

# Determinação do Custo de Interrupção de Energia Elétrica de Clientes Industriais AT/MT

E. Hideki, M. F. Rocha, J. Marcondes (Bandeirante) - S. E. Fronterotta, C. H. Magalhães, L. D'Agostini Neto, J. L. Atmann, G. P. Alvarez (Mackenzie)

## RESUMO

O projeto "Determinação do custo de interrupção de energia elétrica de clientes industriais AT/MT", calculou o custo de interrupção no fornecimento de energia para clientes industriais AT/MT (alta tensão e média tensão), para avaliar o impacto ou prejuízo econômico deste grupo de clientes, quando acontece um evento intempestivo de corte de energia. A pesquisa foi desenvolvida diretamente com clientes que são supridos pela concessionária de energia elétrica Bandeirante.

## PALAVRAS-CHAVE

Continuidade de serviço, Custo de interrupção / prejuízos, Confiabilidade do fornecimento de energia elétrica.

## I. IDENTIFICAÇÃO

Cálculo do Custo de Interrupção de Energia Elétrica

## II. OBJETIVO

Objetivou-se, calcular o custo de interrupção de clientes industriais atendidos pela Bandeirante Energia, cujos níveis de tensão de fornecimento pertencem à alta e média tensão (138, 88, 13,8 e 13,2 kV), utilizando-se métodos estatísticos de amostragem e modelo matemático desenvolvido especificamente para obtenção dos resultados esperados (cálculo do custo do kWh interrompido), levando-se em conta vários custos e prejuízos abarcados pelo cliente para suportar a interrupção de energia elétrica, como por exemplo: prejuízos com perda de matéria prima, produtos em elaboração, custo de retomada de produção, etc.

## III. RESULTADOS ESPERADOS

Os resultados esperados são os custos decorrentes de uma interrupção, auferidos pelo consumidor devido à energia interrompida ou não fornecida aos clientes industriais AT e MT da Bandeirante Energia, estratificados por tensão (AT e MT), por região (Alto Tietê e Vale do Paraíba) e por atividade (química, cerâmica, farmacêutica, etc.), de acordo com o obtido na amostra.

## IV. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA METODOLOGIA

### A. Amostragem

A teoria da amostragem é fundamentada nas relações e características existentes em uma população, e na

significância da amostra coletada. Desta maneira, os parâmetros populacionais se constituem em importantes vetores na configuração da determinação do tamanho da amostra a ser coletada, e das posteriores inferências estatísticas dentro da população estudada.

Uma das maneiras, segundo as quais se pode obter uma amostra representativa é o processo denominado "amostragem aleatória", de acordo com o qual cada elemento de uma população tem a mesma probabilidade de ser incluído na amostra. Outra técnica empregada é a da "estratificação" da população, em grupos de características semelhantes, o que possibilita direcionar a aplicação da amostragem aleatória de forma mais eficaz. Deve ser observado que a teoria amostral para pequenos números, como no caso da AT, difere, na sua formulação, para o caso de populações que contenham um grande número de elementos. Nestes casos a distribuição amostral das médias dos seus elementos é aproximadamente normal com média  $\mu$  e desvio padrão  $\sigma$ , independentemente da população. Assim, a distribuição amostral é assintoticamente normal.

Com o objetivo de um direcionamento inicial ao estudo do Cálculo da Interrupção, e com base no parâmetro de consumo dos clientes envolvidos na pesquisa, calculou-se o tamanho da amostra necessário para a realização da pesquisa.

Considerando o universo de 2553 consumidores industriais, que compõem a população a ser analisada (AT/MT), através de entrevistas e questionários, estabeleceu-se de forma preliminar a amostra para efeito de aplicação da pesquisa, de acordo com uma formulação estatística, tendo como parâmetro de estratificação, somente o consumo da população estudada.

