



**XXIV SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GMI/11

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO -12

GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DA MANUTENÇÃO - GMI

**SISTEMA INFORMATIZADO PARA GESTÃO TÉCNICA E DIAGNÓSTICO DE INSPEÇÕES TERMOGRÁFICAS –
EXPERIÊNCIA DA ELETROSUL**

**Thiago Bettin Sanchez (*)
ELETROSUL**

**Renato Ricetti Filho
ELETROSUL**

RESUMO

O presente informe técnico descreve a experiência da Eletrosul na utilização de seu sistema informatizado para a gestão técnica das inspeções termográficas das Subestações da Eletrosul, por um período de aproximadamente 8 anos. Este sistema, desenvolvido internamente, foi colocado em produção em 2009 e o trabalho apresenta os ganhos de qualidade e resultados obtidos no processo de termovisão da empresa a partir da utilização do sistema em questão. Dentre os resultados obtidos, destaque para a otimização do processo de termovisão e a diminuição do número de intervenções com desligamento para saneamento de anormalidades térmicas.

PALAVRAS-CHAVE

Gestão, Eletrosul, Manutenção, Termovisão, Software

1.0 - INTRODUÇÃO

A Termovisão no Setor Elétrico é uma técnica preditiva bastante consolidada, sendo aplicada há algumas décadas pelas equipes de manutenção visando detectar eventuais anormalidades em equipamentos ou em conexões elétricas das subestações. No entanto, é comum que a termografia nas empresas apresentem algumas lacunas no que se refere a gestão do processo tais como formação de banco de dados, normatização das inspeções termográficas e dos diagnósticos e laudos emitidos.

No ano de 2007 a Eletrosul realizou o I Seminário de Termografia da Eletrosul que contou com a participação de empresas convidadas além das equipes de manutenção das diversas Regionais da Eletrosul. No Relatório Final deste seminário foram apontadas, pelos participantes da Eletrosul, algumas necessidades de melhorias no processo dentro da Eletrosul, dentre os pontos citados destacamos:

- Falta de padronização nas metodologias de análise das imagens termográficas:

A análise das imagens e a definição de ações corretivas ou preventivas eram realizadas, até então, pelas próprias equipes executantes das inspeções, não sendo analisadas posteriormente por alguma outra equipe. Não existia o processo de emissão de Laudo da Engenharia de Manutenção nas imagens. As equipes trabalhavam com planilhas do Excel, existindo mais de um tipo de planilha e, em alguns casos, as mesmas se diferenciavam quanto a suas fórmulas de cálculos, metodologias e referências de limites de temperatura.

- Inexistência de um banco de imagens centralizado:

O armazenamento das imagens termográficas das inspeções era realizado pelas equipes executantes. Normalmente as equipes mantinham o arquivamento em seus setores de manutenção. Nem todas as imagens térmicas das inspeções eram arquivadas.

- Dificuldade na gestão das inspeções termográficas e dos pontos quentes:

A ausência de um banco de dados centralizado referente às inspeções termográficas não permitia, de uma maneira ágil e confiável, a elaboração de relatórios com informações relacionadas ao processo de termovisão e, conseqüentemente, dificultava a elaboração de estudos técnicos mais detalhados sobre o assunto na empresa.

A Figura 1 ilustra o processo de termovisão na Eletrosul até o ano de 2008. Resumidamente o processo de termovisão na Eletrosul demandava a normatização de seus procedimentos e investimentos em Tecnologia da Informação – TI, mais especificamente num sistema de gerência das inspeções termográficas.

