



V SBQEE
Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia Elétrica
17 a 20 de Agosto de 2003
Aracaju – Sergipe – Brasil



Código: AJU 04 125
Tópico: Análise, Diagnósticos e Soluções

FERRAMENTAS PARA PRIORIZAÇÃO DE AÇÕES DE MANUTENÇÃO E ADEQUAÇÃO DE REDES E ESTAÇÕES

Gerson Islai Pimentel
AES Eletropaulo

Carlos José Mendes
AES Eletropaulo

Gerson Minichiello
AES Eletropaulo

RESUMO

O presente trabalho tem como principal objetivo demonstrar a filosofia, os critérios de priorização e o planejamento, para estabelecimento do Plano de Manutenção do Sistema Elétrico na área de atuação da AES Eletropaulo Unidade de Negócios Portal Leste.

Serão demonstrados também instrumentos utilizados para monitorar a performance dos índices de qualidade dos conjuntos elétricos.

PALAVRAS-CHAVE

Plano de Manutenção – Critérios – Sistema de Distribuição – Estações Transformadoras – Linhas de Transmissão

1.0 - INTRODUÇÃO

Os processos e sistemas produtivos têm passado, nas últimas décadas, por sucessivas e radicais transformações, sempre focadas no aumento de eficiência, decorrentes do acirramento do ambiente competitivo.

No caso dos processos de manutenção, a busca de eficiência tornou-se ainda mais agressiva, considerando-se tratar de ações que, por natureza, não se destinam a agregar maior valor aos produtos e serviços oferecidos aos clientes, mas sim a manter as melhores condições operativas e a evitar perdas.

No segmento de distribuição de energia elétrica essa realidade não vem sendo diferente, uma vez

que a combinação de tarifas controladas e de exigências de qualidade e continuidade de serviços mais severas a cada ano, direciona os esforços de manutenção para a busca de ações na medida certa e nos pontos mais adequados, como forma de obter os melhores resultados a custos compatíveis.

Adicionado a estes fatos, as alterações introduzidas na sistemática de avaliação de performance técnica das empresas do setor, que passou a considerar a estratificação da área de concessão das empresas em Conjuntos Elétricos, condenam ao desuso velhas práticas utilizadas para definir Planos de Manutenção.

Diante desse cenário, surgiu a necessidade de encontrar respostas para as seguintes questões, vinculadas à maior efetividade da manutenção do sistema elétrico:

- Quais os pontos cruciais a atacar, de modo a contemplar todos os conjuntos elétricos de forma harmônica e compatível com seus padrões exigidos de performance?

- Qual a melhor seqüência de atuação sobre esses pontos?

- Quais as ações de manutenção de maior impacto?

Encontrar tais respostas exigiu o desenvolvimento de alguns mecanismos matemáticos e a adoção de critérios para ações prioritárias que são apresentadas neste trabalho.

2.0 – CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO PARA ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO

O desenvolvimento de algoritmos ou ferramentas matemáticas para uma tomada de decisão racional das prioridades é observada em inúmeros segmentos de gestão empresarial, tornando-se mais necessários e procurados na medida da existência de um grande número de necessidades que concorrem pelos mesmos recursos, ou onde mais de dois atributos afetam o resultado final desejado.

Nesse contexto foram utilizados conhecidos mecanismos como o GUT, em gestão da qualidade e o FIRE em análise de valor.

Para aplicação no sistema elétrico foram desenvolvidas ferramentas de priorização baseadas na mesma lógica dos mecanismos já consagrados, sendo agregadas considerações adicionais necessárias às peculiaridades das definições de regulação do setor.

Embora façam parte de um mesmo sistema, os segmentos de distribuição, subestações e linhas de transmissão apresentam características diferenciadas que recomendam o estabelecimento de critérios específicos para elaboração de planos para cada um deles.

2.1 Sistema de distribuição

Dado o impacto sobre o número de consumidores afetados por uma falha, a manutenção do sistema de distribuição concentra seu foco nos circuitos primários, tanto em troncos como em ramais.

Para a elaboração da seqüência de circuitos tronco a serem submetidos a ações de manutenção, 3 fatores foram considerados:

- A performance anterior de cada circuito;
- O impacto do circuito em cada conjunto elétrico a que pertence;
- A tolerância dos limites de padrões para o conjunto elétrico.

