

# Eficiência na proteção das redes secundárias

Teixeira, Renato J.; Gomes, Thiago F.

04 de junho de 2021

**Resumo: As redes secundárias responsáveis por grande parte dos surtos elétricos que chegam às instalações dos consumidores. Nela estão presentes diversos equipamentos essenciais para o funcionamento da rede de distribuição e que são de grande relevância para as concessionárias de energia e para seus consumidores. Por isso, é essencial adotar medidas de proteção apropriadas às redes em baixa tensão.**

## 1. Introdução

As descargas atmosféricas influem diretamente na continuidade do fornecimento de energia, sendo responsáveis por um número elevado de desligamentos não programados, além de causar prejuízos significativos com a queima dos ativos da rede.

Para redução dos danos causados pelos surtos elétricos, principalmente os oriundos das descargas atmosféricas, assegurar a continuidade dos serviços e consequentemente os indicadores de qualidade faz-se necessário a adoção medidas de proteção robustas, protegendo transformadores e outros ativos da rede.

Esse artigo demonstra como os Para Raios de Baixa Tensão (PRBT) aumentam a robustez da proteção em redes secundárias, principalmente nos transformadores da rede de distribuição, e que são uma medida viável tanto técnica como economicamente.

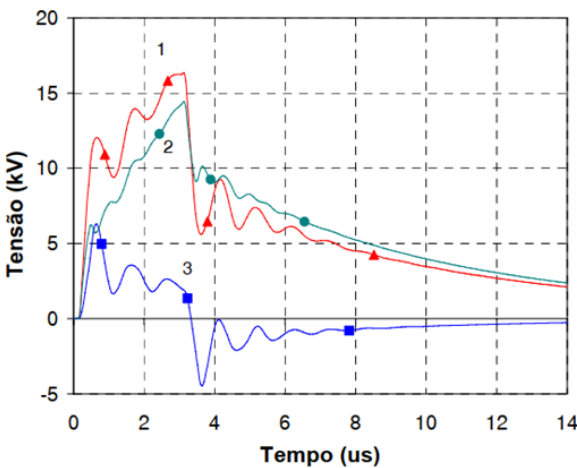
## 2. Descargas Atmosféricas – Interações e Danos

Ocorrem no mundo cerca de 3 bilhões de descargas atmosféricas por ano, o equivalente a 100 raios por segundo, de acordo com dados compilados pelo INPE. O Brasil é o país com maior ocorrência de descargas atmosféricas, com 78 milhões de ocorrências ao ano, ou seja, uma média 213 mil ao dia.

Quando interage com as redes de energia, as descargas atmosféricas geram sobretensões transitórias – surtos elétricos. Esse distúrbio é caracterizado por uma alta taxa de elevação de tensão e/ou corrente com intervalos de tempo da ordem de microssegundos. Enquanto a tensão nominal da rede opera na frequência de 60 Hz, os surtos elétricos ocorrem na ordem de centenas de quilohertz.

Essa interação com a rede elétrica pode causar danos, cujas fontes estão associadas: as descargas diretas, a descargas indiretas ou pela transferência dos surtos da média para a baixa tensão, sejam por descargas direta ou indireta.

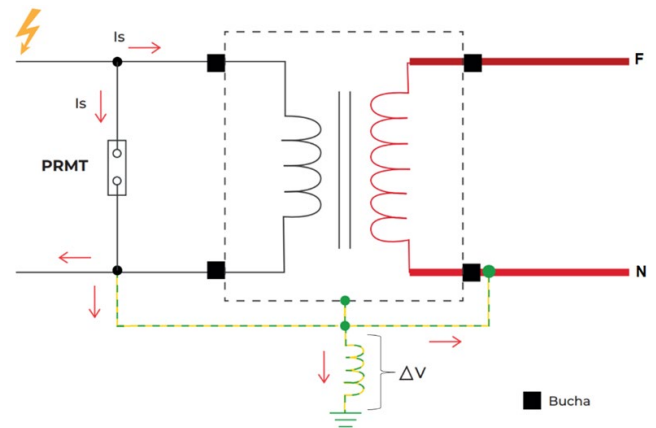
Em ambientes com maiores densidades populacionais, como em centros urbanos, as descargas diretas na rede são menos comuns, pois há construções de grandes proporções que superam a altura das redes, funcionando como uma blindagem contra as descargas diretas. Porém, a descargas em tais construções acarretam tensões induzidas na rede, provocando assim desligamentos. Em [1] são apresentados valores de sobretensões induzidas no transformador – ponto de medição – para uma descarga com corrente de 45 kA, incidindo a uma distância de 50 m da rede. As sobretensões variam entre 6 kV e 17 kV, conforme Figura