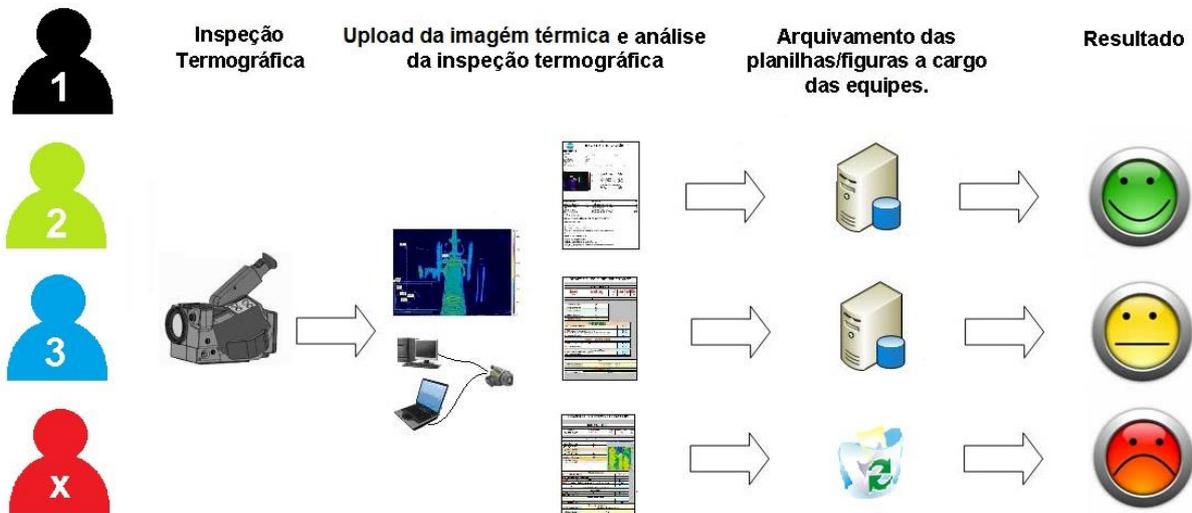


FIGURA 1 – Processo de Termovisão na Eletrosul até 2008

Em 2009 foi colocado em produção na Eletrosul o sistema computacional para gerenciamento das imagens termográficas, tendo por objetivo tratar os pontos destacados no Seminário de 2007 tais como a criação de um banco de imagens centralizado, a padronização dos processos relacionados à termografia (cálculos, tabelas de referências, laudos) e o suporte à gestão desta atividade na empresa.

Em 2010 foi publicada a instrução específica no Manual de Manutenção sobre o processo de termografia, contemplando desde a execução até a análise das imagens e emissão de laudos para cada grupo de equipamentos.

2.0 - TERMOVISÃO NA ELETROSUL

Atualmente a atividade de termografia na Eletrosul tem sua execução descentralizada e a sua normatização e emissão de Laudos centralizados na Engenharia de Manutenção.

Em relação a execução da termovisão nas subestações a Eletrosul adota como periodicidade o termovisionamento a cada seis meses nas instalações, onde são inspecionados de uma forma geral todos os equipamentos de alta tensão e as conexões elétricas existentes na subestação. Anualmente é realizada ainda, de forma complementar, nova inspeção termográfica específica para os para-raios do sistema de transmissão da Eletrosul. A tabela a seguir apresenta, de forma resumida, estas informações.

TABELA 1 – Frequências adotadas pela Eletrosul para Termovisão.

OBJETO	FREQUÊNCIA
Subestação: Equipamentos e conexões	6 Meses
Para-raios (complementar)	1 Ano

Dessa forma, semestralmente as equipes devem executar um Pedido de Serviço – PS – para termovisionar toda a subestação e anualmente um Pedido de Serviço – PS – para cada para-raio da subestação. Em termos de pedidos de serviços são executados, no total, aproximadamente 2500 PS por ano.

3.0 - O SISTEMA

O sistema computacional foi desenvolvido internamente pela Eletrosul, em plataforma Java com banco de dados Oracle e interface Web. Quanto a sua funcionalidade, o sistema foi construído visando, principalmente, atender às três demandas citadas anteriormente:

- Necessidade de criar um banco de imagens centralizado;
- Padronizar ao máximo os processos relacionados à termografia;
- Dar suporte a gestão desta atividade na empresa.