A forma encontrada para considerar a ponderação simultânea desses fatores foi a de pontuar cada circuito de acordo com a seguinte formulação:

$$Pp_{CIRC} = \frac{PERFORMANCE \times IMPACTO}{TOLERÂNCIA} \quad (1)$$

onde,

Performance é o produto entre a parcela não programada da distribuição do FEC e relação entre o número de clientes do circuito no conjunto e o número de clientes do circuito.

Impacto é a relação do número de clientes do circuito no conjunto e o número de clientes do conjunto.

Tolerância é o limite do FEC para o conjunto.

Já para os ramais, que em geral apresentam menor número de consumidores, o impacto sobre a performance se dá em função da atuação reincidente dos fusíveis de proteção.

Paralelamente aos levantamentos e intervenções de manutenção na rede, compõe o Plano de Manutenção a realização de inspeções termográficas anuais da rede, com os objetivos de identificar possíveis falhas que levem ao desligamento e, principalmente, detectar pontos frágeis que possam ocasionar a ruptura de condutores.

A priorização dos circuitos a serem foco de inspeções termográficas resulta da ponderação de aspectos como carga, idade do circuito, existência de pontos de concentração de pessoas (áreas de comércio de rua) e performance do circuito.

2.2 Sistema de subtransmissão

2.2.1 Estações transformadoras

Para o caso das estações deve-se levar em consideração algumas outras variáveis além das que foram utilizadas para priorização de circuitos de distribuição, uma vez que a falha em qualquer equipamento, em geral, provoca reflexos muito significativos sobre a performance do sistema elétrico.

É fato, todavia, que desempenho inadequado de alguns equipamentos resulta em impactos de maior envergadura, o que indica a conveniência de tratamento diferenciado para esses casos.

Assim, a priorização das estações transformadoras passa a considerar a seguinte formulação:

$$Pp_{EST} = P + IMPACT + IMPORT + F \quad (2)$$

onde,

- A performance (P) é a somatória do produto da estimativa da parcela do suprimento interno do FEC, com a participação da estação em cada conjunto elétrico. Para este item foi atribuído um peso de 40%.

- O impacto (IMPACT) é a relação entre o carregamento e a capacidade firme da estação. Para este item foi atribuído um peso de 30%.

- Importância (IMPORT) é um fator atribuído a uma classificação dos consumidores prioritários, cujas instalações são atendidas por estas

estações. Para este item foi atribuído um peso de 20%.

- Flexibilidade Operativa (F) é a relação entre o padrão operativo e a contingência da estação. Para este item foi atribuído um peso de 10%.

Feita a priorização das estações, o plano de manutenção passa a ser composto pelos seguintes enfoques:

Manutenções Preventivas - envolvem todos os equipamentos e atualmente são determinadas pela periodicidade ou número de operações, levando-se ainda em consideração a idade, tipo e função destes.

Pontos Vitais – envolvem ações preventivas e acompanhamentos regulares do estado de equipamentos de alto impacto sobre a performance do sistema. Englobam inspeções visuais e termográficas, testes funcionais e ensaios de características em transformadores, sistemas de transferência automática, sistemas de corrente contínua, mecanismos de chaves seccionadoras.

Correções Emergenciais – São ações corretivas em pontos identificados durante inspeções de acompanhamento, cuja deterioração progressiva pode levar a falhas de maior impacto, abrangem eliminação de vazamentos de óleo, reparos de bombas ou substituição de ventiladores, substituição de elementos de bancos de baterias, entre outras.

Correções de Menor Monta – inspeções periódicas das instalações, identificando e corrigindo pontos sem impacto sobre a performance dos equipamentos, incluem substituição de lâmpadas de sinalização, resistências de aquecimento, testes de alarmes, limpeza em geral, etc.

2.2.2 Linhas de transmissão

Em virtude do alto impacto do desligamento de uma linha de transmissão sobre a performance do sistema elétrico como um todo, mesmo considerando que todas as estações são alimentadas por linhas redundantes (linhas 1 e 2), o critério de manutenção desse segmento necessita ter caráter predominantemente preventivo, baseado em inspeções regulares de diferentes graus de detalhamento da observação. Em outras palavras, considera-se, para o caso de linhas de transmissão, que todas representam pontos críticos.

