



**XXI SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
23 a 26 de Outubro de 2011
Florianópolis - SC

GRUPO -III

GRUPO DE ESTUDOS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO- GLT

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM NOVO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA
PARA ISOLADORES POLIMÉRICOS NA ELETRONORTE, VISANDO MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS
ECONÔMICOS DA PARCELA VARIÁVEL.**

**Ricardo da Cunha Bezerra(*)
ELETRONORTE**

**José Maria T. Teixeira Junior
ELETRONORTE**

**Reinaldo Corrêa Leite
ELETRONORTE**

RESUMO

Este trabalho descreve o estudo de viabilidade econômica de um novo programa de manutenção preditiva para isoladores poliméricos a ser implantado na Eletrobrás Eletronorte a fim de mitigar os impactos econômicos ocasionados pela parcela variável. Para isso, comparou-se 3 alternativas e por meio de critérios quantitativos e qualitativos escolheu-se aquela que melhor remuneraria o capital investido.

Para este estudo foi utilizado o método do custo anual e as seguintes alternativas foram comparadas: manter o programa de manutenção atual, efetuar a troca de isoladores ao final de sua vida útil ou implantar o programa de manutenção preditiva proposto.

PALAVRAS-CHAVE

Isoladores Poliméricos, Viabilidade Econômica, Manutenção Preditiva.

1.0 - INTRODUÇÃO

Em consequência da competição no mercado global, das restrições de desligamentos originadas pela legislação vigente no país, e considerando ainda a expansão da produção industrial brasileira e o aumento de casos de condições climáticas adversas, torna-se cada vez mais necessário a melhoria da confiabilidade dos sistemas de transmissão de energia elétrica, e a redução dos custos associados à operação destes.

A utilização de isoladores poliméricos está crescendo continuamente nos últimos anos em virtude das vantagens destes em relação aos tradicionais isoladores cerâmicos, tais como:

- Menor peso (facilidade de manuseio e transporte);
- Melhor desempenho em áreas de vandalismo;
- Melhor desempenho em áreas sob poluição industrial e marinha;
- Baixo custo de manutenção.

Devido ao fato de terem ocorridos 3 desligamentos não programados de linhas de transmissão, no período de 2006 a 2010, envolvendo isoladores poliméricos na Eletrobrás Eletronorte, tendo o último gerado uma multa de **R\$ 1.182.842,00**, verifica-se a necessidade de se buscar uma melhoria no programa de manutenção preditiva atual buscando mitigar os impactos econômicos ocasionados pela parcela variável.

O novo programa de manutenção preditiva para isoladores poliméricos na Eletrobras Eletronorte consiste das seguintes ações: inspeção de patrulhamento, Inspeção detalhada com instrumento (câmera de detecção de corona, termovisor e detector de ultrassom), Inspeção aérea, Avaliação de desempenho por meio de ensaios

(*) Centro de Tecnologia da Eletronorte, Rodovia Artur Bernardes s/n° – CEP 66115-000 Belém, PA – Brasil,
Tel: (+55 91) 32571966-ramal: 8243 – Fax: (+55 91) 3257-4376 – E-mail: ricardo.bezerra@eletronorte.gov.br

laboratoriais de isoladores retirados de campo e implantação do Sistema de monitoramento on-line de corrente de perdas em linhas de transmissão (MOLLTS).

A partir das medições da corrente de perdas, do efeito corona e do gradiente de temperatura, é possível se efetuar uma avaliação mais completa do estado das cadeias de isoladores do sistema de transmissão, pois esses resultados levam em consideração o efeito combinado da poluição, do estresse elétrico e das condições ambientais de umidificação [1].

Através da avaliação do desempenho elétrico, mecânico e do material em uso pela realização de ensaios laboratoriais, pretende-se estabelecer uma estimativa da expectativa de vida de uma população de isoladores, bem como ter parâmetros para tomada de decisão sobre a substituição de unidades e a frequência de inspeção/avaliação dos isoladores.