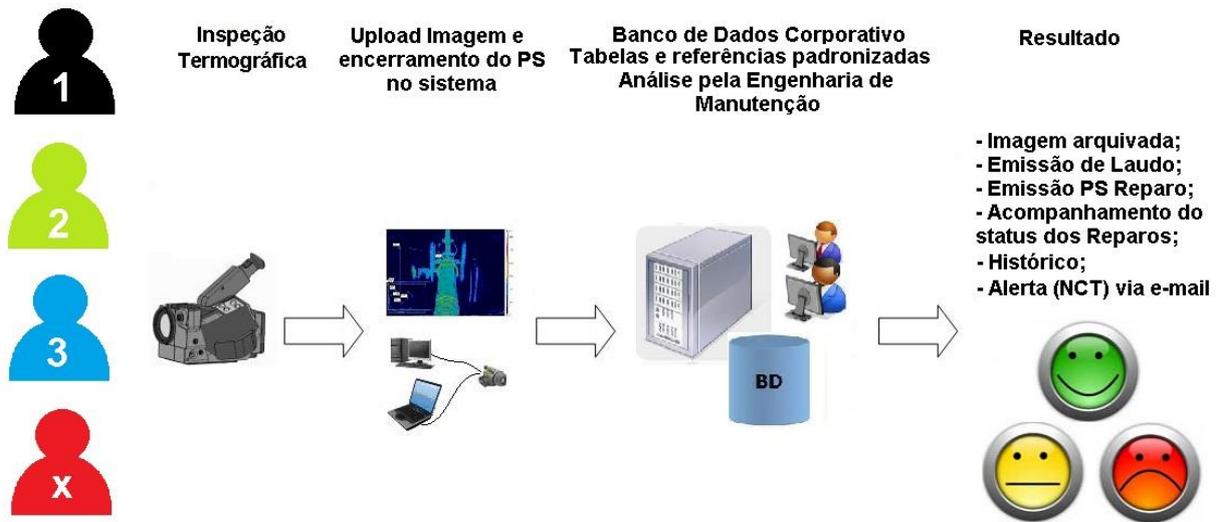


FIGURA 2 – Processo de termovisionamento com o uso de sistema centralizado.

Um ponto importante a destacar é que o sistema desenvolvido é integrado com o Sistema de Gerência de Serviços (SGS) da Eletrosul, permitindo o uso pelo sistema do Banco de Dados de Equipamentos corporativo bem como a emissão de Pedidos de Serviços (PS) no SGS decorrente das inspeções termográficas, conforme cada Laudo emitido.

Visando auxiliar a gestão do processo de termografia foi desenvolvida a funcionalidade “Acompanhamento termográfico”. Esta funcionalidade possibilita o acompanhamento de eventuais ações corretivas / preventivas após as inspeções termográficas. É possível filtrar, por nível de criticidade e localização, quais as inspeções ainda demandam alguma ação por parte das equipes envolvidas, seja a avaliação da inspeção pela engenharia de manutenção ou ainda a execução do Pedido de Serviço de Reparo originado pelo laudo da inspeção termográfica.

A Figura 3 ilustra esta funcionalidade para o acompanhamento das anormalidades térmicas, que utiliza sistema de cores para diferenciar e destacar as anormalidades mais críticas que estejam pendentes de saneamento.