A seguir estão relacionados os valores finais da amostragem para consumidores AT (total) e MT, com o número de elementos substitutos, onde também levou-se em conta para as regiões e municípios o seu DEC e FEC que funcionaram como atributo da estratificação.

TABELA 1

### Valores Finais da Amostragem para Consumidores AT e MT

Região	Alta Tensão (AT)
Alto Tietê	21
Vale do Paraíba	48

Região	Amostra	Reservas	Total
Alto Tietê (MT)	70	19	89
Vale do Paraíba (MT)	70	17	87

## B. Pesquisa Quali

Na fase qualitativa da pesquisa, foram configurados dois Grupos de Foco com clientes, tendo por objetivo identificar os principais impactos que a interrupção de energia elétrica acarreta nas empresas do segmento industrial, o que subsidiou a elaboração do questionário a ser utilizado na fase quantitativa / ou de execução.

As empresas participantes foram convidadas pela Distribuidora e ambos os grupos foram recepcionados nas dependências das sedes regionais da Bandeirante Energia (São José dos Campos e Mogi das Cruzes):

## V. MODELO CONCEITUAL

Para a estimativa dos custos de interrupção foi usado um modelo conceitual que analisa os elementos de custos diretos de forma desagregada.

### A. Custos Considerados

**Custo de geração própria** - é o custo incorrido pela indústria para se suprir com energia através de geradores, baterias, etc havendo a interrupção. Caso a indústria não disponha de equipamentos de geração este custo é nulo. O custo de geração própria observado é admitido como tendo dois componentes:

CFG<sub>atual</sub> - custo fixo mensal de geração própria associado ao custo de capital dos equipamentos.

CV(HG)- custo mensal variável de geração que dependerá das horas de utilização dos equipamentos de geração (HG)

**Custo de proteção** - é o custo incorrido pela indústria para se proteger das falhas do sistema de energia. Caso esta não disponha de equipamentos de proteção este custo é nulo.

Este custo é admitido como tendo um componente fixo mensal (CFP<sub>atual</sub>). A natureza deste custo é semelhante a do custo fixo de geração, isto é, considera-se que, para efeito de planejamento, este custo, embora fixo no curto prazo, varia no longo prazo com o número de interrupções sofridas.

**Custo de reparos** de equipamentos, ferramentas, etc. - são os gastos com reparos de equipamentos danificados pela interrupção súbita da energia ou seu retorno em faixa de tensão fora da nominal. Este custo é admitido como tendo um componente variável, CRP(NI), em função do número de interrupções ocorridas. Quando o reparo é impossível, torna-se, pelas mesmas razões, necessário substituir o equipamento e aí se tem o **custo da substituição**, CSU (NI), com as mesmas características em termos de modelo do custo de reparo.

Os tipos de equipamentos considerados na pesquisa sujeitos a danos por problemas de interrupção e variação de tensão são:

- Equipamentos de escritório
- Máquinas
- Aparelhos eletro-eletrônicos em geral
- Aparelhos de refrigeração
- Motores Elétricos
- Outros (especificados pelo consumidor)

### Custos de matéria prima ou produtos primários estocados deteriorados ou estragados pela interrupção

- é o custo direto associado à perda de produtos primários ou matérias primas, estocados, por exemplo, em meio frio que se deterioram ou perdem valor devido à interrupção de energia. Este custo é admitido como sendo variável em função do tempo da interrupção (TTI) sofrida.

Para este custo são utilizados os dados diretos dos questionários.

Tem-se:

CMP(TTI) - custo de matéria prima ou produtos primários estocados deteriorados ou estragados por uma interrupção com tempo de duração de TTI minutos, para cada tipo de produto primário.

### Custos de produtos acabados estragados ou danificados pela interrupção

- é o custo direto associado à perda de produtos acabados, isto é, produtos saídos do processo de fabricação ou em estoque aguardando venda. Este custo é admitido como sendo variável com o tempo de duração da interrupção sofrida.