O sistema MOLLTS consiste da instalação de medidores de energia, devidamente sincronizados via GPS, no início e ao final de uma linha de transmissão, sendo possível medir a corrente de perdas total ao longo da mesma [2]. Esse sistema foi desenvolvido em um projeto P&D com a Universidade Federal do Pará, e encontra-se instalado desde 2002 na linha Guamá – Utinga no estado do Pará. A utilização desta metodologia aplicada por meio do sistema MOLLTS é particularmente interessante em região com salinidade no ar, pois a deposição de poluição salitre nos isoladores proporciona uma corrente de fuga caracterizada por um elevado teor harmônico.

2.0 - ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Um estudo de viabilidade econômica busca fornecer subsídios para que o gestor possa escolher dentre um leque de alternativas aquela que melhor remunera o capital investido. É preciso que as vantagens e desvantagens sejam identificadas e qualificadas. Observe-se que só interessam as diferenças entre as alternativas, sendo evidente que qualquer fator constante que ocorra independente da alternativa escolhida, deverá ser eliminado [3]. Em vista disso, os custos com materiais de consumo, ferramentas e equipamentos constantes ou com diferenças não significativas, não serão considerados na análise econômica em todas as alternativas.

Com base no exposto, fez-se a comparação entre alternativas utilizando critérios econômicos, sendo utilizado neste trabalho, o método do custo anual. As alternativas a serem comparadas foram as seguintes:

- Alternativa 1 - Manter o programa de manutenção atual;
- Alternativa 2 - Efetuar troca de isoladores ao final de sua vida útil estimada;
- Alternativa 3 - Implantar programa de manutenção preditiva proposto.

A comparação pelo método do custo anual é feita reduzindo-se o fluxo de caixa de cada proposta a uma série equivalente, com o uso da taxa mínima de atratividade. Os valores obtidos são então confrontados, permitindo uma decisão entre as alternativas.

Realizou-se um levantamento de custos para cada uma das alternativas. Estes custos foram levantados a partir de informações contidas em documentos oficiais, cotações de instituições de pesquisa e fornecedores, além de estimativas baseadas na experiência relatada em literatura técnica.

Para efeito de estudo de viabilidade considerou-se, como projeto piloto, o Estado do Maranhão pela presença de alta agressividade salina e por apresentar o maior número de desligamento envolvendo estes equipamentos na empresa (3 nos últimos 5 anos).

2.1 – Premissas para o estudo

- 1) Horizonte de estudo de 5 anos;
- 2) 100.000 m de linhas de transmissão;
- 3) 800 isoladores poliméricos instalados (A Regional do Maranhão tem 772 unidades instaladas);
- 4) Três desligamentos ao longo do horizonte de estudo (ano 1, ano 3 e ano 5);
- 5) O custo de cada multa será R\$ 1.100.000,00 (referência multa jan/2009);
- 6) Taxa de atratividade de 15% a.a.;
- 7) Depreciação dos instrumentos/equipamentos ao longo de 5 anos com valor residual zero após o período;
- 8) 4 isoladores poliméricos por torre;
- 9) Distância entre torres igual a 400 metros.

Calculo do tamanho da linha a inspecionar

$$T = (N/n) \times D = (800/4) \times 400 = 80.000 \text{ m}$$

Sendo:

N – numero de isoladores instalados = 800 unidades

D – Distância média entre torres = 400 m
 n - nº médio de isoladores por torre = 4 unidades
 T – tamanho da linha a ser inspecionada

Para facilitar os cálculos e considerando os tempos de deslocamento, adotou-se 100.000 m de linhas de transmissão. O custo médio do homem-hora de um eletricitista de linhas da Eletrobrás Eletronorte, considerando o salário bruto mais os encargos e benefícios pagos está em torno de **R\$ 54,54**.

Na situação atual, se considerarmos os últimos 5 anos, tivemos 3 desligamentos não-programados envolvendo tais equipamentos [4] conforme Tabela 1. Como apenas o último desligamento gerou multa, esta será considerada como valor de referência para as demais. Portanto, para efeito de estudo com horizonte de 5 anos, considerou-se a ocorrência de 3 desligamentos, a saber, nos anos 1, 3 e 5.