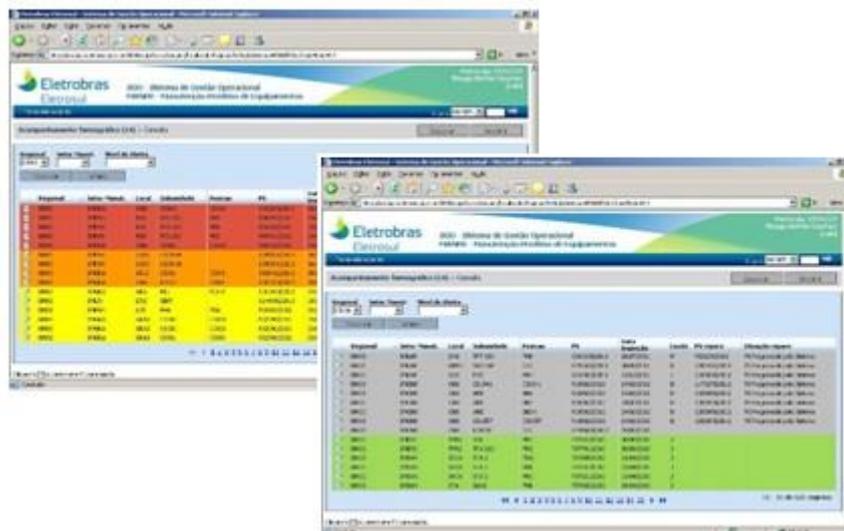


FIGURA 3 – Telas ilustrativas do Sistema de Acompanhamento Termográfico.

O sistema também possui funcionalidade de envio de relatório de não conformidades térmicas, dos casos mais críticos, por e-mail. Ver Figura 4.

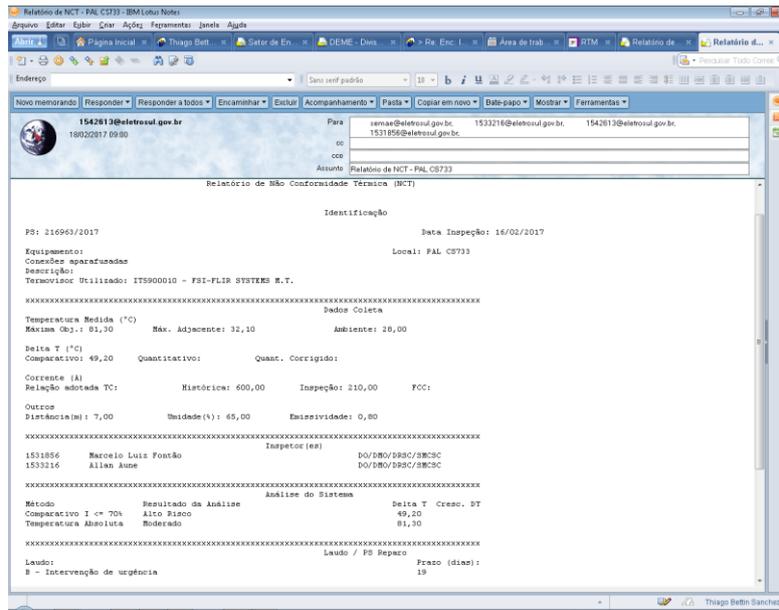


FIGURA 4 – Relatório de Não conformidade Térmica enviada por e-mail.

4.0 - RESULTADOS OBTIDOS

O sistema está em operação há aproximadamente 8 anos. Ao longo desse tempo, diversos avanços no processo de termografia foram obtidos com o auxílio do sistema desenvolvido. Destacamos:

4.1 Envolvimento da engenharia de Manutenção

A existência de um banco de dados e imagens centralizado e o processo de emissão de laudos para as inspeções termográficas permitiu a inserção efetiva da Engenharia de Manutenção no processo de Termovisão das Subestações. A Engenharia de Manutenção, através de seus especialistas, passaram a fazer parte do fluxo de trabalho do processo de termovisão na Eletrosul, mais especificamente através da análise e emissão dos Laudos nas Inspeções termográficas, agregando um padrão nas análises das inspeções. A inclusão da Engenharia de Manutenção no processo gera, por sua vez, um significativo ganho de qualidade ao processo, seja pela análise das anormalidades térmicas por especialistas nos ativos em questão ou ainda através de estudos complementares que têm por objetivo a avaliação do desempenho da técnica preditiva em questão, acompanhando, nas subestações, o resultado das intervenções recomendadas no sistema.