Para este custo são utilizados dados diretos do questionário da pesquisa.

Tem-se:

CPA(TTI) - custo de produtos acabados estragados ou danificados por uma interrupção com tempo de duração de TTI minutos.

**Custo da produção perdida** - é a perda de produção (em valor) considerada **irrecuperável** seja por horas extras ou retorno dos produtos em elaboração ao processo de produção. Esta perda se **refere aos produtos que estão sendo processados**.

O custo da produção perdida é estimado para o período de pico e para diversos tempos de interrupção (1 min, 15, 60, 180 ou maior que 60 min) obtendo-se uma curva empírica, CPP(TI)<sub>pico</sub> que também é analisada pelo teste de hipóteses.

CPP(TI)<sub>pico</sub> - custos da produção perdida irrecuperável devido a uma interrupção com TI de duração na hora de pico.

TI - duração da interrupção na hora de pico, que pode ser simulada pelo conceito e sazonalidade por período, de acordo com a ótica do consumidor.

**Custo de retomada ou reinício da produção** - é o custo devido ao tempo (TROP) que a indústria leva para retomar o ritmo normal da produção no caso de ocorrência de uma interrupção, sendo este tempo gasto com reprogramação da produção, preparo de equipamentos, limpeza de resíduos, reposição de ferramentas, aferição de padrões e outros. Este custo está associado à **produção não realizada** e é admitido como proporcional à produção perdida (associada aos produtos que estavam em elaboração).

O custo é obtido, então, substituindo o tempo não produtivo TROP no custo da produção perdida. Pode-se perguntar também diretamente pelo TROP e pelo custo ou se pode calcular indiretamente, quando o entrevistado responde que há prejuízo, mas não sabe qual é o valor. Nesse caso associa-se ao valor da produção perdida para um período de 15 min, pelo menos.

TROP - tempo total em minutos que a indústria leva para poder retomar sua produção normal após uma interrupção de energia.

Aqui também se estudou a curva de ajuste pelo teste de hipótese.

**Custo de horas extras para compensar períodos interrompidos** - é o custo adicional ocorrido pelo estabelecimento para prolongar seu período normal de funcionamento, pagando horas extras a seus empregados devido à ocorrência de interrupções e atrasos na entrega da produção ao cliente.

CHH(TI) - custos de interrupção devido à utilização de horas extras para compensar o expediente perdido devido às interrupções.

Este custo é informado diretamente pelas indústrias para interrupções com tempo de (1 min, 15, 60, 180 ou maior que 60 min)

**Custo de perdas de informação** - é o custo associado a perdas de informações eletrônicas (dados, arquivos, etc.) devido à ocorrência de interrupções.

CINF(TI) - custos de interrupção devido a perda de informações eletrônicas causada por interrupções.

Este custo é obtido para o período de pico sendo estimado para um tempo fixo de 60 minutos ou tempo de cobertura da proteção e varia com o número de interrupções. A hipótese realizada é que este custo é nulo quando o tempo de interrupção for inferior ao tempo de cobertura dos equipamentos de proteção sendo constante e igual ao valor informado para interrupções que ultrapassem o tempo de cobertura informado.

**Custo de outros fatores ou custos extras** - é o custo associado a outros fatores não previstos anteriormente e depende do número de interrupções

Temos:

CEXTR(TI, NI) – custos dos fatores extras não considerados anteriormente.

O objetivo de considerar este componente decorre da possibilidade de haver itens de custos além dos acima expostos, o que realmente aconteceu, como por exemplo custo do meio ambiente, atraso em contratos etc.

Nesta pesquisa observou-se que os Custos Extras em sua maioria são dependentes de (NI) mais do que de (TI).

## B. Ajuste de Curvas dos Custos que Dependem da Duração (Tempo)

Para definição da função de cada custo que dependem da duração (tempo) foram pesquisados os modelos: linear, logarítmico, exponencial e curvas “S” (LOGIT).