A periodicidade dessas inspeções é definida, basicamente, em função do nível de interferências do meio externo sobre as linhas, principalmente quanto a poluição, contato de árvores, vandalismo, objetos estranhos, corrosão, etc.

No caso da Unidade Portal Leste, onde as linhas atravessam muitas áreas urbanizadas, implicando

em maior frequência de interferências do meio ambiente, estabeleceu-se a seguinte periodicidade para cada tipo de inspeção:

- Inspeção terrestre mensal – verificação geral do estado das linhas e danos e interferências mais significativas, como objetos estranhos, cadeias de isoladores danificadas, árvores próximas e mesmo áreas de servidão invadidas ou necessitando limpeza ou roçada.

- Inspeção detalhada trimestral – verificação do estado das linhas estando o observador posicionado nas torres ou suportes, o que permite verificar danos em condutores, cabos pára-raios e ferragens, além dos mesmos focos de avaliação das inspeções terrestres.

- Inspeção aérea e termográfica semestral – identificação de pontos de sobreaquecimento em condutores, que devem ser corrigidos a fim de evitar rupturas.

Além dessas inspeções as linhas contam com equipamentos cujo critério de manutenção é definido por periodicidade, à semelhança de equipamentos de estações transformadoras. Trata-se de chaves de manobra e unidades pára raio, que devem ser objeto de intervenções a cada seis meses e a cada ano, respectivamente.

Assim, o critério de priorização das ações é dado por:

$$Pp_{LTA} = N^{\circ} \text{ Cons.} \times \text{Gravidade} \times \text{Tolerância} \quad (3)$$

onde,

Nº de consumidores - é um valor absoluto, que considera o total de clientes que serão afetados em caso de falha da linha.

Gravidade - o nível de gravidade é dado por uma pontuação de 1 a 5, sendo tanto maior quanto mais significativa a probabilidade de colapso no fornecimento decorrente do problema encontrado

Tolerância - é dada pelo menor limite de FEC dos conjuntos elétricos alimentados pela linha.

Uma vez definidos os critérios que permitam estabelecer uma linha hierárquica dos pontos a serem atacados no Plano de Manutenção, torna-se necessário estabelecer que ações devem prevalecer em cada intervenção, como forma de canalizar, de forma mais impactante possível, os recursos disponíveis.

Em primeira análise, as ações de manutenção devem ter dois focos centrais:

- Pontos que representem risco potencial para a população ou para as próprias pessoas que desenvolvem os trabalhos de manutenção.

- Causas potenciais de interrupção do fornecimento de energia.

3.0 - APLICAÇÃO

Em linhas gerais, o plano de manutenção para cada um dos segmentos envolve 5 etapas de desenvolvimento, sendo elas:

1ª. Etapa – Estabelecimento da hierarquia de circuitos, estações e linhas.

Definição das prioridades de pontos de ataque, através da aplicação dos critérios anteriormente apresentados.

2ª. Etapa – Planejamento Global

Identificação, estabelecimento e distribuição no tempo dos pontos de ataque e das ações de manutenção, através de inspeções visuais, levantamentos técnicos, termografias, etc.

3ª. Etapa – Execução

Planejamento da produção, considerando a seqüência de prioridades estabelecida no Planejamento Global e as melhores técnicas de execução para que esses trabalhos afetem minimamente a continuidade do fornecimento de energia aos clientes.

4ª. Etapa – Avaliação

Acompanhamento de performance dos indicadores técnicos dos circuitos e dos conjuntos, verificando a eficiência das ações de manutenção e de seu planejamento.

5ª. Etapa – Ações corretivas

Em casos onde o desempenho dos indicadores não corresponderem às expectativas, o plano deve ser reavaliado e novas ações definidas. O aprendizado decorrente das ações corretivas deve ser incorporado aos Planos de Manutenção futuros.