4.2 Otimização dos critérios e metodologia de análise das inspeções termográficas em Subestações

O envolvimento de especialistas (Engenharia de Manutenção) no processo e a disponibilidade de um Banco de Dados centralizado das inspeções termográficas fomentaram a evolução e otimização da Termovisão na Eletrosul, com destaque para os critérios de avaliação e referências utilizados na definição de ações e encaminhamentos.

Como exemplo da otimização obtida os critérios utilizados como referência pelo sistema para emissão do Laudo Preliminar e pelos especialistas para a emissão do laudo final foram revisados, sendo adotados valores significativamente menos conservadores. A Eletrosul adotava até 2010, assim como muitas empresas, os critérios definidos pelo antigo GCOI (Grupo de Controle das Operações Integradas). A partir de 2010 tais critérios foram revisados tendo por base o acompanhamento pela Engenharia de Manutenção das anormalidades térmicas cadastradas no sistema e as consequentes intervenções para a execução dos reparos. Ver Tabela 2 o comparativo para um dos critérios utilizados nas análises de anormalidades térmicas em conexões elétricas.

TABELA 2 – Comparativo entre os critérios utilizados até 2010 e os critérios vigentes

Critério: Quantitativo I > 70%	Conexões aparafusadas e terminais de equipamentos	
	Revisão 00 (2010)	Revisão 07 (Vigente)
Faixa 01 (Normal)	$0^{\circ} < \Delta T \leq 5^{\circ}$	$\Delta T \leq 50^{\circ}$
Faixa 02	$5^{\circ} < \Delta T \leq 20^{\circ}$	$50^{\circ} < \Delta T \leq 70^{\circ}$
Faixa 03	$20^{\circ} < \Delta T \leq 45$	$70^{\circ} < \Delta T \leq 120^{\circ}$
Faixa 04	$45^{\circ} < \Delta T \leq 60^{\circ}$	$\Delta T > 120^{\circ}$
Faixa 05 (Emergência)	$\Delta T > 60^{\circ}$	XXXXXXXXXX

Novos critérios e metodologias também foram adotados pela Eletrosul para a avaliação das anormalidades térmicas ao longo do uso do sistema, tal como a adoção, em 2011, do critério da temperatura absoluta para análise de anormalidades térmicas em conexões e contatos móveis.

- Identificação de subestações e equipamentos com maior número de anormalidades térmicas.

Com a existência do sistema especialista de Inspeções Termográficas é possível identificar, por exemplo, dentre as instalações da empresa, aquelas que possuem maior incidência de anormalidades térmicas bem como, de forma similar, quais os equipamentos que apresentam maior número de reincidência de anormalidades térmicas. Assim, é possível realizar estudos e análises mais específicos visando ações e encaminhamentos para cada caso.

A Figura 5 apresenta um exemplo de levantamento de dados que pode ser realizado através de informações disponibilizadas pelo sistema: Identificação das instalações com maior número de anormalidades térmicas.