A escolha da função mais aderente foi realizada com base nos seguintes testes de hipóteses:

- Distribuição “T” de Student e o teste “F” ANOVA, além da correlação  $R^2$  e seu valor de ajuste.

**TABELA 2**

### Ajustes de Curvas – Bandeirante Total

CPP TOTAL	R Square	Standard Error	F (ANOVA)	T Student
Linear	0,9994	21261,04	8164,92	90,36
Log.	0,5707	563107,88	6,64	2,57
Exp.	0,7788	0,74	3,90	1,45
Curva s	0,4496	1,15	4,19	-2,04

Para nível de significância = 0,05 (à direita para F e bilateral para T) e graus de liberdade entre 3 e 6 (dependendo do número de variáveis respondidas), adotaram-se os níveis: para F = 4,2839 e para T =  $\pm 2,353$  (obtidos de tabelas específicas).

Verifica-se então, por comparação entre os parâmetros apresentados e os valores limites que, para a Bandeirante Total, tendo em vista o CPP, o melhor ajuste é a função exponencial. O mesmo foi feito para os outros custos (CROP, CMP, etc) e para as regiões.

## C. Consideração da Sazonalidade (ótica do consumidor)

Os fatores sazonais, segundo a ótica do consumidor, foram obtidos através da tabulação das perguntas correspondentes dos questionários e efetuados cálculos de normalização.

Pelos resultados obtidos, algumas empresas têm seu pico de prejuízo de madrugada e à noite, pela falta de gente técnica capacitada para fazer frente às inconveniências de uma interrupção.

Naturalmente estes fatores podem diferir dos fatores sazonais do consumo para a classe industrial em estudos econômicos, pois trata-se da ótica do consumidor, isto é, como este percebe as variações do custo de interrupção de acordo com os períodos de tempo de produção.

## VI. RESULTADOS ALCANÇADOS

### A. Perfil Total das Empresas Pesquisadas

Dos 209 clientes entrevistados, após críticas e análises das respostas, foram totalmente aproveitados 168 questionários, que foram objeto de análise.

Na análise do perfil dos consumidores selecionados (amostra) para a totalidade da BANDEIRANTE, obteve-se o seguinte quadro:

**TABELA 3**

### Perfil por Atividade - Total

Tipo de estabelecimento	%	Qtd.
AGROINDÚSTRIA E/OU PECUÁRIA	1,19	2,00
ALIMENTOS E/OU BEBIDAS	8,33	14,00
ALUMÍNIO	0,60	1,00
CERÂMICA	1,79	3,00
CIMENTO	1,19	2,00
COURO E/OU CALÇADOS	0,00	0,00
ELÉTRICA E/OU ELETRÔNICA	4,17	7,00
EXTRAÇÃO DE MINERAIS	1,79	3,00
FARMACÊUTICA	2,98	5,00
FIAPÇÃO E/OU TÊXTIL E/OU CONFECÇÃO	5,95	10,00
FUNDIÇÃO E/OU SIDERURGIA	5,95	10,00
MECÂNICA	<b>13,69</b>	23,00
MOBILIÁRIO	2,38	4,00
PAPEL E CELULOSE	5,95	10,00
PLÁSTICO E/OU BORRACHA	<b>18,45</b>	31,00
QUÍMICA E/OU PETROQUÍMICA	10,12	17,00
VIDROS	2,38	4,00
METALÚRGICA	<b>10,71</b>	18,00
OUTROS (Transporte)	1,19	2,00
OUTROS (Gráfica)	0,60	1,00
OUTROS (Aeronáutica)	0,60	1,00
<b>TOTAL</b>		<b>168</b>

De acordo com o acima descrito, observa-se uma participação mais significativa dos segmentos de “Plástico e/ou Borracha”, “Mecânica”, “Metalúrgica”, “Química e/ou Petroquímica”, caracterizando eletrointensividade.