TABELA 1 - Desligamentos não-programados na Eletronorte envolvendo isoladores poliméricos nos últimos 5 anos

Data da ocorrência	Causa da Ocorrência	Fatores Impactantes
Outubro de 2007	Projeto inadequado do anel anti-corona	- Disponibilidade de 14h32min - Carga interrompida consumidores especiais: 1191,5 MW
Novembro de 2007	Falta de aderência na interface núcleo/revestimento	- Disponibilidade de 08h27min - Blecaute na cidade de São Luis-MA - Carga interrompida consumidores especiais: 715 MW
Janeiro de 2009	Falta de aderência na interface ferragem/revestimento	- Disponibilidade de 08h06minh - Multa: R\$ 1.182.842,00 - Blecaute na cidade de São Luis - MA

3.0 – ESTUDO COMPARATIVO DAS ALTERNATIVAS PROPOSTAS - MÉTODO DO CUSTO ANUAL

3.1. ALTERNATIVA 1 - PROGRAMA DE MANUTENÇÃO ATUAL

O programa de manutenção atual baseia-se na realização de três tipos de inspeções, duas inspeções terrestres visuais (inspeção detalhada e inspeção de patrulhamento) e uma inspeção aérea visual. Os custos anuais destas inspeções para 100.000 m de linhas de transmissão estão detalhados abaixo.

3.1.1. Inspeção detalhada

Considerando que a inspeção detalhada tem periodicidade bienal, devendo obrigatoriamente subir na estrutura para sua execução, serão necessários uma equipe (E) formada por 5 colaboradores e 1,5 horas para cada quilômetro [5], e ainda, levando-se em consideração o custo com materiais de consumo, diárias, deslocamentos de equipes de inspeção, entre outros, adicionou-se 10% ao valor final. Então, o custo anual (C) da inspeção detalhada para uma linha (T) de 100 km é igual a:

$$C = 1,1 \times (5 \times 1,5 \times 100 \times 54,54) / 2 = \text{R\$ } 22.497,75 / \text{ano}$$

3.1.2. Inspeção de patrulhamento

Considerando que a inspeção de patrulhamento tem periodicidade anual, sendo necessária uma equipe formada por 3 colaboradores e um tempo de 42 minutos por quilômetro [6] tem-se um custo anual, levando-se em consideração o custo com materiais de consumo entre outros, igual a:

$$C = 1,1 \times 3 \times 0,7 \times 100 \times 54,54 = \text{R\$ } 12.598,74 / \text{ano}$$

3.1.3. Inspeção aérea

Considerando que a inspeção aérea tem periodicidade anual, sendo necessária uma equipe formada por 2 colaboradores e 0,0167 horas por quilômetro [7] (velocidade média do helicóptero de 60 Km/h) obtêm-se um custo relativo a cada inspeção, levando-se em consideração o custo com materiais de consumo, aluguel do helicóptero durante 2 horas entre outros, igual a **R\$ 7.600,38**.

3.1.4. Multas

Para se obter o custo anual das multas, calculou-se o valor atual da multa considerando uma taxa de atratividade de 15 % a.a. Para isso, deve-se calcular o Fator de Valor Atual (FVA) de cada multa.

$$FVA' = \frac{1}{(1+i)^n} \quad \text{e} \quad P = FVA' \times S$$

Sendo que S é o valor da multa para cada ano (1, 3 e 5) com valor igual a R\$ 1.100.000,00 e P é o custo do valor atual de cada multa, chamado de Custo multa atual. Então, temos:

TABELA 2 – cálculo do valor atual das multas

	Ano 1	Ano 3	Ano 5
FVA	0,869	0,657	0,497
Custo multa atual (P)	955.900,00	722.700,00	546.700,00

Para transformar cada multa em uma série uniforme de modo a estabelecer o custo anual individual de cada multa (R), é necessário calcular o Fator de Recuperação de Capital (FRC), considerando $i = 0,15$ (taxa de atratividade) e $n = 5$ (cinco anos). Então, obtemos:

$$FRC = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \Rightarrow FRC = 0,2983$$

Como $R = P \times FRC$, então:

$$R_{M1} = R\$ 955.900,00 \times 0,2983 = R\$ 285.144,97$$

$$R_{M2} = R\$ 722.700,00 \times 0,2983 = R\$ 215.581,41$$

$$R_{M3} = R\$ 546.700,00 \times 0,2983 = R\$ 163.080,61$$

Então, o somatório do custo anual individual das 3 multas referentes aos desligamentos será:

$$R_M = R\$ 285.144,97 + R\$ 215.581,41 + R\$ 163.080,61 = R\$ 663.806,99$$

Portanto, o custo anual da primeira alternativa é apresentado a seguir.