1, e provocam a queima dos transformadores de distribuição.

As sobretensões geradas na rede primária, originadas por descargas diretas ou

indiretas, podem ser transferidas para o secundário através do acoplamento magnético entre bobinas ou pelos para-raios de média tensão (PRMT). Embora uma parcela dessa transferência ocorra através dos enrolamentos, [2] verificou que a parcela predominante de transferência se dá pela atuação dos para-raios de média tensão, fenômeno ilustrado na Figura 2.



**Figura 2 - Transferência do surto da média tensão para baixa tensão devido à atuação dos PRMT**

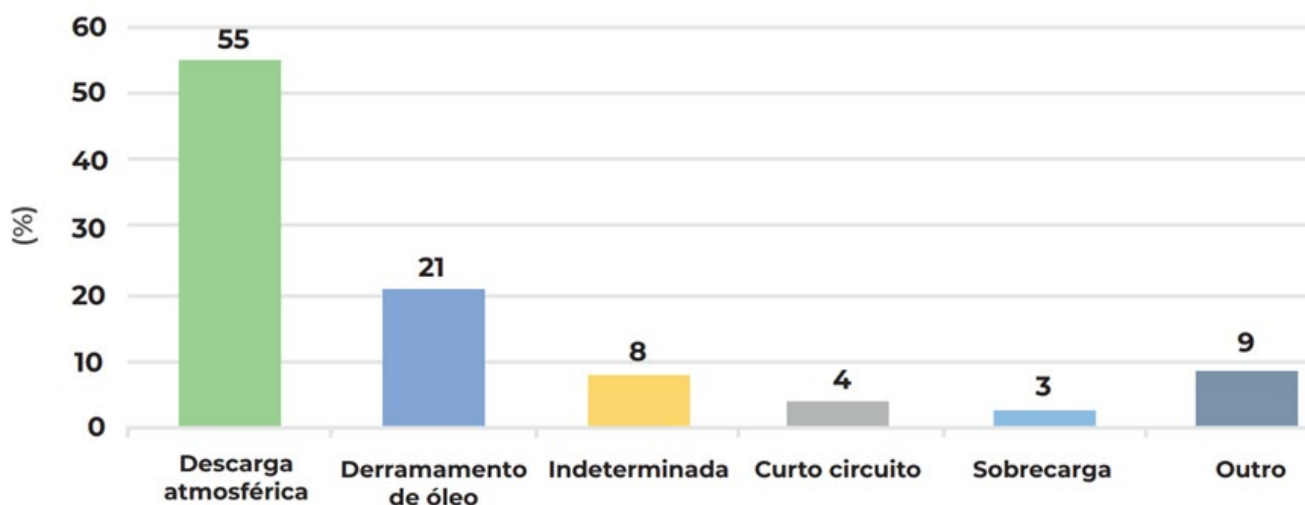
Dependendo das condições do sistema de aterramento do transformador, incluindo aí o aterramento dos PRMT, poderá ocorrer uma elevação no potencial com risco elevado de rompimento da isolação no lado de baixa tensão. A amplitude da elevação do potencial na baixa tensão é proporcional a elevação de potencial no aterramento do transformador ( $\Delta V$ ).

Medições de correntes impulsivas apontadas em [3], provocadas por descargas atmosféricas em cabos de aterramento de transformadores, indicaram valores medianos de 1,2 kA e que

dos transformadores. No Brasil, os raios são responsáveis por cerca de 40% dos desligamentos na rede de distribuição, além de serem apontadas em [4] como o fator responsável por 55% da queima dos transformadores, conforme ilustra a Figura 3.