#### B. Perfil do Número de funcionários - Total

Na amostra total verifica-se uma predominância da média empresa com um número de funcionários na faixa de 51 a 300 funcionários.

#### C. Perfil por Dia e Turno de Trabalho – Total

A maioria das empresas que participaram da pesquisa são empresas que trabalham em múltiplos regimes de trabalho, incluindo-se Sábado e Domingo. A não definição de uma tendência deve-se ao fato de empresas AT e MT estarem sendo analisadas como um conglomerado.

#### D. Perfil da Utilização da Energia – Total

A utilização da energia como “Força Motriz” (64,87%) é a de maior referência no levantamento efetuado nas indústrias, sendo que a utilização em “Fornos” (11,05%) vem a seguir com uma representatividade bem menor.

#### E. Qualidade de Energia Elétrica / DPG – (Disposição a pagar)

Aqui se procurou saber a importância para a empresa de uma melhoria no fornecimento de energia elétrica através da pesquisa da qualidade e pelo método de pergunta direta do DPG (Disposição a Pagar), tentativamente, se havia possibilidade ou não de correlação com a necessidade de qualidade.

Constata-se que 80% dos clientes da Bandeirante Energia consideram de regular a boa a qualidade da energia fornecida e 11% classificam de ruim a péssima a qualidade do fornecimento.

Pelos resultados obtidos, verifica-se também que, apesar de auferirem benefícios com a melhoria na qualidade da energia (90%), a DPG (Disposição a Pagar) é praticamente nula (93%), mesmo tendo em vista os possíveis ganhos de produtividade. A correlação entre estas variáveis é, portanto, inversa.

Ao se investigar as causas desta constatação, verifica-se que praticamente 85% dos clientes alegam problemas econômicos (custo e tarifa), para a não disposição a pagar, ou seja quase o mesmo percentual dos que afirmaram que obteriam mais benefícios, através de uma energia de melhor qualidade.

Por esta análise, a BANDEIRANTE poderia efetuar esta melhoria através de serviços adicionais aos clientes, o que, de uma maneira indireta, aumentaria a DPG (Disposição a Pagar).

#### F. Aviso Prévio

A seguir, procurou-se quantificar junto ao cliente qual o tempo mínimo de aviso de uma interrupção, através do qual os prejuízos seriam minimizados.

Em média os clientes afirmaram necessitar de um aviso antecipado de corte de aproximadamente 7 dias para que seu prejuízo seja minimizado. Ao focar isoladamente pelo tipo de cliente e tensão, constata-se que os pertencentes à AT necessitam no máximo de 4 dias de aviso antecipado, enquanto os da MT solicitam até 10 dias de antecipação. Ao se comparar as regiões, observa-se uma discrepância acentuada de valores. No Alto Tietê a demanda de solicitação de antecipação de corte foi em média de 9 dias, contra 5 do Vale do Paraíba. Estes valores estão relacionados às respostas tabuladas dos clientes MT que diferiram significativamente em ambas regiões. Ao se correlacionar com a qualidade da energia, pode-se verificar que os clientes do Vale do Paraíba responderam de modo mais positivo que os do Alto Tietê, o que pode ser considerado como um vetor de decisão no aviso prévio de interrupção, e políticas comerciais.

#### G. Avaliação da Intensidade do Prejuízo

Neste caso procura-se avaliar o peso de cada tipo de prejuízo, que é levado em conta no modelo. Estes valores foram normalizados para facilitar comparações.

A perda de produção (produto em processo ou em elaboração) é o item que mais pesa (peso máximo = 2,04), o que está coerente, pois, a força eletromotriz e fornos, ocupam a maior parte da intensidade de uso e são responsáveis pelo grosso da produção. O segundo lugar é ocupado pela retomada da produção e atraso em entregas, multas de contrato e dano ao meio ambiente, caracterizado no Projeto como Custos Extras.