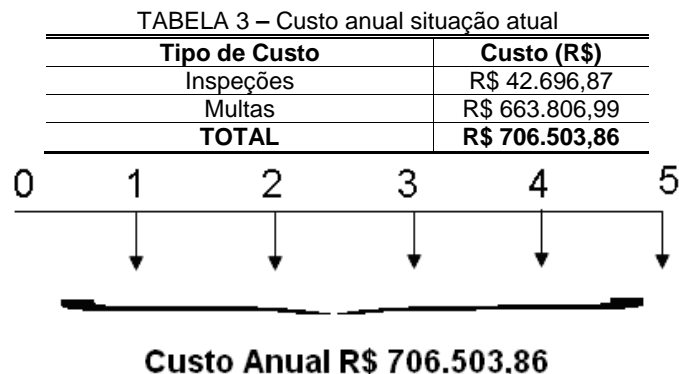


FIGURA 1 - Fluxo de caixa anualizado da alternativa 1

3.2. ALTERNATIVA 2 - TROCA SISTEMÁTICA DE ISOLADORES COM 10 ANOS DE INSTALAÇÃO

Para o cálculo do custo das trocas sistemáticas de isoladores poliméricos, considerou-se o valor de aquisição dos isoladores e o Hxh necessário para troca. Considerando uma média de 80 isoladores por ano e uma equipe de 8 pessoas sendo necessárias 2 horas para se efetuar cada troca [8] é possível atingir a quantidade de 800 unidades trocadas ao longo de 10 anos. Sendo CT o custo de troca e CA o custo de aquisição dos isoladores temos:

$$CT = 1,1 \times E \times A \times N \times H = 1,1 \times 8 \times 2 \times 80 \times 54,54 = R\$ 76.792,32$$

$$CA = N \times I = 80 \times 3.110,00 = R\$ 248.800,00$$

Então, O custo total da troca de isoladores é igual a:

$$\text{Troca de Isoladores: } R\$ 76.792,32 + R\$ 248.800,00 = R\$ 325.592,32$$

TABELA 4 – Custo anual referente à alternativa 2

Tipo de Custo	Custo (R\$)
Aquisições de 80 isoladores novos	R\$ 248.800,00
Custo para troca de 80 unidades	R\$ 76.792,32
Inspeções	R\$ 42.696,87
TOTAL	R\$ 368.289,19

O fluxo de caixa considerando as multas no ano 1 e 3 e os custos anuais com manutenções é mostrado na Figura 2.