Laudos de Intervenção

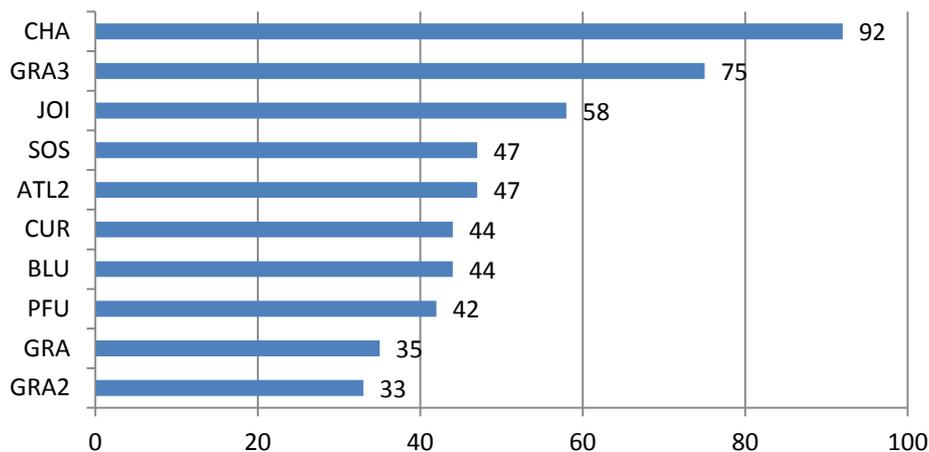


FIGURA 5 – Subestações com maior número de Laudos para intervenção.

A Tabela 3 apresenta outro exemplo de levantamento que também pode ser realizado: Lista de posições operacionais com maiores números de reincidências de anormalidades térmicas na empresa, contabilizados a partir da data em que o sistema foi colocado em produção (2009 – 2016).

TABELA 3 – Posições com maior reincidência de anormalidade térmica

Subestação	Posição	Nº Anormalidades
Gravataí 2	BC4	7
Gravataí 2	BC5	7
Gravataí 3	CS383	7
Charqueadas	DJ412	7
Atlântida 2	CS351	6
Atlântida 2	CS383	5
Gravataí 3	CS381	5

4.3 Diminuição das intervenções e desligamentos para sanar anormalidades térmicas em subestações

Como resultado da otimização do processo de termovisionamento apenas uma porção pequena das anormalidades térmicas registradas no sistema recebem laudo recomendando intervenção que demande desligamento. Ver Tabela 4.

TABELA 4 – Quantidade de registros por Recomendação

Recomendação (Tipo Laudo)	Quantidade	Percentual
Intervenção (A, B, C, D)	959	5,9%
Acompanhamento (G, H, I M)	622	3,8%
Substituição do Eqto (L)	83	0,5%
Normal (J)	14505	89,7%
Nº Total de Registros (2009 a 2016)	16169	xxxxxxxxxx

A Figura 6 ilustra as parcelas correspondentes a cada tipo de laudo com relação ao total de registros no sistema de termovisão.

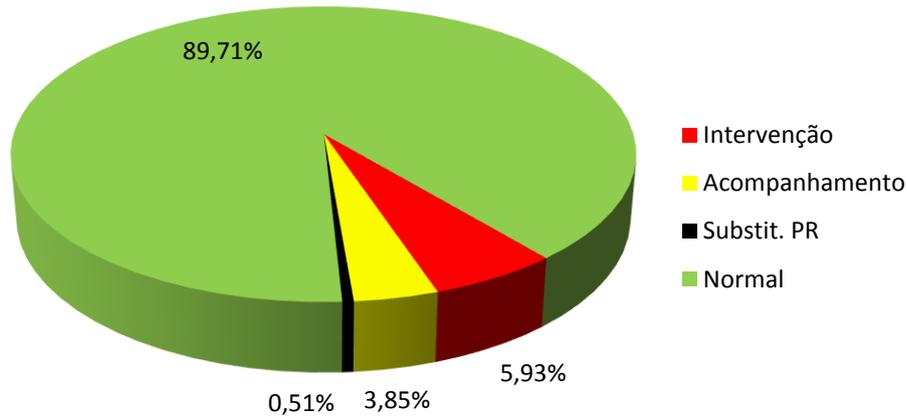


FIGURA 6 – Parcelas por tipo de laudo

Através da base de dados do sistema de Gerenciamento do Processo de Intervenções (GPI) da Eletrosul é possível identificar as intervenções com desligamentos realizados na empresa tendo como escopo o saneamento de anormalidades térmicas (pontos quentes).