Valem as mesmas observações anteriores para as Regiões do Alto Tietê e Vale do Paraíba, sobretudo nos consumidores atendidos em Alta Tensão a perda de produção (produto em processo ou em elaboração) tem importância considerável.

#### H. Consideração das Interrupções (Ótica do Consumidor e da Bandeirante)

As interrupções foram consideradas de acordo com a resposta do consumidor e da Bandeirante. Para melhorar a qualidade dos números, perguntou-se por interrupções bimensais, semestrais e anuais (cliente e Bandeirante) que tiveram, através da estimação com pesos, resultados que serviram de base para o cálculo dos custos mensais.

#### I. IMPORTÂNCIA DOS CUSTOS MENSIS AUFERIDOS Custos Mensais Auferidos – Alto Tietê

Os custos mais altos, conforme se observa no Alto Tietê, são os prejuízos devido à perda de produção (CPP) e Reinício de Produção (CROP), sobretudo para as indústrias de papel, vidros, química, metalúrgica, mecânica, e fundição. Nesta última o CROP chega a ser maior que o CPP. Na indústria de plástico o prejuízo com a matéria prima (CMP) é maior que o valor do CROP.

Os custos mais altos, conforme se observa no Vale do Paraíba, são os prejuízos, devido à perda de produção (CPP), Reinício de Produção (CROP), sobretudo para as indústrias de vidro, alimentos, fundição, elétrica, química, fiação, mecânica e farmácia. Na indústria de alumínio o prejuízo mais elevado é devido ao custo de produção (98,77%). Na indústria elétrica os custos extras (CEXTRA) são maiores que o custo da produção (CPP), pelas multas contratuais incorridas pelo atraso de produção.

## VII. RESULTADOS FINAIS DO CUSTO DA INTERRUPÇÃO

Nas tabelas seguintes estão as variáveis mais importantes para a expansão da amostra, para que se tenha uma idéia da estrutura do modelo descrito.

Em seguida estão os resultados com cálculos do custo do kWh interrompido por consumidor por interrupção. É preciso lembrar que estes resultados foram obtidos de acordo às respostas do consumidor, o modelo apresentado e os dados que foram obtidos da Bandeirante.

TABELA 4

### MERCADO REGIONALIZADO POR REGIÃO E BANDEIRANTE

Mercado Regionalizado			
	AT	MT	Total
Vale do Paraíba	150.966.543	78.126.203	229.092.746
Alto Tietê	116.661.663	140.698.755	257.360.418
Bandeirante	267.628.206	218.824.958	486.453.164
Percentuais			
	AT	MT	Total
Vale do Paraíba	0,3103	0,1606	0,4709
Alto Tietê	0,2398	0,2892	0,5290
Bandeirante	0,5502	0,4498	1,0000
Número de Consumidores			
	MT	AT	Total
Vale do Paraíba	1.012	41	1.053
Alto Tietê	1.476	24	1.500
Bandeirante	2.488	65	2.553
Custos Finais - US\$ kWh Interrompido/Consumidor			
Total	(i)	AT	MT
Vale do Paraíba	5,10	1,05	1,67
Alto Tietê	2,42	1,35	1,60
Bandeirante	4,11	1,23	1,64

### A. Utilização dos Custos de Interrupção

#### CÁLCULO DA ENERGIA NÃO SUPRIDA

O principal objetivo do planejamento da expansão é estabelecer quando, onde e o tipo das novas unidades de geração e das linhas de transmissão que devem ser instaladas no sistema, de modo a manter o suprimento de carga prevista, econômico e confiável. A quantidade planejada de reserva estática deverá considerar a manutenção pro-

gramada das unidades geradoras, falhas aleatórias das mesmas e um possível crescimento de carga diferente do valor esperado. Não se deve esquecer que um elevado nível de confiabilidade de suprimento requer mais investimentos o que implica em tarifas mais elevadas.