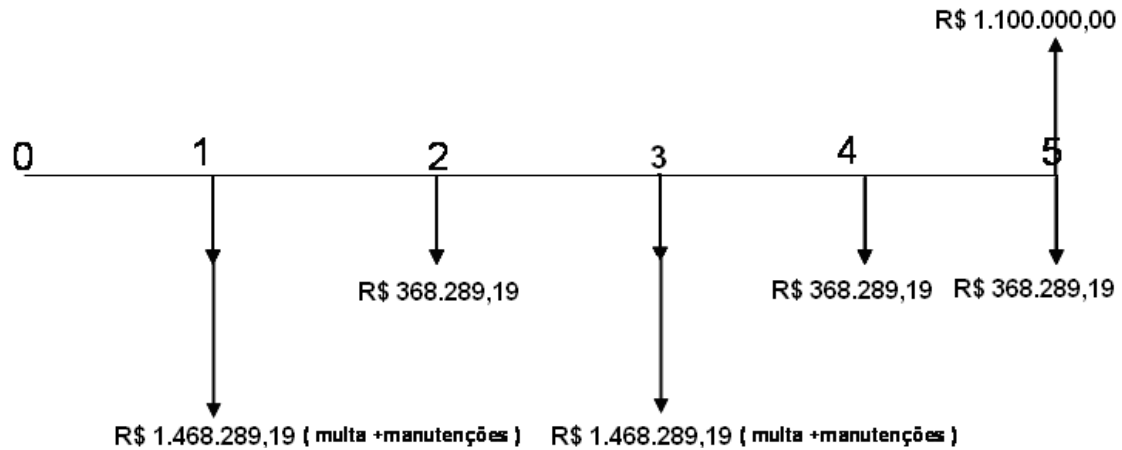


FIGURA 2 – Fluxo de caixa da alternativa 2

Considerando que a simples troca sistemática de isoladores poliméricos novos por aqueles já instalados não produz conhecimento adicional sobre o estado dos isoladores em uso, além de existir a possibilidade de se introduzir algum defeito nos isoladores a instalar, nas etapas de transporte, manuseio e/ou instalação, pois existem evidências significativas que a ação conjunta ou isolada em uma destas etapas é a causa de muitas falhas envolvendo tais equipamentos no mundo, admiti-se que ocorrerão dois desligamentos não-programados no horizonte de estudo (5 anos). Logo, o custo anual geral da situação proposta está mostrado na Tabela 5.

TABELA 5 – Custo anual geral situação proposta

Tipo de Custo	Custo (R\$)
Custo Multa ($R_{M1} + R_{M2}$)	R\$ 500.726,38
Custo Anual de Manutenção	R\$ 368.289,19
TOTAL GERAL	R\$ 869.015,57

O custo anual referente à multa do ano 5 presente na alternativa 1 será considerado como custo evitado, tendo valor igual a $R_{M3} = R\$ 163.080,61$. O fluxo de caixa anualizado da Alternativa 2 é mostrado na Figura 3.

Custo anual evitado com multa = R\$ 163.080,61

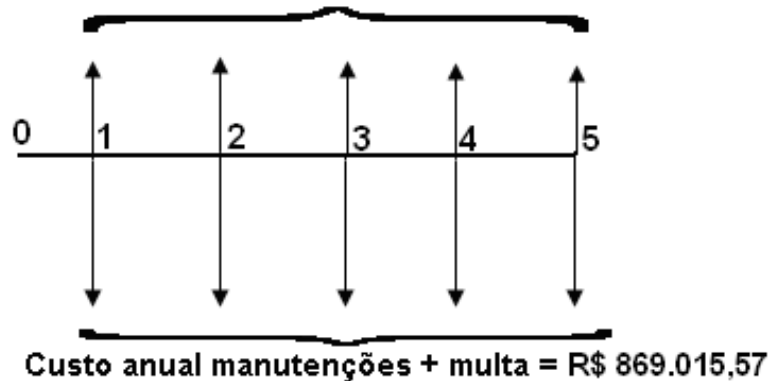


FIGURA 3 – Fluxo de caixa anualizado da alternativa 2

Portanto, a situação proposta terá um custo anual de $R\$ 869.015,57 - R\$ 163.080,61 = R\$ 705.934,96$.

3.3. ALTERNATIVA 3: IMPLANTAR O NOVO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA DE ISOLADORES POLIMÉRICOS

O programa de manutenção preditiva proposto baseia-se nas seguintes ações: inspeção de patrulhamento, inspeção detalhada com instrumento (câmera ultravioleta, termovisor e detector de ultrassom), avaliação de desempenho de isoladores retirados de operação por meio de ensaios laboratoriais periódicos e implantação do sistema de monitoramento on-line de corrente de perdas em linhas de transmissão (MOLLTS).

3.2.1. Inspeção detalhada com instrumento

A inspeção detalhada com instrumento é uma sugestão de forma a aproveitar a inspeção detalhada já existente, incluindo a presença de mais 1 colaborador que será o especialista na instrumentação. Como a periodicidade é bienal, obtemos um custo anual levando-se em consideração os custos com matérias de consumo, diários entre outros é igual a:

$$C = 1,1 \times R\$ 24.543,00 = R\$ 26.997,30 / \text{ano}$$

3.2.2. Avaliação de Desempenho de Isoladores Retirados do Campo

Realização do plano de ensaio da Tabela 6 [9,10], de famílias de isoladores com 6 anos de instalação sendo a amostra formada por unidades retiradas de campo e unidades reservas do mesmo lote.