A Figura 7 apresenta este número de intervenções (reparo de anormalidades térmicas) no período de 2003 a 2016 bem como apresenta a evolução do número de equipamentos de pátio em operação nas Subestações da Eletrosul. É possível observar que o aumento do número de equipamentos neste período foi de 105% ou seja, duplicou a quantidade de equipamentos de pátio na Eletrosul. No entanto, este acréscimo não refletiu da mesma forma no número de intervenções anuais para sanar anormalidades térmicas. A média de intervenções anuais até 2009 foi de aproximadamente 86 intervenções por ano e no período de 2010 até 2016 foi de 116 intervenções por ano, resultando num acréscimo aproximadamente 23%. A figura 6 apresenta estes dados bem como linha de tendência calculada.

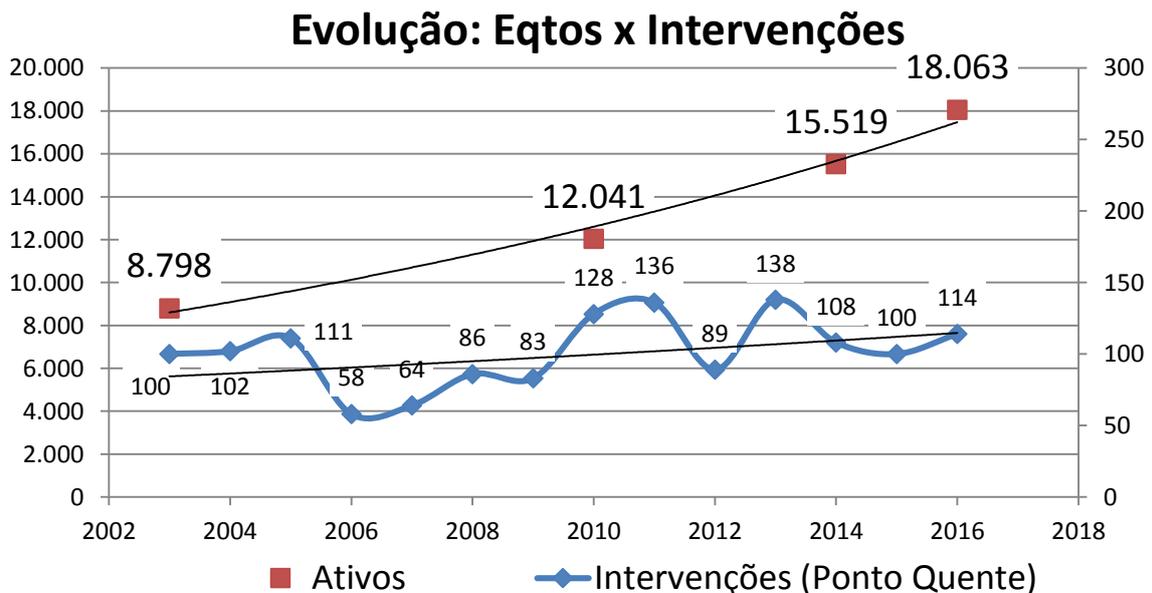


FIGURA 7 – Gráfico da evolução: Quantidade de Equipamentos e Intervenções (ponto quente).

Considerando estas duas variáveis (intervenções e ativos) a Figura 8 apresenta as taxas de desligamento (visando o saneamento de ponto quente) calculadas por equipamento*1000 bem como a sua linha de tendência calculada. É possível verificar que a taxa de desligamentos por equipamento vêm reduzindo significativamente ao longo dos anos.