O principal objetivo do planejamento é encontrar o balanço adequado entre custos e confiabilidade, levando em consideração as incertezas das condições operativas futuras. Uma possível alternativa é minimizar custos de investimentos e produção, mantendo o nível de confiabilidade acima de um valor limite preestabelecido. Exemplos típicos desta prática para o valor esperado de perda carga, LOLE (Loss of Load Expectation), é calculado em 1 dia em dez anos na América do Norte, ou de 5 horas por mês no Brasil. Outros índices de confiabilidade como, por exemplo, a Energia Esperada Não suprida, EENS (Expected Energy Not Supplied) poderiam também ter sido usados. Entretanto, permanece um certo grau de arbitrariedade na definição destes valores (quem determina ou preestabelece esses valores?). Uma metodologia mais adequada para o planejamento deve levar em consideração os limites de confiança associados aos índices de confiabilidade de modo a se obter uma decisão mais segura e real.

Outra desvantagem das metodologias anteriores é a interdependência entre o processo de minimização de custos e o conjunto de restrições, que envolve índices de confiabilidade, visto que qualquer perda ou interrupção de carga tem um custo associado.

Custos de interrupção têm sido usualmente quantificados através de pesquisas aplicadas em vários países (Canadá, Estados Unidos e recentemente no Brasil). De acordo com estas pesquisas, o custo final de interrupção depende de várias características, em particular, da quantidade de energia não suprida e da frequência de duração das interrupções. Portanto, uma avaliação precisa dos custos de perda de carga e requer o conhecimento da evolução cronológica dos estados do sistema (tanto de geração e transmissão).

### ESTIMAÇÃO DO VALOR DA CONFIABILIDADE

Este é um dos mais importantes usos do custo de interrupção nas análises dos sistemas elétricos, pois em vez de se trabalhar com índices de risco, ou valores prefixados de probabilidade, se trabalha com um índice econômico que determina o custo de perda de carga de um sistema elétrico.

### B. Custo de Interrupção Unitário

O impacto econômico de uma interrupção depende da quantidade de energia cortada (kWh) e dos custos unitários de interrupção (\$/kWh interrompido) associados. Estes custos são obtidos a partir de estudos econômicos que avaliam o impacto causado pelas interrupções por categoria de consumo (residencial, comercial e industrial). O custo unitário (unit cost, UC) depende de várias características tais como a duração, a frequência, o período de ocorrência do corte, como também a abrangência geográfica.

**DETERMINAÇÃO DO CUSTO DE INTERRUPÇÃO**

Uma interrupção  $i$  pode ser descrita por um conjunto  $S_i$  de cortes de potência ou energia (power shortages) relacionadas com os sucessivos estados de falha que compõem esta interrupção. O custo associado  $K_i$  (\$) definido para uma classe particular de consumidor é dado por:

$K_i = \text{Função}(\text{Potência ou energia cortada, duração, custo unitário})$

Observe que: Potência cortada x Duração = quantidade de energia cortada associada à interrupção  $i$ .

**Custo de perda de Carga (LOLC)**

O custo total de interrupção para um dado período de análise  $T$ , LOLCT, é avaliado por:

$$\text{LOLCT} = \text{SOMATÓRIO}(K_i)$$

Onde

$$i = 1, N$$

sendo  $N$  o número total de interrupções no período considerado.

Este valor de LOLC representa o valor da confiabilidade do sistema elétrico em termos de custo e não de probabilidade.

**C. Planejamento Otimizado da Manutenção dos Componentes de um Sistema Elétrico de Potência.**

A determinação da política ótima de manutenção para os equipamentos de geração e transmissão de um sistema elétrico, será então baseada no custo de interrupção (valor da confiabilidade) e nos custos de operação.