**Figura 1 - Tensões induzidas no ponto de medição**

1 – tensão fase-terra 2 – tensão neutro-terra 3 – tensão fase-neutro



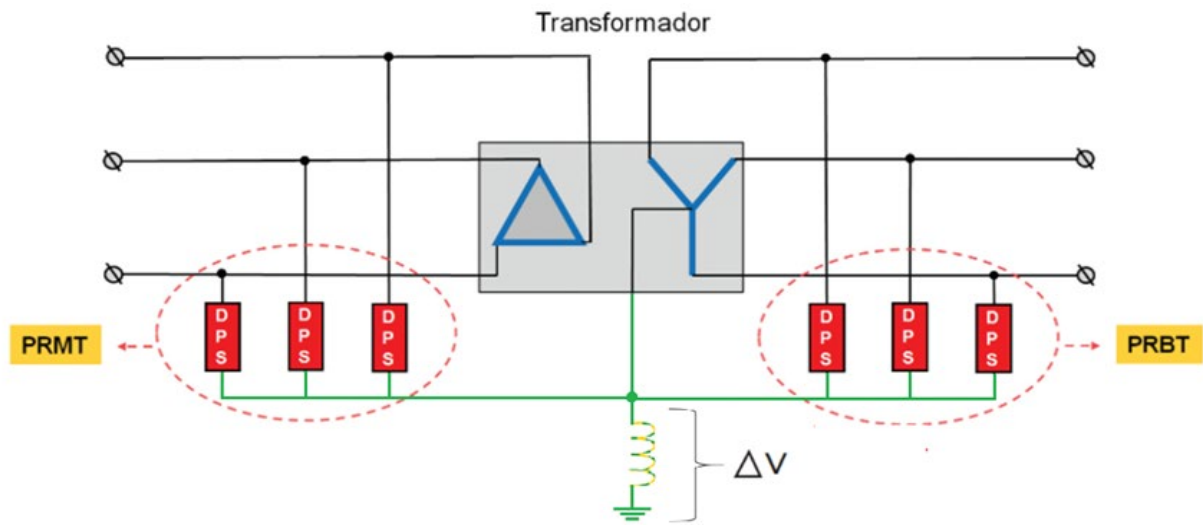
**Figura 3 - Causa de danos em transformadores de distribuição**

raramente ultrapassaram 10 kA. Desta forma, ao atravessar a impedância de aterramento, o valor mediano de corrente (1,2 kA) gera uma queda de tensão superior a 12 kV, que aparece no secundário do transformador. Este valor, quando não inutiliza instantaneamente, causa danos acumulativos que danificam o transformador com o passar do tempo.

Dessarte, a ausência de proteção no lado secundário expõe o transformador a elevados níveis de tensões na ocorrência de surtos, que aliada ao alto índice de raios provoca prejuízos significativos para as concessionárias de energia com a queima

Os fatores supracitados corroboram para a ideia de que medidas de proteção adicionais sejam aplicadas com vistas a garantia da integridade dos transformadores de distribuição no que tange a baixa tensão. Medidas de proteção concentradas somente na aplicação de PRMT e na redução da resistência de aterramento não são suficientes para proteção do lado de baixa tensão dos transformadores.

Assim, a aplicação dos PRBT torna o projeto de proteção contra surtos elétricos mais robusto, pois protege o enrolamento secundário dos transformadores contra



**Figura 4 - Esquema de instalação do PRBT**

sobretensões. Quando instalado junto à bucha secundária do transformador, conforme ilustra a Figura 4, o PRBT atua limitando as sobretensões que atingem a rede de baixa tensão e causam danos ao transformador.

Devido a aplicação, o PRBT deve possuir robustez mecânica e elétrica compatível com o ambiente em que opera (como proteção UV, grau de proteção adequado, material metálico não oxidante) e um modo de desconexão ao fim de vida útil que não interfira na operação do transformador.

