



Otimização da Programação de Manutenção dos Equipamentos de Transmissão do Setor Elétrico Brasileiro

GMI/ José Evangelista
Araujo Neto – Carlos
Alberto de Castro Junior





Introdução



Este trabalho propõe uma abordagem para enfrentar o problema da programação manutenção dos equipamentos de transmissão baseada:

- ❑ na relação confiabilidade/custo;
- ❑ em um modelo matemático para a confecção de um calendário viável;
- ❑ na metodologia de otimização para encontrar as melhores o melhor encadeamento para a execução de manutenções.



A complexidade do Problema

- ❑ Envolve características diversas (elétricas, sistêmicas, financeiras, sazonais, legais, de segurança, logísticas etc).
- ❑ No mínimo exponencial (2^{mn}).
- ❑ Tipo NP-Completo.
- ❑ Unidades territorialmente dispersas, porém eletricamente interligadas.





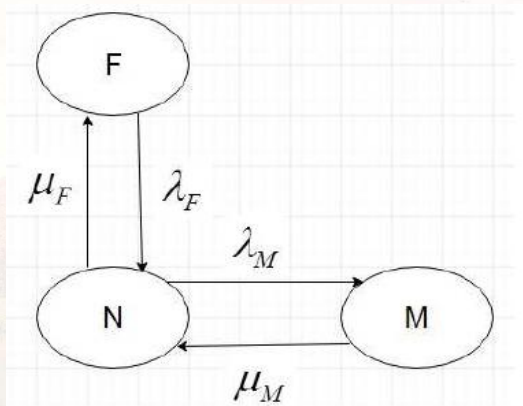
- ❑ Modelo Multicritério (correlaciona os custos de manutenção e o risco de falha).

- ❑ Modelo Determinístico (confeção do calendário viável).

Modelo Markoviano

Estados:

- ❑ N: normal - equipamento disponível para operação;
- ❑ M: manutenção - equipamento em manutenção programada;
- ❑ F: falha - equipamento em manutenção não-programada (compreende o ciclo falha-reparo).



$$P_F = \frac{\lambda_F(1 - F_M m)r}{1 + \lambda_F r}$$

$$\lambda_F = \frac{F_F}{1 - F_M m - F_F r}.$$

Intervalo ótimo entre manutenções

Taxa de conflito de Escolha:

$$TCE = -\frac{\Delta R}{\Delta P}$$

onde:

- $\Delta P = \frac{P(F_M)_{\text{actual}} - P(F_M)_{\text{anterior}}}{P(F_M)_{\text{anterior}}}$

- $$\Delta R = \frac{P_F(F_M)_{\text{atual}} - P_F(F_M)_{\text{anterior}}}{P_F(F_M)_{\text{anterior}}}$$

- $P(F_M) = C(F_M) + PV(F_M) + PV(P_F) - B(F_M)$

- $PV(F_M) = \frac{PB}{720}(K_p \Lambda) \ (\Lambda = \max(F_M m - f, 0))$

- $PV(P_F) = \frac{PB}{720}(K_o P_F)$

$$\blacksquare B(F_M) = \frac{PB}{720}(K_p R_{FP} + K_o R_{FO}).$$

Determinada a frequência de manutenção F_M tem-se que:

$$t_{1j} = \max(\frac{1}{F_{Mj}} - \chi, 0)$$

onde:

χ é o tempo entre a realização da última manutenção e data inicial do horizonte de programação.



Métodos de Solução

Os métodos de solução para o problema de programação de manutenção podem ser classificados:

- ❑ Exatos (tipo branch-and-bound);
- ❑ Heurísticos/Metaheurísticos.

Em virtude da natureza já explicitada do problema foi empregado o Algoritmo Genético (AG) como método de solução.

Objeto do Estudo

Referência	Equipamento
1	Autotransformador 05 (Tijuco Preto)
2	Disjuntor 12854 (Tijuco Preto)
3	Disjuntor 12954 (Tijuco Preto)
4	Disjuntor 8454 (Tijuco Preto)
5	Disjuntor 8754 (Tijuco Preto)
6	Banco de Capacitores 10 (Tijuco Preto)
7	LT Itaberá - Tijuco Preto 2 (extremos)
8	Disjuntor 12724 (Tijuco Preto)
9	Disjuntor 12844 (Tijuco Preto)
10	Disjuntor 12848 (Itaberá)
11	Disjuntor 12728 (Itaberá)
12	Reator da LT Itaberá - Tijuco Preto 2 (Tijuco Preto)
13	Capacitor Série da LT Itaberá - Tijuco Preto 2 (Itaberá)



Testes Computacionais

Período I (de 03/06/2008 a 31/05/2009):

- ❑ dados de entrada reais.

Período II (de 01/06/2009 a 31/05/2010):

- ❑ execução hipotética da solução encontrada no primeiro teste;
- ❑ dados de entrada reais.

Os testes foram executados utilizando dois métodos de solução:

- ❑ Algoritmo Genético (AG)
- ❑ Heurística construtiva desenvolvida (HC).



- ❑ Modelo: validado pelos diversos casos; as melhores soluções (menor função objetivo) foram aquelas que consumiram menos recursos e com melhor confiabilidade e distribuição na janela de programação.
- ❑ Método de Solução: o AG demonstrou ser bastante promissor na resolução do problema.



- ❑ Aplicar a metodologia, ao menos, a uma subestação completa;
- ❑ Incorporar serviços sem desligamento;
- ❑ Incrementar um sistema especialista em manutenção.

JOSÉ EVANGELISTA ARAUJO NETO

 (19) 3031-7233

 (19) 98139-8811

 jeneto@furnas.com.br