Circuito	Conjunto	Nº de clientes do circuito	Nº de Clientes do circuito no conjunto	Nº de Clientes do conjunto	FEC NPC	Meta do Conjunto
ADE-104	Tatuapé	4.544	4.544	48.347	5,9670	8,00
CRA-102	Vila Matilde	6.021	6.021	84.428	5,7144	6,00
CRA-103	Vila Matilde	7.076	7.076	84.428	7,4830	6,00
CRA-115	Aricanduva	6.507	5.643	70.888	5,8802	8,00
VEM-104	Vila Prudente	7.729	7.729	121.235	17,3144	5,00
VPR-102	Sapopemba	11.331	11.009	94.307	4,5285	7,00
VPR-109	Sapopemba	9.493	8.366	94.307	7,5578	7,00
VPR-115	Sapopemba	10.881	10.146	94.307	6,0452	7,00
VTA-102	Aricanduva	11.494	10.716	70.888	2,8862	8,00
VTA-105	Aricanduva	9.953	8.773	70.888	6,9425	8,00

Figura 1 – Dados dos circuitos elétricos

Nº	Circuitos	Performance	Impacto	Tolerância	Priorização
		FEC w/o % Nº de clientes do conjunto	Nº de Clientes do circuito no conjunto Nº de clientes do conjunto	1 Limite do FEC Total do conjunto	Performance x Impacto / Tolerância
1	VEM-104	17,31	0,06	0,20	0,2208
2	VTA-105	7,67	0,14	0,13	0,1218
3	VPR-109	8,58	0,09	0,14	0,1367
4	CRA-103	7,48	0,08	0,17	0,1045
5	VPR-115	6,38	0,11	0,14	0,0978
6	VPR-102	4,68	0,12	0,14	0,0777
7	ACE-104	5,97	0,10	0,13	0,0731
8	CRA-102	5,71	0,07	0,17	0,0678
9	CRA-115	6,79	0,08	0,13	0,0676
10	VTA-102	3,10	0,15	0,13	0,0585

Figura 2 – Priorização dos circuitos primários

4.0 – RESULTADOS OBTIDOS

De forma geral, têm-se verificado na AES Eletropaulo que a implantação da sistemática de acompanhamento de desempenho por conjuntos elétricos, embora necessite de ajustes e reavaliações, é positivamente compatível com seus principais objetivos, para isto, é necessário que as concessionárias de energia elétrica, conheçam em detalhes as causas que afetam a qualidade do fornecimento de energia de suprimento, bem como as possíveis soluções para mitigá-los e/ou tornar o sistema menos sensíveis às interrupções.

O desenvolvimento de uma curva característica de referência baseada em históricos permite verificar o comportamento de tendência de cada conjunto elétrico e através da evolução mensal acompanhar a performance dos indicadores técnicos.

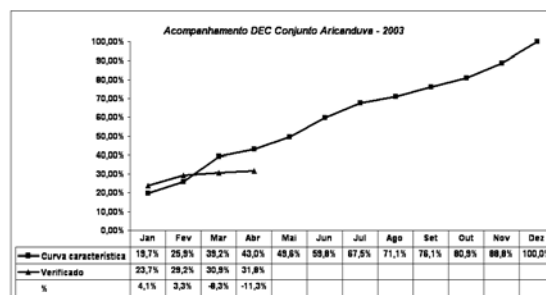


Figura 3 – Curva Característica do DEC

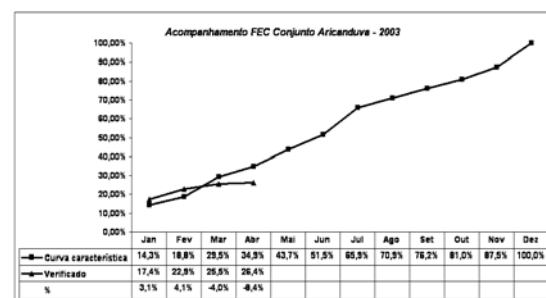


Figura 4 – Curva Característica do FEC

Uma outra maneira encontrada para realizar-se o acompanhamento dos indicadores tem sido através de uma projeção anual de penalidades que é feita com base nos dados apurados até a data e para os meses subseqüentes são utilizados os mesmos valores apurados no ano anterior.