A troca de 20 isoladores por ano (10 de cada família) levando-se em consideração o custo com materiais de consumo, diárias, deslocamentos de equipes é:

$$CT = 1,1 \times E \times A \times N \times H = 1,1 \times 8 \times 1,5 \times 20 \times 54,54 = R\$ 14.398,56$$

O custo de aquisição de 20 isoladores novos é igual a:

$$CA = N \times I = 20 \times 3.110,00 = R\$ 62.200,00$$

TABELA 6 – Plano de ensaio para avaliação de desempenho de 20 unidades

ENSAIO	Unidades	Valor
Medição da Tensão de Radiointerferência (até 3 amostras)	6	R\$ 9.740,00
Impulso Atmosférico a seco	6	R\$ 9.740,00
Impulso Atmosférico sob chuva	6	R\$ 9.740,00
Impulso de Manobra, sob chuva.	3	R\$ 4.870,00
Tensão Aplicada à Frequência Industrial, sob chuva.	6	R\$ 9.740,00
Montagem dos arranjos de ensaio	1	R\$ 7470,00
Poluição artificial sob nevoa limpa com medição de corrente de fuga	2	R\$ 20.760,00
Medição hidrofobicidade	4	R\$ 20.760,00
Medição rugosidade	2	R\$ 10.380,00
Ensaio de suportabilidade sob névoa salina	2	R\$ 51.880,00
Ruptura mecânica	2	R\$ 4.000,00
CUSTO TOTAL ANUAL		R\$ 159.080,00

Fonte: ELETROBRAS CEPEL (Centro de pesquisa de energia elétrica)

Como não é prática comum na Eletronorte utilizar a câmera de detecção de corona, a empresa necessita adquirir tal instrumento, adequado para inspeções em linhas de transmissão classe 230 KV e 500 KV. Conforme cotação, o custo do equipamento é de R\$ 357.000,00, considerando impostos e treinamento. Acrescentando ainda o custo de homem-hora para treinamento, temos R\$ 400.000,00. Para anualizar o custo da câmera de detecção de corona, considerou-se uma depreciação do instrumento ao longo de 5 anos a uma taxa de 15% a.a. dando um fator de recuperação de capital igual a:

$$FRC = 0,2983$$

Logo, o custo anual de aquisição do instrumento é:

$$R = P \times FRC$$

$$R = 400.000,00 \times 0,2983 \Rightarrow R = R\$ 119.326,22$$

O fluxo de caixa constando os custos com manutenções (inspeções e ensaios) e as multas consideradas no horizonte de estudo, está mostrado na Figura 4.

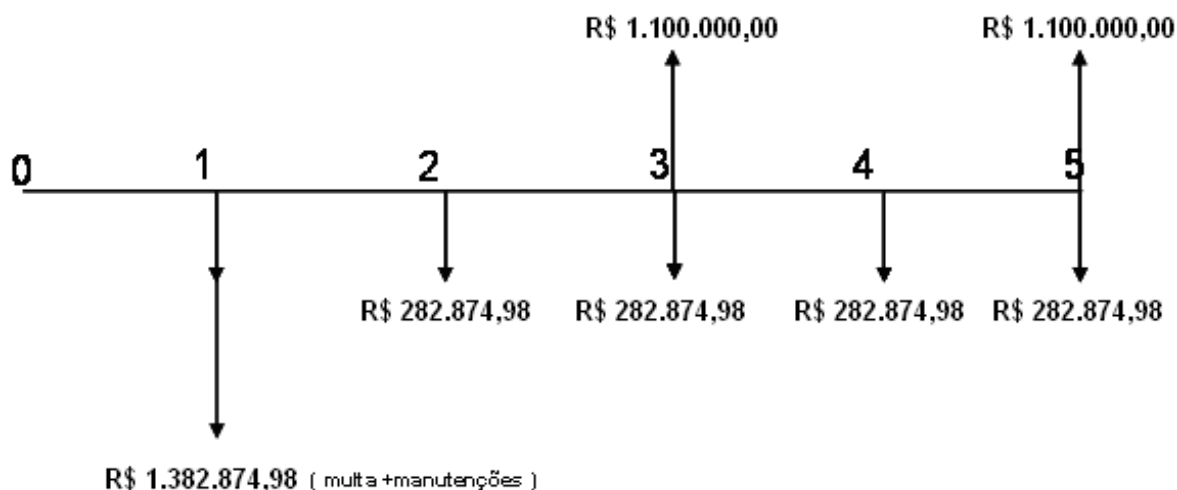


FIGURA 4 – Fluxo de caixa (multa + manutenções) das alternativas 3

Considerando-se o amplo período de implantação do programa de manutenção preditiva de isoladores poliméricos e não havendo técnica de inspeção para determinar a presença de defeitos específicos e internos ao isolador, admite-se somente um desligamento não-programado no primeiro ano ao longo de todo o período de estudo.