A manutenção é definida como a segurança de que um bem físico continue fazendo as tarefas para as quais ele foi desenvolvido. É uma atividade que muitas vezes não é realizada (ou é postergada), pois não é evidente se o benefício técnico e econômico é obtido quando de sua execução.

A manutenção representa um dos pilares mais fortes dentro do contexto de um sistema de produção, sendo grande preocupação e cuidado com a sua execução otimizada nas diversas estruturas consideradas para essa atividade. Essa ação faz com que se consiga minimizar os custos de manutenção (e os custos de operação), maximizando os lucros e garantindo os benefícios econômicos advindos de sua execução.

O grande interesse pelo planejamento, programação e controle da manutenção é devida aos altos investimentos realizados e à variedade dos bens físicos nos sistemas de produção, transmissão e distribuição de energia e o sistema suporte associado. Esses sistemas estão implantados por diversos lugares e devem ser mantidos e analisados sob modelos complexos, necessitando, portanto ser supervisionados com novas técnicas de manutenção e que reflitam as novas perspectivas da operação e da expansão com base na definição e organização de políticas de manutenção, para poder atingir uma relação de custo/benefício considerada satisfatória dentro de qualquer processo produtivo.

Devido às restrições econômicas e ambientais, as empresas do setor elétrico do mundo inteiro têm encontrado muitas dificuldades para expandir e manter seus sistemas. Como conseqüência, os sistemas elétricos terão muitos dos seus equipamentos operados nos limites de suas capacidades num horizonte muito próximo. Como forma de minimizar este problema, programas para uso eficiente da energia elétrica têm se popularizado, incluindo formas mais avançadas de gerenciamento de cargas. De qualquer forma, o planejamento da manutenção desses equipamentos e o impacto dessas políticas na operação do sistema já está despertando muito interesse das empresas concessionárias da energia elétrica.

Indubitavelmente, os métodos baseados na perda de carga (loss of load) foram um passo importante na determinação da configuração de geração e transmissão mais confiável, entre várias possibilidades, quando comparados aos métodos determinísticos. Entretanto, a utilização dos índices usuais tipo energia esperada não suprida ou frequência média de falhas não tem sensibilizado os gerentes dos sistemas de potência atuais, por não traduzirem perdas em termos de **custos para a sociedade**. Tendo em vista este aspecto muito relevante no atual ambiente competitivo, pode-se portanto, implementar facilmente esta nova metodologia para o cálculo do custo de perda de carga LOLC (Loss of Load Cost) que leva em conta os custos unitários de interrupção por tipo de usuário (\$) e se traduz imediatamente na determinação do valor de confiabilidade (\$) de um sistema, em termos econômicos e não como valores de probabilidade. Por outro lado, pode-se também usar os custos de interrupção na avaliação otimizada da manutenção dos equipamentos, sendo seu principal objetivo, diminuir os custos de operação e retardar os investimentos no Sistema Elétrico, além da priorização de manobras e da própria manutenção, tendo em vista o prejuízo do consumidor.

**VIII. BIBLIOGRAFIA**

- [1] R. Billinton, R. Allan, L. Salvaderi, "Applied Reability Assessment in Electric Power Systems" Ed. IEEE Press, New York – USA, 1991.
- [2] H. Willis, W. Scott, "Distributed Power Generation Planing and Evalution", Ed. Marcel Dekker, Inc., New York – USA, 2000.
- [3] E. Lakev, E. Holmes, "Electricity Distribution Network Design", Ed. Short Run Press Ltd., London – England, 1998.
- [4] J. Burke, "Power Distribution Engineering Fundaments and Applications", Ed. Marcel Dekker, Inc., New York – USA, 1994.
- [5] D. Levine, M. Berenson, D. Stephan, "Estatística: Teoria e Aplicações Usando Microsoft Excel em Português", Ed. LTC, Rio de Janeiro – Brasil, 2000.
- [6] M. Triolo, "Introdução à Estatística", Ed. LTC, Rio de Janeiro – Brasil, 1999.