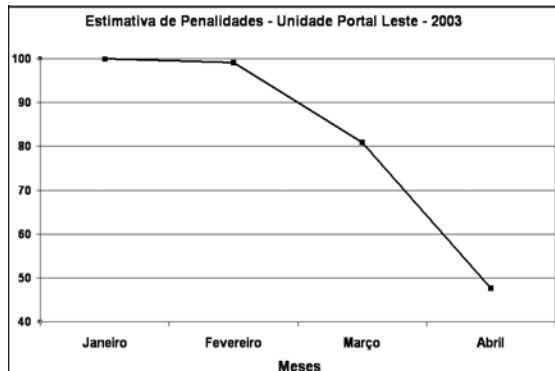


Figura 5 – Curva de Estimativa de Penalidade

Comparando a curva dos valores apurados em 2003 com as respectivas curvas características de referência de cada conjunto, foram definidos como casos críticos aqueles em que a curva do apurado do DEC ou do FEC superem em 10%, ou mais, a curva de referência. Nos casos em que o apurado supera a curva de referência mas não chega a 10%, são classificados como conjuntos em alerta.

5.0 – CONCLUSÕES

A busca permanente da melhoria na qualidade dos serviços prestados aos clientes vêm sendo elementos motivadores para uma série de modificações tanto dos instrumentos legais e regulatórios, como para a própria organização da empresa no direcionamento e focalização de suas estratégias.

Tem sido de grande preocupação um adequado acompanhamento do desempenho dos índices de qualidade com relação à continuidade do fornecimento de energia elétrica e principalmente quanto à satisfação dos clientes. Sendo assim, os resultados obtidos com a aplicação dos critérios de priorização desenvolvidos, mesmo que ainda preliminares, permitiram um direcionamento mais adequado dos recursos e têm atendido às expectativas de não transgredir os valores limites estipulados pelo órgão regulador, conseqüentemente isto implicará em uma redução das penalidades proporcionando assim condições para um maior investimento no sistema e a melhoria continua do mesmo.

Entende-se ainda, que a priorização dos critérios são os primeiros passos na implantação de um plano de manutenção, baseado na confiabilidade. Têm sido realizados esforços no sentido de

ampliarmos esta prática, visto que a manutenção determinada por periodicidade se mostra falha quando são direcionados recursos para intervenção em equipamentos sem a devida necessidade, ou ainda, quando esta intervenção venha a provocar uma falha indevida prejudicando assim a performance dos indicadores.

Outro aspecto positivo da aplicação desta filosofia tem sido a integração entre áreas que antes trabalhavam isoladamente e muitas vezes não direcionavam seus esforços para a busca de um mesmo objetivo. Percebe-se que a preocupação ao cumprimento dos índices está presente dentro de cada segmento da organização.

Por se tratar de um trabalho de recente aplicação, percebe-se que há possibilidade de contemplar outras variáveis na aferição dos algoritmos utilizados. Estas medidas estão atualmente sendo estudadas por alguns grupos, a fim de melhorar o modelo desenvolvido.

As análises realizadas indicam a necessidade cada vez maior do desenvolvimento de métodos e alternativas com as quais a empresa terá de conviver, visando garantir resultados cada vez melhores, que atendam as expectativas dos investidores, funcionários, fornecedores, clientes e órgãos governamentais.

6.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANEEL-ELETROPAULO METROPOLITANA, Contrato de Concessão n°. 162/98, 15/06/1998.
- [2] ANEEL Resolução n°. 024/2000, Estabelece as disposições relativas à continuidade de distribuição de energia elétrica às unidades consumidoras, 27/01/2000.
- [3] ANEEL, Resolução n°. 075/2003, Altera dispositivos da Resolução 024/2000, 13/02/2003.
- [4] DNAEE, Portaria n°. 046/1978, Estabelece as disposições relativas à continuidade de serviço a serem observadas pelos concessionários de serviço público de eletricidade no fornecimento de energia elétrica a seus consumidores, 17/04/1978.
- [5] HEGEDUS, Clovis, Ferramentas de Apoio ao Gerenciamento da Qualidade, 1999.
- [6] BRONZEADO, Herivelto, Qualidade de Energia Elétrica, 2000.
- [7] CARONE, Francisco, Projeto de Métodos e Medida de Trabalho, 2000.
- [8] CSILLAG, J. M., Análise do Valor, Ed. Atlas, 1995.
- [9] FUNDAÇÃO CRISTIANO OTTONI, Série Ferramentas da Qualidade, 1996.