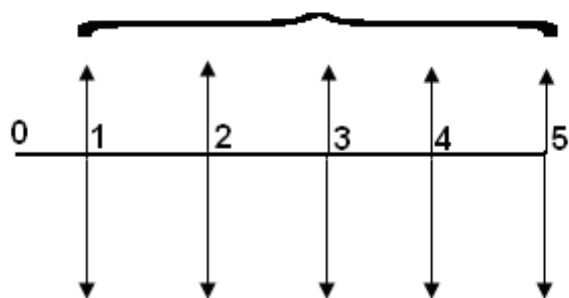
Portanto, o custo anual geral da situação proposta é:

TABELA 7 – Custo anual geral situação proposta

Tipo de Custo	Custo (R\$)
Custo Multa (R_{M1})	R\$ 285.144,97
Custo anual de aquisição do instrumento	R\$ 119.326,22
Custo anual do programa	R\$ 282.874,98
TOTAL GERAL	R\$ 687.346,17

O custo anual referente às multas dos anos 3 e 5 presentes na alternativa 1 será considerado como custo evitado, tendo valor igual a $R_{M2} + R_{M3} = R\$ 215.581,41 + R\$ 163.080,61 = R\$ 378.662,02$. O fluxo de caixa anualizado da alternativa 3 é mostrado na Figura 5.

Custo anual evitado com multas = R\$ 378.662,02



Custo anual manutenções + multa = R\$ 687.346,17

FIGURA 5 – Fluxo de caixa anualizado da alternativa 3

Portanto, a situação proposta terá um custo anual de $R\$ 687.346,17 - R\$ 378.662,02 = R\$ 308.684,15$.

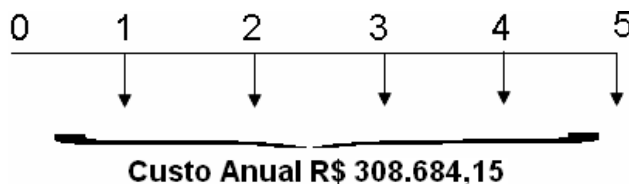


FIGURA 6 – Fluxo de caixa resultante da alternativa 3

4.0 - CONCLUSÃO

Pela análise econômica das alternativas, pode-se perceber que o custo total referente à implantação do programa de manutenção preditiva de isoladores poliméricos conforme apresentado na “alternativa 3”, reduzirá o custo anual se comparado às duas outras alternativas, em torno de 56%, ou seja, uma economia anual de cerca de R\$ 400.000,00, mesmo considerando a ocorrência de um desligamento não-programado no horizonte de estudo de cinco anos.

É importante ainda ressaltar, que além da redução dos custos, evidenciada pela análise econômica, a alternativa 3 ainda possibilitará a aquisição de novos conhecimentos às equipes de manutenção como demonstrado abaixo. Por outro lado, as alternativas 1 e 2 não trazem inovações tecnológicas e melhoria no processo de trabalho das equipes de manutenção de linhas de transmissão da Eletrobrás Eletronorte.

- ✓ Otimização da lavagem de isoladores poluídos;
- ✓ Localização e caracterização de defeitos provenientes de atividade elétrica no seu estado inicial (corrosão, emendas de cabos, trilhamento, erosão e poluição úmida);
- ✓ Desenvolvimento das equipes de manutenção, pelo aporte de conhecimento da metodologia de caracterização dos defeitos, em isoladores poliméricos, inclusive identificação de defeitos do tipo internos.
- ✓ Indicação da expectativa de vida de populações de isoladores ou unidades em operação;
- ✓ Tendência a aumentar o período entre inspeções/avaliações;
- ✓ Produção de banco de dados com informações técnicas para subsidiar tomada de decisão quanto à substituição de isolador em operação.