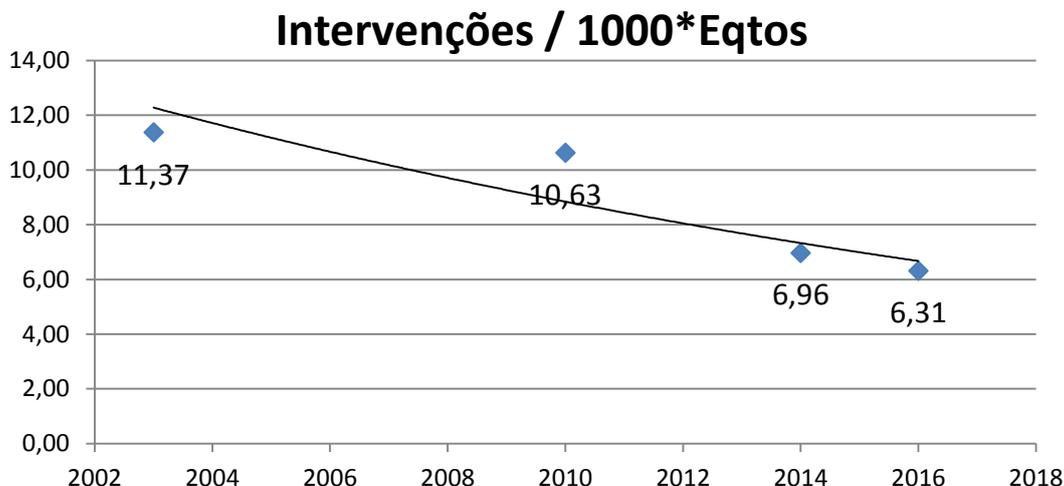


FIGURA 8 – Gráfico da relação “desligamento / Eqto*1000”

Parte significativa desta redução da taxa é creditada para o ganho de qualidade e otimização do processo de termografia na Eletrosul nestes últimos anos. A entrada em produção do sistema foi em 2009 e a revisão das tabelas de referência e critérios de avaliação foi em 2010.

5.0 - CONCLUSÃO

O Sistema informatizado para gestão da Termovisão proporcionou ganhos significativos para este processo na Eletrosul, possibilitando a participação efetiva da Engenharia de Manutenção no fluxo de trabalho da Termovisão e permitindo, através de seu banco de Dados e Imagens, a otimização dos critérios e metodologias de análise das imagens termográficas e a realização de Levantamentos e estudos sobre anormalidades térmicas.

No entanto, o ganho de maior valia foi a diminuição da taxa de desligamentos para sanar ponto quente por equipamento em operação na Eletrosul, reduzindo significativamente os gastos com despesas operacionais e custos por indisponibilidade do sistema decorrentes dos desligamentos evitados..

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Instrução do Manual de Manutenção da Eletrosul nº MC-C01-XX-046 – Inspeção Termográfica de Equipamentos e de Conexões Elétricas em Subestações Energizadas, Eletrosul;
- (2) Relatório Técnico nº RTM 0031/2016 – Diagnóstico MANPR 2015. Julho/2016, R. R. Filho.
- (3) Relatório Final do I Seminário de Termografia da Eletrosul. Março/2007, Eletrosul;

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Thiago Bettin Sanchez

Nascido em Pelotas/RS, em 01 de janeiro de 1980.

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Católica de Pelotas (UCPEL) – Pelotas/RS, 2001.

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL) – Palhoça/SC, 2010. Atuando na área de Manutenção do Sistema de transmissão na ELETROSUL desde 2002. Atualmente exerce a função de chefe de setor no Setor de Engenharia de Manutenção de Equipamentos de Manobra e Serviços Essenciais (SEMAE). Representa a Eletrosul no Grupo Técnico de Equipamentos de subestações (GTES) da Força Tarefa de Manutenção da ABRATE.



Renato Ricetti Filho

Nascido em Curitiba/PR, em 26 de julho de 1965.

Técnico em Eletrotécnica pelo Centro Federal de Educ. Tecnológica do Paraná (CEFET-PR) – Curitiba/PR, 1988.

Graduado em Tecnologia em Sistemas de Energia pelo Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) – Florianópolis/SC, 2011.

Atuando na área de Manutenção do Sistema de transmissão na ELETROSUL desde 1998. Atualmente exerce a função de Técnico de Engenharia de Manutenção no Setor de Engenharia de Manutenção de Equipamentos de Manobra e Serviços Essenciais (SEMAE).