Além das características mencionadas, os cabos de conexão do PRBT devem possuir comprimentos menores do que 0,5 m e serem o mais retilíneos possível. Desta forma, as quedas de tensões sobre os condutores de conexão, no evento da ocorrência do surto, serão menores, o que

exigirá menor esforço da isolação do transformador.

#### 4. Viabilidade técnico econômica

A tendência de crescimento da taxa de falhas e, conseqüentemente, os significativos gastos com a troca e manutenção dos transformadores motivaram investimentos em medidas preventivas por parte das concessionárias. Segundo [5] a instalação do PRBT no secundário dos transformadores de distribuição teve início em meados dos anos 90. Atualmente em algumas concessionárias a aplicação dos PRBT já está prevista por norma na instalação de novas redes.

Como conseqüência do interesse das concessionárias no assunto, surgiram diversos trabalhos indicando a viabilidade de aplicação e redução na taxa de falha dos transformadores. Em [6] foi realizado um



estudo para avaliação da viabilidade de instalação de PRBT na área de concessão da AES Sul. A análise apresentou, considerando todo o parque de transformadores instalados, um retorno do investimento de aproximadamente 3 anos.

Em [7] são apresentados resultados relativos aos investimentos na proteção na rede da distribuição que apontam 0% (zero por cento) de avaria de transformadores por descargas atmosférica, resultando na padronização do uso dos PRBT em toda área de concessão da companhia.

## 5. Conclusão

A adequação aos padrões de qualidade de energia e o atendimento a um mercado exigente incita concessionárias na busca de medidas para redução dos danos causados pelas descargas, tornando-se essa cada vez mais objeto de estudo.

As técnicas de proteção mais comuns – que consistem no uso do PRMT e melhorias nos sistemas de aterramento – se mostram muitas vezes impróprias, seja pela severidade ou frequência do evento causador dos danos – os raios – ou em razão das restrições impostas pelas características do terreno.

Conseqüentemente, a utilização dos PRBT é uma medida de proteção importante que contribui para à redução dos custos com manutenção e reposição de transformadores e na melhoria dos indicadores de qualidade – diminuindo significativamente o índice de queima de

transformadores de distribuição de energia. Além de sua viabilidade de instalação, os PRBT são um ativo na rede, entrando como CAPEX na instalação de transformadores.

## 6. Bibliografia

[1] Neto, A. S., “Tensões induzidas por descargas atmosféricas em redes de distribuição de baixa tensão”, Dissertação de Mestrado, USP – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

[2] VISACRO, S.; CONTI, A. R.; PEREIRA, C.; SILVEIRA, F. H.; DUARTE, J. V. P., “Proteção de Redes Elétricas de Baixa Tensão Contra Descargas Atmosféricas” In: Congresso de Inovação Tecnológica em Engenharia Elétrica, 2003, Salvador. Anais do II CITENEL, 2003. v. 2.

[3] Mansoor, A.; Martzloff, F. “The Effect of Neutral Earthing Practices on lightning Current Dispersion in a lowvoltage Installation”. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 13, No. 3, July 1998.

[4] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. Portal ELAT - Grupo de Eletricidade Atmosférica. Disponível em: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/infor/relampagos.e.efeitos/sistema.eletrico.php>.

[5] Conti, A. R., “Proteção de Redes Elétricas de Baixa Tensão Contra Descargas Atmosféricas: Transferência de Surtos Através de Transformadores de

Distribuição”, Dissertação de Mestrado, UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

[6] Batista, E. L.; Jesus, N. C.; Oliveira, H.R.P.M.; Tagliari, C.; Difante, E. B.; Santos, W. L. “Proposta de Redução de Avarias de Transformadores: Investigação do Fenômeno de Surtos Secundários e Aplicação de Para-raios de Baixa-Tensão”, XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Olinda, 2008.

[7] Amaral, R. P.; Branco, C. A.; Almeida, A. R. “Proteção de Transformadores de Distribuição Contra Sobretensões”, XVII SENDI, Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Belo Horizonte, 2006