A alternativa 2 não garante a confiabilidade das Linhas de transmissão que utilizam tais equipamentos, pois foi constatado com evidências significativas, que a ação conjunta ou isolada de erros nas etapas de transporte, manuseio e/ou instalação podem ser a origem de muitas falhas envolvendo isoladores poliméricos no mundo.

Portanto, concluímos com este trabalho que cada vez mais as concessionárias de energia elétrica devem buscar soluções tecnológicas para atender as exigências dos órgãos reguladores e do mercado e, desta forma, garantir a disponibilidade de seus ativos, sendo a alternativa 3 a que melhor atende a estes novos desafios.

5.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) GÓIS, N., WESLEY, R. - Critério de avaliação de isoladores em serviço - GTB2.03/ISOLADORES - CIGRÉ - BRASIL, 2008.
- (2) GOMEZ, C. R., Localização de Falhas em Linhas de Transmissão Utilizando Decomposição Harmônica e Redes Neurais Artificiais, Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica – UFPA, Belém - Pará - Brasil, 2006.
- (3) HESS, G., MARQUES, J. L., PUCCINI, A., PAES, L. C. ENGENHARIA ECONÔMICA; Editora DIFEL, São Paulo – SP, 1986.
- (4) BEZERRA, R. C., TOSTES J. A., TEIXEIRA, J. M., LEITE, R.C., Estudo para Aumento da Confiabilidade de Isoladores Poliméricos nas Linhas de Transmissão da Eletronorte – III Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos - Belém – Pará – Brasil – 2010.
- (5) INSTRUÇÃO TÉCNICA DE MANUTENÇÃO LT0.09 - Inspeção Terrestre Detalhada – Eletronorte – Abril/1996.
- (6) INSTRUÇÃO TÉCNICA DE MANUTENÇÃO LT0.10 – Inspeção Terrestre de patrulhamento – Eletronorte – Abril/1996.
- (7) INSTRUÇÃO TÉCNICA DE MANUTENÇÃO LT0.08 – Inspeção Aérea em Linhas de Transmissão – Eletronorte – Fevereiro/1996.
- (8) INSTRUÇÃO TÉCNICA DE MANUTENÇÃO LT7.07 - Troca de isoladores em cadeias de suspensão do tipo I em LT's de 500 kv – Eletronorte- Nov/1998.
- (9) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – Técnicas de ensaios com alta tensão – NBR 6936 – Brasil.
- (10) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Isoladores - bastão compostos poliméricos para tensões acima de 1 000 V – NBR 15122

6.0 – DADOS BIOGRÁFICOS



Ricardo da Cunha Bezerra, Belém – PA, ano de nascimento: 1981.

Graduou-se em Matemática pela Universidade do Estado do Pará em 2002 e em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará em 2006, em Belém, Pará. Trabalha atualmente como engenheiro de manutenção no Laboratório de Alta Tensão do Centro de Tecnologia da Eletrobras - Eletronorte, em Belém-Pará onde é responsável por ensaios elétricos em cabos e isoladores de alta tensão e participa do grupo GT-B2.03 – isoladores do Cigré Brasil.



José Maria Tavares Teixeira Junior, Belém-PA, ano de nascimento: 1979.

Graduou-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará em 2004, em Belém, Pará. Trabalha atualmente como engenheiro de manutenção no Laboratório de Alta Tensão do Centro de Tecnologia da Eletrobras – Eletronorte, em Belém do Pará onde executa ensaios em equipamentos de alta tensão.



Reinaldo Correa Leite, Belém-PA, ano de nascimento: 1965

Graduou-se pela Universidade Federal do Pará em 1990, Belém, Pará, Brasil, Obteve título de mestre em Engenharia Elétrica pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará no ano de 2007. Em fase de doutoramento pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará. Trabalha atualmente como engenheiro de manutenção no Laboratório de Alta Tensão do Centro de Tecnologia da Eletrobras - Eletronorte, em Belém do Pará onde é responsável pelos ensaios de medição de descargas parciais e medição de radio interferência em equipamentos elétricos de alta tensão.