizes para supervisão e manutenção**. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=380563>>. Acesso em 10 de dezembro de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6869: **Líquidos isolantes elétricos - Determinação da rigidez dielétrica (eletrodos de disco)**. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=4931>>. Acesso em 10 de dezembro de 2020.